

Typendruktelegrafie over radioverbindingen (Tor)

door H. C. A. van Duuren

Radiodienst P.T.T.

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radio Genootschap op 19 April 1950.

SUMMARY

A system for a two way printer circuit on a radio link, is described. Only un mutilated signals are printed. A mutilated signal, as may be caused by fading or by atmospherics, arriving at a receiver causes the stopping of its printer and is signalled in the inverse sense by the transmitter associated with that receiver, to the receiver at the opposite end of the link.

This receiver then causing its associated transmitter, which had emitted the signal that suffered the mutilation, to stop and to recommence transmission at the said character. After the signal that has been mutilated a number of signals has been emitted. But these intervening signals have not been printed due to the stopping of the printer at the first mutilation and will be received in correct sequence on the restart of the transmitter at the faulty signal. Thus signals are printed without repetitions, blots or blands in their correct order. In order to be able to detect faults, signals are transmitted in a seven unit code having a constant ratio of marking and spacing elements. Conversion into and from the usual five unit code takes place.

§ 1. *Inleiding.*

De toepassing van verreschrijvers op lijnverbindingen is reeds lang algemeen verbreid, terwijl op radioverbindingen deze toepassing eerst in en na de tweede wereldoorlog is begonnen.

Een lijnverbinding heeft ten opzichte van een radioverbinding voordelen wat betreft constantheid van niveau en onafhankelijkheid van invloeden van buiten.

Een radioverbinding, vooral op grote afstanden is economischer dan een kabel, zodat het zin heeft om te trachten door bijzondere maatregelen de betrouwbaarheid op te voeren.

Dit heeft door de toepassing van verreschrijvers bijzondere betekenis gekregen, omdat hierbij in tegenstelling met het morseverkeer, het menselijke onderscheidingsvermogen vervallen is als mogelijkheid om optredende fouten te herkennen.

Er zijn verschillende methoden denkbaar om de betrouwbaarheid van een verbinding op te voeren.

De meest voor de hand liggende methode, namelijk de oorzaak van de onregelmatigheden opsporen en deze wegnemen, gaat voor een radioverbinding helaas niet op, omdat het overdragende medium, de ionosfeer, niet constant is en niet door ons beïnvloed kan worden. Het is wel duidelijk dat een diepgaande studie van de ionosfeer van buitengewone betekenis is om b.v. door gebruik van de gunstigste frequentie, gunstigste opstralingshoek van zend- en ontvangantenne en dergelijke maatregelen, zo goed mogelijke overdracht te verkrijgen. Maar evenzeer is het juist, dat men hiermede niet tot een opheffing van de foutoorzaken kan geraken.

Men kan nu trachten de kwaliteit van de verbinding zover op te voeren, dat het aantal fouten tot beneden het toelaatbare niveau zakt.

Het aantal fouten dat toelaatbaar is, is geen constante grootte, maar hangt nauw samen met de aard van de verbinding.

Wanneer alleen berichten in verstaanbare taal overgebracht worden, kan een groter aantal fouten toegelaten worden, dan wanneer ook codeberichten overgebracht moeten worden.

In het laatste geval is feitelijk iedere fout ontoelaatbaar.

Als praktische grens kan genomen worden een niveau dat een factor 2 à 3 onder het gemiddelde aantal ponsfouten ligt. Zelfs bij zeer zorgvuldige en geroutineerde bediening ligt het aantal ponsfouten in de orde van één fout op tienduizend tekens. Wanneer men nu tracht aan de eisen te voldoen alleen door verbetering van de kwaliteit van de verbindingen b.v. door opvoeren van het vermogen, dan blijkt dat in vele gevallen de grens van het mogelijke wordt overschreden en dat er grotere of kleinere delen van het etmaal of delen van de zonnevlekkenperiode overblijven dat deze methode geen oplossing biedt.

Een eerste eis is dat de storingen als zodanig herkend worden. Wanneer een verreschrijver zonder meer aan een radioverbinding wordt geschakeld, dan zal deze bij een kortstondige verminking doortypen, uiterlijk of er niets gebeurd is; er wordt echter een verkeerde letter afgedrukt.

Bij het overbrengen van berichten in verstaanbare taal is

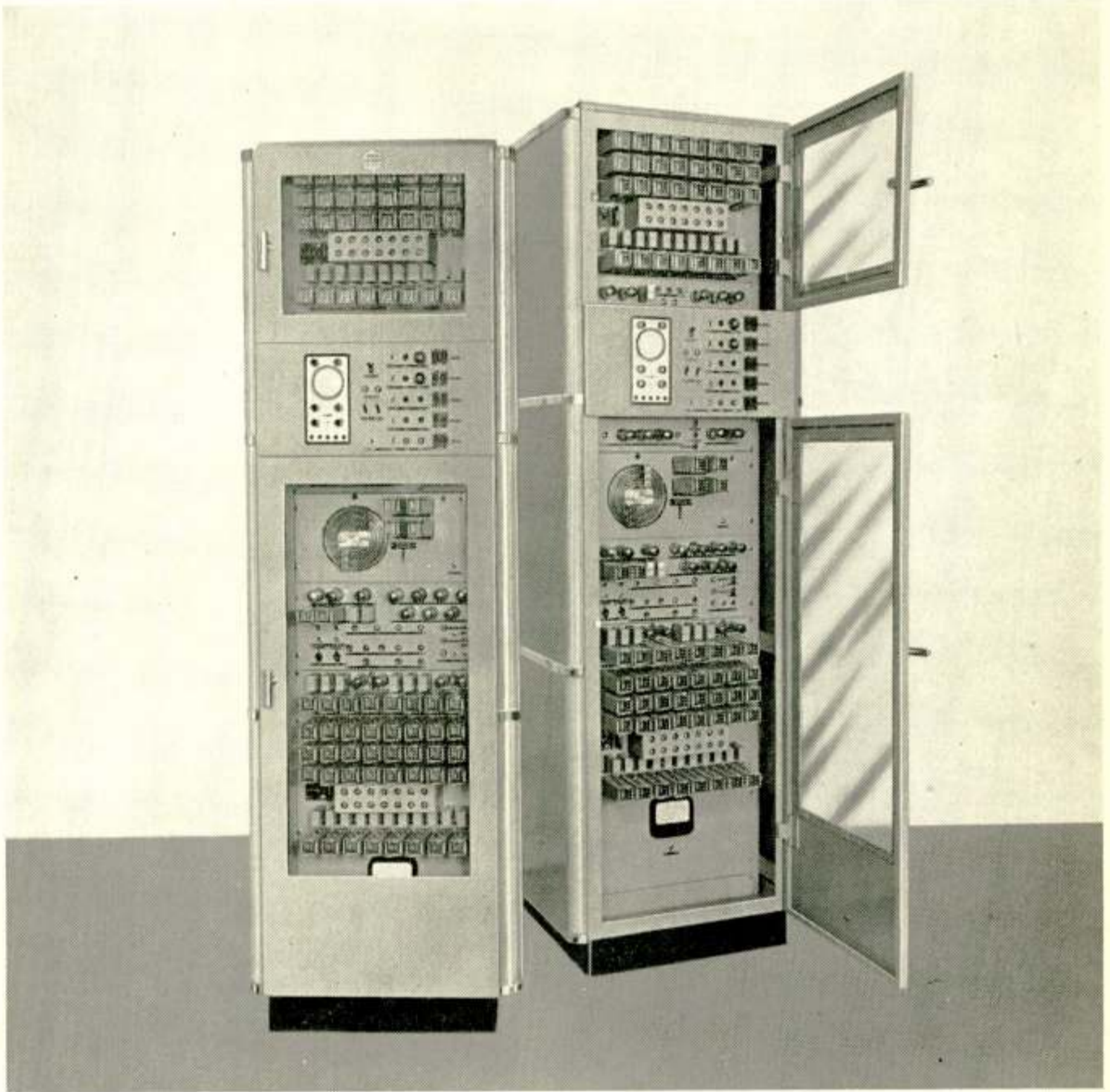


Fig. 1.

herkennen van een fout meestal wel mogelijk, maar bij codeberichten zal dit vrijwel altijd eerst gemerkt worden na decoding van het bericht.

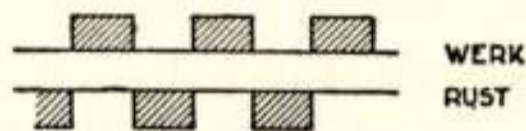
Men moet direct kunnen zien dat foute tekens zijn binnengekomen m.a.w. er moet een storingssignalering zijn.

Er zijn verschillende methoden denkbaar om storingssignalering te verkrijgen :

1e. Werken met dubbelgolf (Frequency Shift, afgekort F.S.)

Hierbij worden de werkelementen en de rustelementen elk door één frequentie weergegeven.

Men kan hierbij aan de ontvangzijde de beide tekenhelften met elkaar vergelijken en zodoende een „misser” of een „extra” direct herkennen.



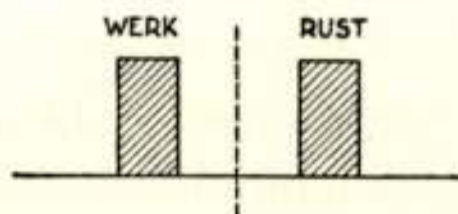
SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN EEN DUBBELGOLF

Fig. 2.

2e. Toepassing van impulsmodulatie (zie fig. 3).

Dit levert een zekere mate van beveiliging op analoge wijze als bij het werken met dubbelgolf. Een „misser” kan een werkelement niet tot een rustelement maken; omgekeerd kan een „extra” een rustelement niet tot een werkelement maken. Het vereist echter de dubbele tekensnelheid door de splitsing van ieder teken in twee delen.

Een grotere bandbreedte op de radioweg is nodig en daardoor is de verbinding blootgesteld aan een hoger stoor-niveau.



SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN IMPULSMODULATIE

Fig. 3.

3e. Gebruikmaking van een zeven-eenheden code waardoor eveneens een betrouwbare storingssignalering bereikt kan worden.

Eigenlijk is het impulsmodulatie systeem (pulse time modulation) een tien-eenheden systeem met steeds vijf werk- en vijf

rustelementen; een dergelijk groot aantal elementen is echter niet nodig.

Bij het zeven-eenheden systeem bevat elk teken eenzelfde aantal werkelementen, dus ook eenzelfde aantal rustelementen. De verhouding tussen het aantal werk- en rustelementen is als drie staat tot vier. Er zijn $\frac{7!}{3! \times 4!} = 35$ verschillende variaties mogelijk.

Men beschikt derhalve over twee en dertig variaties voor het alfabet en de zes andere op de verreschrijver voorkomende signalen, plus drie variaties die men voor speciale functies gebruiken kan.

Elk teken dat niet aan de verhouding drie staat tot vier voldoet, wordt als verminkt gekenmerkt en niet afgedrukt. De mogelijkheid blijft open, dat ongemerkt een verminking optreedt, wanneer door toevallige omstandigheden in een teken evenveel werkeenheden omgezet worden in rustelementen, als omgekeerd rustelementen in werkelementen worden omgezet (transposition). Het noodzakelijke evenwicht blijft dan gehandhaafd, terwijl toch een fout teken wordt overgebracht. Het karakter van de storingen op een radioweg brengt met zich mede, dat deze kans tot een zeer geringe waarde gereduceerd wordt.

§ 2. *Proeven op de verbinding Amsterdam—New York.*

Om een inzicht te verkrijgen in de grootte van deze kans op verminkingen werden proeven genomen op de radioverbinding Amsterdam—New York.

Deze proeven werden gedaan in samenwerking met de „Radio Corporation of America”.

Vergeleken werd een beschermde verbinding met gebruikmaking van zeven-eenheden code en automatische navraag, en een onbeschermde met vijf-eenheden code. De automatische navraag zal nog in hetgeen volgt behandeld worden.

Gebruikt werden twee kanalen van een multiplex verbinding, zodat deze kanalen gelijkwaardig zijn. Beide op dezelfde zender, dezelfde ontvanger en dezelfde antenne.

De resultaten zijn uitgewerkt voor vier dagen:

3 November, 17 November, 1 December en 10 December 1947.

3 November en 1 December kunnen beschouwd worden als normale dagen.

17 November en 10 December waren zeer slechte dagen.

10 December was uitgezocht in verband met de voorspellingen van de vorige dagen, dat aanzienlijke storingen ondervonden zouden worden.

17 November was abnormaal tengevolge van sterke telefoniestoring gedurende het laatste deel van het eerste uur en het gehele tweede uur van de dagverbinding en tengevolge van abnormale slechte condities gedurende het laatste deel van de middag en de avond.

Op 10 December waren de condities zeer slecht zoals voorspeld was.

De resultaten zijn samengevat in de volgende tabel waarin is aangegeven de tijd dat de verbinding bruikbaar was.

Datum 1947	Duur van de proeven in uren	Bruikbaar onbeschermd	Bruikbaar beschermd
3 Nov.	8.05 = 100 ⁰ / ₀	6.35 = 81.4 ⁰ / ₀	8.05 = 100 ⁰ / ₀
17 „	11.57 = 100 ⁰ / ₀	4.56 = 41.3 ⁰ / ₀	11.57 = 100 ⁰ / ₀
1 Dec.	13.00 = 100 ⁰ / ₀	10.00 = 77.0 ⁰ / ₀	13.00 = 100 ⁰ / ₀
10 „	12.45 = 100 ⁰ / ₀	3.30 = 27.5 ⁰ / ₀	11.20 = 88.9 ⁰ / ₀
Samenvatting normale dagen			
3 Nov. en 1 Dec.	21.05 = 100 ⁰ / ₀	16.35 = 78.7 ⁰ / ₀	21.05 = 100 ⁰ / ₀
Samenvatting slechte dagen			
17 Nov. en 10 Dec.	24.42 = 100 ⁰ / ₀	8.26 = 34.1 ⁰ / ₀	23.17 = 94.3 ⁰ / ₀

Als aangenomen wordt dat zes eenheden van 3 November en 1 December gemiddelde tijd, plus een eenheid van 17 November en 10 December gemiddelde tijd, een maat is voor de gemiddelde kwaliteit van de verbinding, dan zijn de storings-percentages voor enkelvoudige uitzendingen als volgt:

vijf-eenheden onbeschermd één fout op 245 tekens

zeven-eenheden beschermd één fout op 27600 tekens.

Dit betekent een verbetering van iets meer dan een op honderd. Als aangenomen wordt dat de waarschijnlijkheid van het optreden van een verminking omgekeerd evenredig is met het vermogen van de zender, dan kan de verbetering worden geschat op 20 db.

Deze resultaten werden bereikt met de toestellen die ten tijde van de proeven beschikbaar waren, het is mogelijk en zelfs waarschijnlijk dat er nog verdere verbetering is te bereiken.

Opgemerkt moet worden dat de winst is verkregen zonder verhoging van het zendervermogen, dus zonder dat de kans van storing op andere verbindingen groter wordt.

Bij verreschrijfverbindingen op lijnen is het start-stop systeem voor de synchronisatie van zender en ontvanger zo zeer verbreid dat het voor de hand ligt dat men ook op radioverbindingen dit systeem zou willen toepassen.

De grote betekenis van arhythmische toestellen (start-stop) is gelegen in de eenvoud en in de mogelijkheid om gemakkelijk direct met het klavier te kunnen zenden zonder de noodzaak bij het typen een bepaald rythme te bewaren. Op een radioverbinding wordt als regel niet direct vanaf het klavier gezonden, maar maakt men gebruik van een automatische zender, bijv. een stapzender. Dit heeft het voordeel dat eventuele fouten bij de bediening hersteld kunnen worden voordat het teken verzonden is. Bovendien kan het rendement van de verbinding beter zijn dan in het geval van bediening vanaf het klavier.

In de spitsuren kunnen dan b.v. twee man de band ponsen voor de verzending op één verbinding.

Voor toepassing op de radioweg heeft het start-stop systeem nadelen.

Ten eerste is de toelaatbare onregelmatige vervorming bij een synchroon systeem ongeveer tweemaal zo groot als bij een start-stop systeem.

Ten tweede kan verminking van een startteken bij automatische verzending de verminking van een hele serie letters tengevolge hebben.

De voordelen van het systeem wegen minder zwaar, omdat in vergelijking met de betrekkelijk kostbare apparatuur van een radioverbinding, de kosten van een meer volkomen synchronisatie-inrichting te verwaarlozen zijn.

Wel is het nodig dat samenwerking van het radiostelsel met het lijnstelsel mogelijk is.

§ 3. *Beschrijving gebruikte systeem.*

Bovenstaande overwegingen hebben er toe geleid voor de radioweg een synchroon stelsel te kiezen en gebruik te maken van een zeven-eenheden code.

Aan beide zijden van de radioverbinding komen code-omzetters die het aankomende zeven-eenheden teken omzetten in een vijf-eenheden teken en het te verzenden vijf-eenheden teken omzetten in een zeven-eenheden teken.

Bovendien wordt aan de ontvangzijde aan het signaal een start- en een stop-element toegevoegd. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid normale verreschrijvers te gebruiken.

Fig. 4 geeft het principe-schema van de ontvanger en fig. 5 het principe-schema van het zendgedeelte.

In het ontvanggedeelte (fig. 4) wordt het binnenkomende zeven-eenheden teken toegevoerd aan een verdeler waardoor het teken in de zeven-eenheden code wordt vastgelegd op zeven

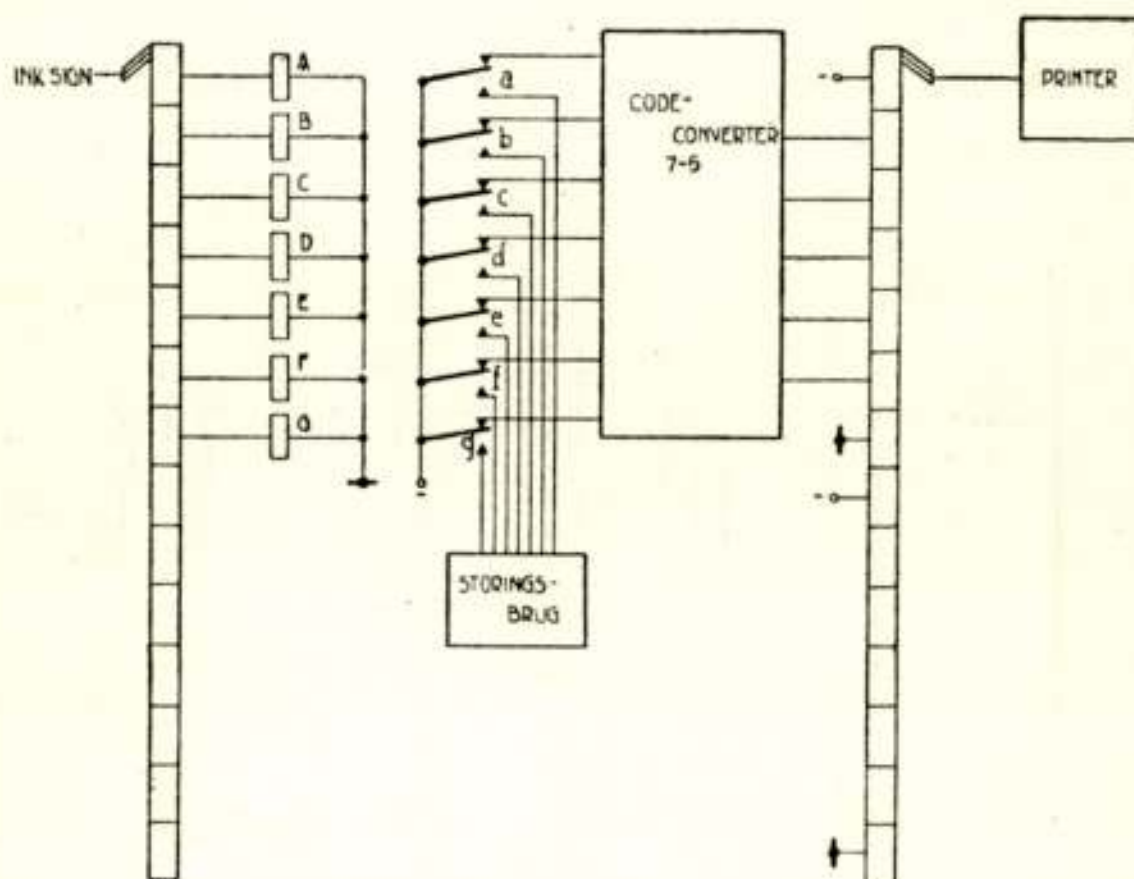


Fig. 4.

relais (*A* t/m *G*). De storingsbrug stelt vast of het teken de vastgestelde verhouding drie staat tot vier van werk- en rust-elementen bevat. De codeomzetter zet de zeven-eenheden code om in een vijf-eenheden code. Dit vijf-eenheden teken wordt opnieuw aan een verdeler toegevoerd, zodat met de toevoeging van een start- en een stop-element een signaal ontstaat waarop iedere normale verreschrijver kan werken.

Voor de uitzending (zie fig. 5) wordt uitgegaan van een geponste strook waarin de tekens zijn vastgelegd volgens de gebruikelijke vijf-eenheden code. De contacten van de stapzender stellen periodiek vijf relais in de codeomzetter (5-7) in.

Aan de uitgangszijde van deze omzetter verschijnt nu het teken in de zeven-eenheden code. Hierdoor wordt via een verdeler en een sleutelinrichting de radiozender gesleuteld.

In de figuur zijn nog een stel condensatoren en een stel contacten getekend, deze dienen voor de automatische navraag.

Het uitgevoerde toestel, waarvan een afbeelding gegeven is in fig. 1 heeft namelijk de eigenschap om bij het optreden van fouten op de radioweg, automatisch de zenzijde te waarschuwen. Aan de zenzijde wordt dan een aantal tekens herhaald en het ontvangende toestel verhindert dan niet alleen de afdruk van een gestoord ontvangen signaal, maar drukt de juiste letter af, wanneer deze bij herhaling goed ontvangen is. Is ook de her-

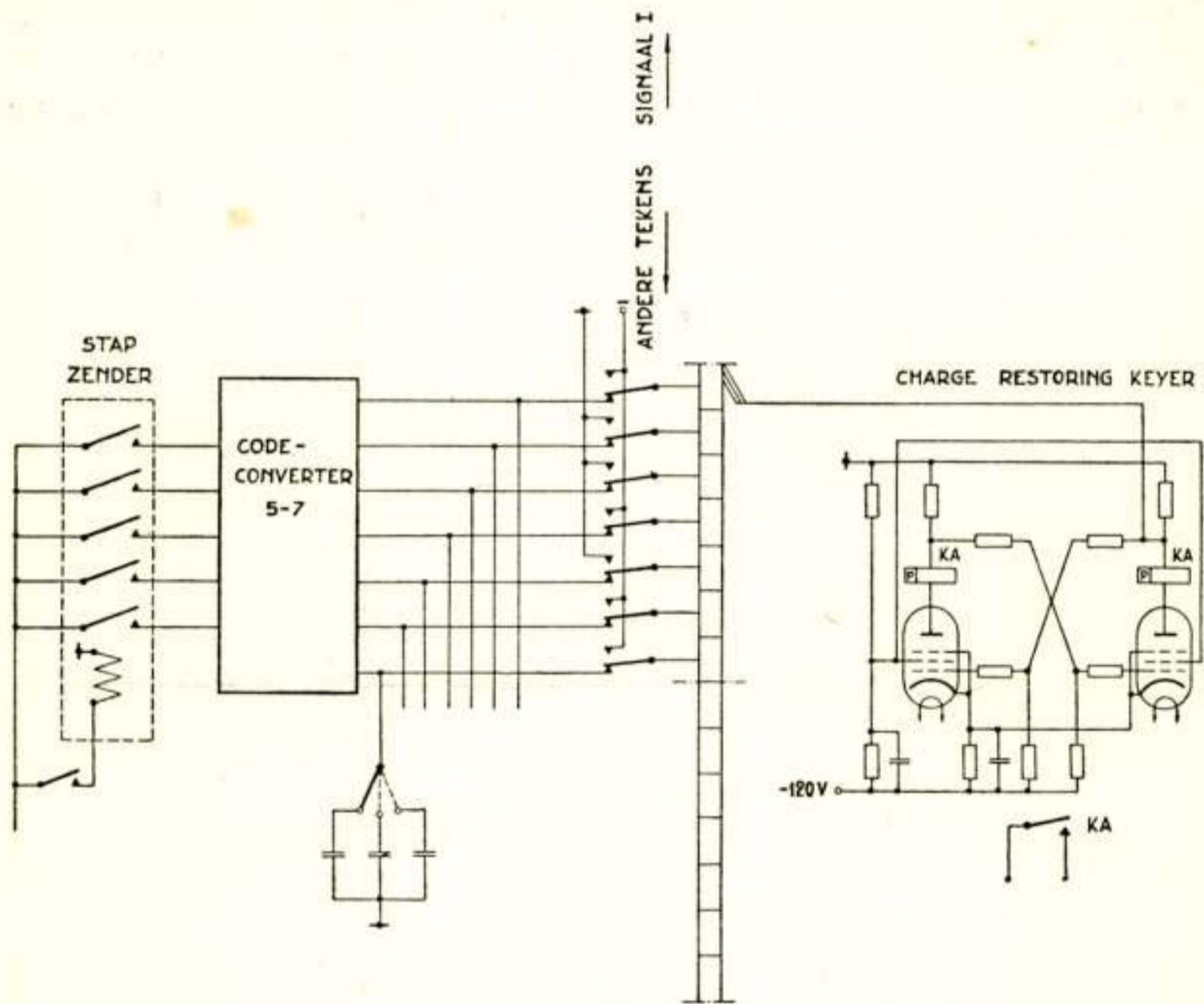


Fig. 5.

haling gestoord dan volgt een nieuwe informatie naar de zenzijde, weer wordt een herhaling uitgezonden en dit herhaalt zich net zo lang totdat de juiste letter is ontvangen.

De werking van dit stelsel kan als volgt worden uiteengezet:

Fig. 6a geeft een tijddiagram van een tweezijdige verbinding tussen de stations *A* en *B*. De tijdlijn loopt van boven naar beneden. In overeenstemming met de inrichting van fig. 1 is ook hier aangenomen, dat met twee van elkaar onafhankelijke kanalen gewerkt wordt. Het station *A* zendt tekens aangegeven als *a*, *b* enz. uit naar station *B* en station *B* zendt tegelijkertijd tekens naar station *A* die aangegeven zijn als *A*, *B* enz.

De tijden, die aangegeven zijn met een dikke verticale lijn, hebben betrekking op het tweede kanaal en worden hier niet verder beschouwd.

In de figuur is aangenomen dat de overdrachtstijd van de zender in station *A* naar de ontvanger in station *B* juist gelijk is aan het toelaatbare maximum. Theoretisch is dit maximum gelijk aan de tijd die nodig is om een teken in elk kanaal uit te zenden,

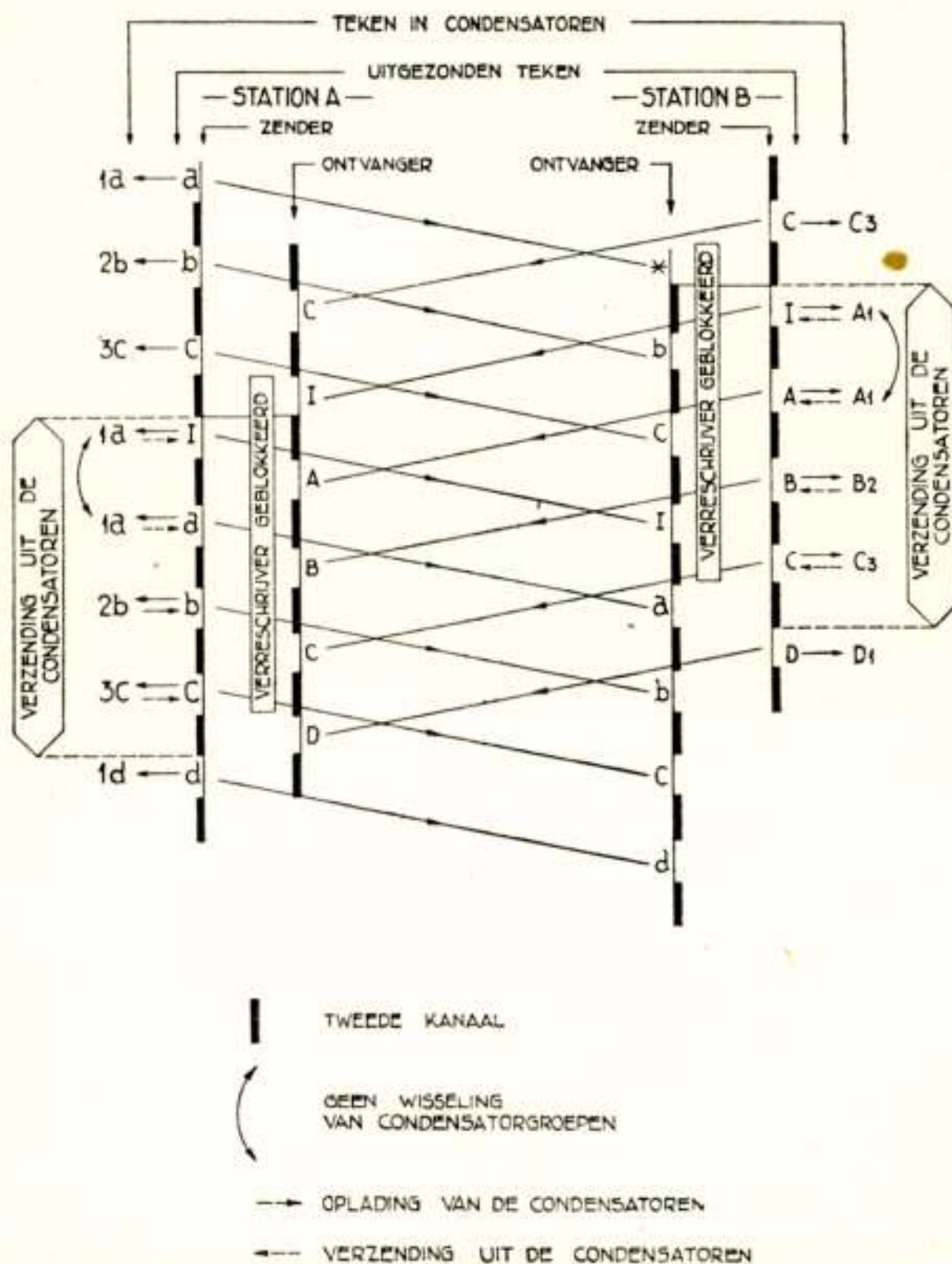


Fig. 6a.

tenminste in het getekende geval, waarbij het toestel in staat is om vanuit drie stellen condensatoren drie tevoren reeds uitgezonden tekens te herhalen. Uitbreiding van het aantal condensator-stellen heeft vergroting van de toelaatbare overdrachtstijd tengevolge.

In de praktische uitvoering moet met enige relais-vertraging gerekend worden, zodat de overdrachtstijd ten hoogste 120 msec. mag bedragen en niet 140 msec., zoals uit het bovenstaande

zou volgen (tekensnelheid van de aangesloten verreschrijver is 50 baud). Deze tijd is echter wel zo lang dat ook op de langste op aarde mogelijke radioverbindingen ermede gewerkt kan worden zonder vergroting van het aantal condensatoren.

Beschouwing van fig. 6a leert dat kortere looptijden op de verbinding geen moeilijkheden geven en dat dus met hetzelfde toestel op verbindingen met een looptijd van nul tot honderd twintig milliseconden gewerkt kan worden.

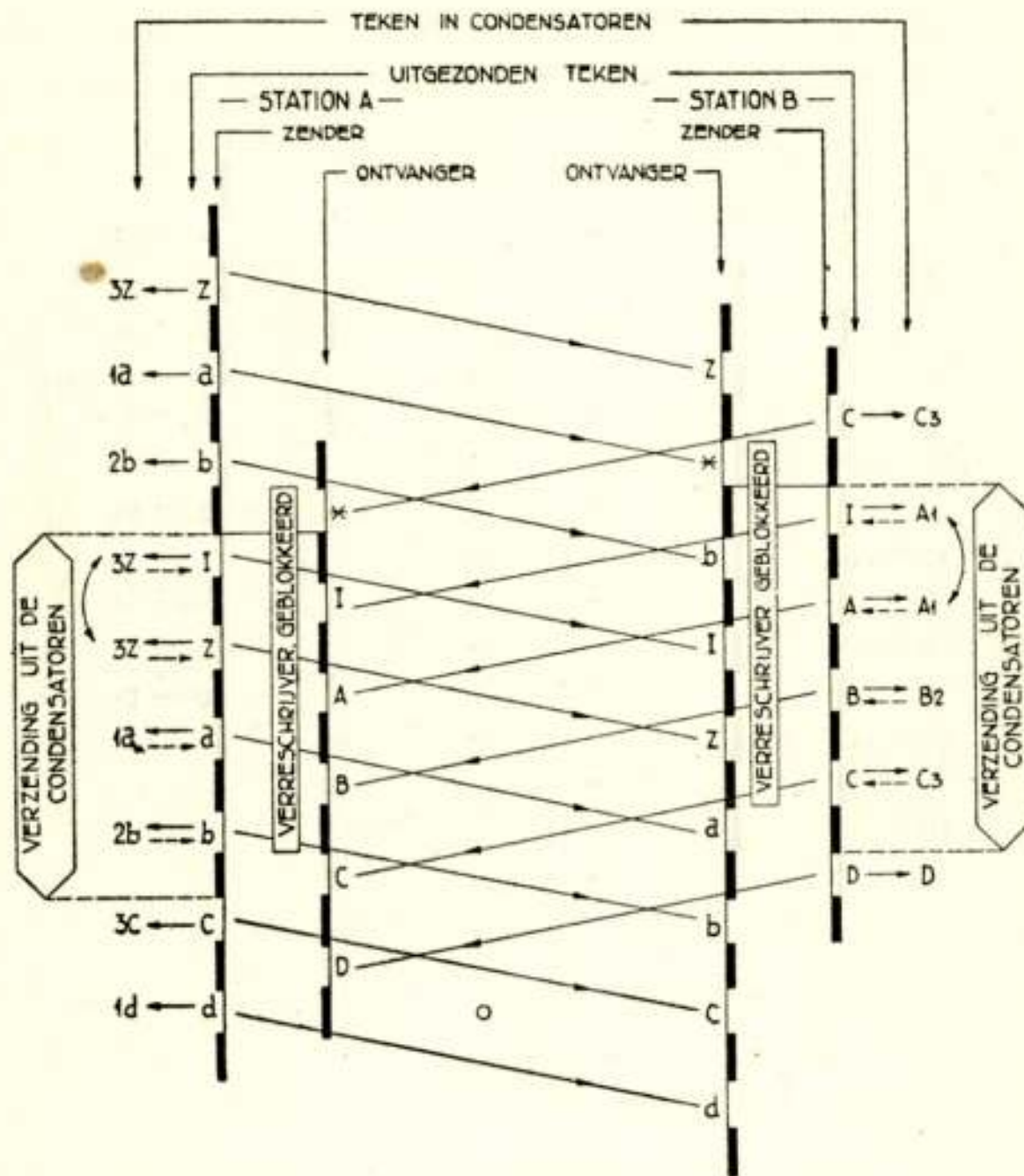


Fig. 6b.

Aangenomen wordt nu, dat de letter *a* uitgezonden door station *A* om een of andere reden niet goed in station *B* is ontvangen. Verder is aangenomen dat in de richting van *B* naar *A* geen storingen optreden. Dit is het eenvoudigste geval. In fig. 6b is getekend hoe de situatie is wanneer ook op de verbinding van *B* naar *A* storingen optreden.

Uit hetgeen in verband met fig. 6a behandeld zal worden volgt direct hoe ook in het geval van fig. 6b tot het gewenste resultaat wordt gekomen.

Het binnenkomen van een gestoord teken in station *B* heeft tot gevolg dat de aangesloten verreschrijver geblokkeerd wordt

voor dit teken *en* de drie er op volgende tekens, onverschillig of deze tekens al of niet gestoord aankomen. In plaats dat in *B* nu de letter *D* uitgezonden wordt, gaat een signaal *I* uit. In station *A* wordt de ontvangst van de letter *C* gevolgd door die van een signaal *I*; dit signaal heeft op een ontvanger precies dezelfde uitwerking als een storing. In station *A* wordt nu ook een signaal *I* uitgezonden. De aangesloten verreschrijver wordt geblokkeerd voor dit signaal *I* en de drie volgende tekens. Nadat signaal *I* uitgezonden is volgen nu drie tekens uit de herhaalcondensatoren. In de condensatorengroep 1 was de letter *a* nog aanwezig, maar door het binnenkomen van signaal *I* is het vervangen van het teken in deze groep door de uit te zenden letter (*d*) verhinderd en in plaats van de *a* uit de condensatorgroep 1 gaat in de eerste omwenteling het signaal *I* uit. De condensatorgroep wisselt nu niet maar de letter *a* gaat in de volgende omwenteling uit, waarna de *b* en de *c* uit condensatorgroep 2 en 3 volgen. Uit de figuur is te zien dat de herhaalde letter *a* in station *B* aankomt juist op tijd om op de verreschrijver afgedrukt te worden.

In station *B* heeft, geheel overeenkomstig met hetgeen in station *A* gebeurd is, ook herhaling van uitgezonden tekens plaats gevonden. In dit eenvoudige geval kan dit als overbodig aangemerkt worden. Het is echter noodzakelijk in verband met de mogelijkheid van het optreden van storingen in beide richtingen. Wanneer namelijk een storing ontvangen wordt, verkeert men in het onzekere wat uitgezonden is. Het zou dus kunnen zijn dat een signaal *I*, dit is een verzoek om herhaling, bedoeld was. Wanneer nu niet herhaald zou worden bij het binnenkomen van een storing, zouden dus te herhalen letters in de condensatoren-groepen vervangen worden door nieuwe en zou naderhand, wanneer vastgesteld zou zijn dat een signaal *I* bedoeld is, het herhalen van de juiste letter niet meer mogelijk zijn.

Fig. 6b illustreert een dergelijk geval waarbij de noodzakelijkheid van herhalen ook bij *ontvangst* van een storing duidelijk blijkt.

§ 4. *Principe van de code omzetting.*

Algemene regel.

Het eerste element in de zeven-eenheden code wordt het tegengestelde van het eerste element in het vijf-eenheden signaal.

In de vijf-eenheden code zijn de vier overgebleven elementen verdeeld in twee groepen. Iedere groep bestaat uit twee elementen.

Groep I bestaat uit het tweede en derde element en groep II bevat het vierde en vijfde element.

In de zeven-eenheden code zijn de zes overblijvende elementen op overeenkomstige wijze verdeeld in groepen van drie elementen ieder. Groep I bestaat uit de elementen twee, drie en vier en Groep II bevat de elementen vijf, zes en zeven.

In een groep van twee elementen zijn vier mogelijke variaties

oo o● ●o en ●●

- betekent een werkelement en
- o betekent een rustelement.

Een groep van drie elementen heeft acht verschillende variaties

ooo ●●● o●o ●o● ●oo o●● oo● ●●o

Aan iedere variatie van een groep van twee elementen kunnen dus twee variaties van een groep van drie elementen toegevoegd worden.

Een groep van twee elementen is nu naar keuze omgezet in een groep van drie elementen *a* of *b*. Deze twee groepen zijn tegengesteld.

oo	wordt	<i>a</i>	ooo	of	<i>b</i>	●●●
o●	wordt	<i>a</i>	o●o	of	<i>b</i>	●o●
●o	wordt	<i>a</i>	●oo	of	<i>b</i>	o●●
●●	wordt	<i>a</i>	oo●	of	<i>b</i>	●●o

Een variatie van twee elementen kan nul, een, twee of drie werkelementen bevatten.

Dit maakt het mogelijk om een zeven-eenheden signaal met in totaal drie werkelementen samen te stellen, vooropgesteld dat men vrij is in de keuze van een *a*- of een *b*-groep.

Aan de ontvangzijde is een conversie-schakeling gebruikt die zodanig is ingericht dat, zowel een *a*- als een *b*-groep eenzelfde groep van twee elementen oplevert bij de omzetting van de zeven-eenheden code in de vijf-eenheden code. Zie fig. 7.

Regel A.

Het eerste element in het vijf-eenheden signaal is een werk-

element. Overeenkomstig de algemene regel is het eerste element in het zeven-eenheden signaal dan een rustelement.

Groep I en groep II tezamen moeten dan drie werkelementen bevatten.

A 1. Groep I krijgt één en groep II twee werkelementen.
Voorbeeld: letter *X*

○ ○● ●● wordt ○ ○●○ ●●○

A 2. Als één van de twee-elementen groepen ○○ bevat, dan zal de corresponderende drie-elementen groep ○●○ worden of ●○●.

Om aan te geven dat de twee-elementen groep ○○ was

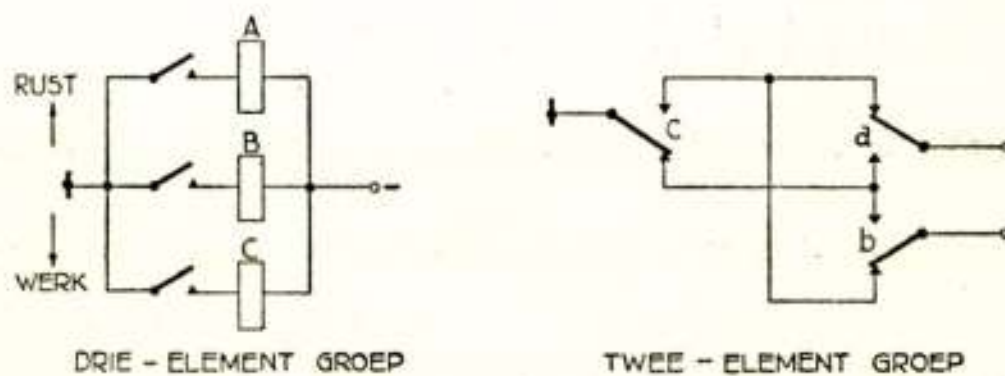


Fig. 7.

en niet ○●, krijgt groep I in de zeven-eenheden code twee werkelementen en groep II één werkelement.

Voorbeeld:

letter *S*
● ○● ○○ wordt ○ ●○● ○●○
letter *D*
● ○○ ●○ wordt ○ ●○● ●○○

Regel B.

Het eerste element van het vijf-eenheden signaal is een rustelement.

Overeenkomstig de algemene regel wordt het eerste element van het zeven-eenheden teken een werkelement.

Groep I en groep II tezamen krijgen dus twee werkelementen.

B 1. Groep I en groep II bevatten ieder één werkelement.

Voorbeeld:

letter *L*
○ ●○ ○● wordt ● ●○○ ○●○

B 2. Als een van de twee-elementen groepen 00 bevat, dan wordt de corresponderende groep van drie elementen 000 en krijgt de andere groep van drie elementen twee werkelementen.

Voorbeeld :

			letter <i>T</i>			
0	00	0●	wordt	●	000	●0●
			letter <i>I</i>			
0	●●	00	wordt	●	●●0	000

De regels voorzien in alle gevallen behalve voor de letters *S*, *Z* en *E* en het signaal voor ongeponste strook (vijf-eenheden teken 00000).

Volgens regel *A 2* zou de letter *Z*

● 00 0● worden 0 ●0● 0●0

Dit is echter hetzelfde teken als voor de letter *S*. Dit teken is toegewezen aan de letter *S* en *Z* krijgt een van de overblijvende tekens die nog geen toegevoegd teken in de vijf-eenheden code hebben, namelijk

$0●●000●$

Aangezien men vrij is in de keuze van groep *a* of *b* kan de letter *E* omgezet worden als :

$●0000 \rightarrow 0000●●●$

en als

$●0000 \rightarrow 0●●●000$

Gekozen is voor de letter *E*:

$0●●●000$

en ongeponste strook wordt :

$0000●●●$

De laatste omzetting is regelmatig, behalve dat de algemene regel wordt overtreden. Dit is de enige uitzondering op de algemene regel.

Aangezien er in de zeven-eenheden code vijfendertig variaties mogelijk zijn en in de vijf-eenheden code maar tweendertig, zijn er drie variaties over.

Een ervan is gebruikt om signaal *I* weer te geven.

Signaal *I* wordt 0 ●●0●00

De twee overblijvende variaties, α en β genoemd, worden gebruikt om uit te zenden gedurende perioden dat geen verkeer voorhanden is en vinden hun tegenhanger in een ononderbroken opeenvolging van elementen van stop-polariteit en een ononderbroken opeenvolging van elementen van start-polariteit in het geval van signalen uitgezonden door een toestel werkende volgens het start-stop beginsel.

Signaal α = ○○●●○○●

Signaal β = ○○●●●○○

Over de invloed van de inschakelhoek bij het opwekken van subharmonische trillingen in een niet-lineair circuit

door G. J. Elias, S. Duinker *) en Tan Soen Hong

SUMMARY

An experimental investigation of the vibration phenomena in a non-linear circuit, consisting of an iron cored inductor and a capacitor connected to a sinusoidal e.m.f. is presented. The effect on the vibrations of the amplitude ε of the e.m.f. and its phase-angle φ at the moment of closing the switch, while the initial capacitor voltage and flux linkages are kept zero, is discussed. In (ε, φ) — diagrams, which are shown for various values of the capacitance, jump-boundaries are found to be symmetrical with respect to the coordinate axis. The regions for subharmonic response are enclosed by jump-boundaries. Attention is given to the effect of additional resistance on subharmonic response. The phase-angle control switch is described.

Inleiding.

Bij het plotseling inschakelen van een periodieke emk op een niet-lineaire kring, bestaande uit een serieschakeling van een condensator, een smoorspoel met niet-lineaire karakteristiek en eventueel weerstand, kunnen zich behalve grondharmonische toestanden, kipverschijnselen en subharmonische trillingstoestanden voordoen, hetgeen in vorige publicaties in dit Tijdschrift reeds uitvoerig is beschreven [1, 2, 3, 4].¹⁾

Bij een grondharmonische toestand is de laagste frequentie van de vervormde trilling gelijk aan de generator-frequentie. Onder kipverschijnselen verstaan wij zoals gewoonlijk, het optreden van een onevenredig grote amplitudo van de gedwongen trilling, gepaard gaande met grote vervorming; terwijl met subharmonische toestanden worden bedoeld: trillingen, waarvan

*) Thans N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.

¹⁾ Getallen tussen [] verwijzen naar de literatuuropgave aan het eind van het artikel.

de grondfrequenties rationale breukdelen van de generator-frequentie zijn. De emk zullen we onderstellen enkelvoudig harmonisch te zijn.

Uit experimenten is gebleken, dat op de hiervoor genoemde wijze subharmonischen van uiteenlopende rangnummers kunnen worden verkregen, doch dat hierbij van enige reproduceerbaarheid geen sprake is, zolang men niet alle voorwaarden, die voor de responsie van dergelijke trillingen maatgevend zijn, in de hand heeft [3].

Indien wordt afgezien van hysteresis, geldt voor het beschouwde systeem de differentiaal-vergelijking:

$$\frac{d^2 \psi}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = \varepsilon \omega \cos(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

waarbij het verband tussen de flux ψ en de stroom i gegeven zij door:

$$i = a_1 \psi + a_3 \psi^3.$$

Onder invoering van dimensielloze variabelen:

$$y = \frac{\psi}{\psi_0}; \quad z = \frac{i}{i_0}; \quad x = \frac{\omega t}{p},$$

en van de eveneens dimensielloze parameters:

$$p = \frac{\omega}{\omega_0}; \quad \omega_0 = \left(\frac{i_0}{\psi_0 C} \right)^{\frac{1}{2}}; \quad \varrho = \frac{R \varrho i_0}{\omega \psi_0}; \quad v = \frac{a_3 \psi_0^3}{i_0} \quad \text{en} \quad a = \frac{\varepsilon p^2}{\omega \psi_0},$$

waarbij $a_1^{-1} = \frac{\psi_0}{i_0}$ de differentiële zelfinductie in de oorsprong van de karakteristiek voorstelt, gaat (1) over in:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \varrho (1 + 3y^2) \frac{dy}{dx} + y + v y^3 = a \cdot \cos(px + \varphi).$$

Stelt men hierin verder nog $y = u \cdot v^{-\frac{1}{2}}$, en $\sigma = a \cdot v^{\frac{1}{2}}$, dan, wordt uiteindelijk verkregen:

$$u'' = \varrho (1 + 3u^2) u' + u + u^3 = \sigma \cdot \cos(px + \varphi). \quad (2)$$

De initiale voorwaarden zijn $u = a$ en $u' = \beta$ voor $x = 0$, waarbij a maatgevend is voor de remanentie van de spoel en β in verband staat met de beginspanning over de condensator

Vroeger is de existentie van periodieke oplossingen van vergelijking (2) met $\varrho = 0$ aangetoond, voor het geval dat $\beta = 0$. [3; p. 171 et seq.]. Thans willen wij het dissipatieve systeem nader beschouwen.

De algemene oplossing van (2) zal, met zijn eerste afgeleide, voor iedere waarde van x geheel bepaald zijn door de parameters a , β , ϱ , σ en φ , zodat geschreven kan worden $u = U(a, \beta, \varrho, \sigma, \varphi, x)$. Deze oplossing zal in het algemeen niet periodiek zijn. Echter kunnen we onderstellen, dat na voldoende lange tijd de oplossing periodiek wordt. In dit periodieke stadium kiezen we een zeker tijdstip, waaraan beantwoordt $x = x_1$. Zij dan $u = a_1$ en $u' = \beta_1$. Als $x = x_1$ het nieuwe nulpunt voor de tijd is, kunnen we a_1 en β_1 als nieuwe beginvoorwaarden invoeren. De oplossing is dan te schrijven $U(a_1, \beta_1, \varrho, \sigma, \varphi, x_1)$, terwijl zal gelden:

$$U(a_1, \beta_1, \varrho, \sigma, \varphi, 0) = a_1, \quad U'(a_1, \beta_1, \varrho, \sigma, \varphi, 0) = \beta_1,$$

$$U(a_1, \beta_1, \varrho, \sigma, \varphi, X) = a_1, \quad \text{en} \quad U'(a_1, \beta_1, \varrho, \sigma, \varphi, X) = \beta_1,$$

waarin X de periode is.

Beschouwen we ϱ en X als constanten, dan kunnen we voor deze vergelijkingen schrijven:

$$f_1(a_1, \beta_1, \sigma, \varphi) = 0 \quad \text{en} \quad f_2(a_1, \beta_1, \sigma, \varphi) = 0, \quad (3)$$

d.w.z. bij zekere willekeurige waarden van σ en φ zullen in een asymptotisch periodieke toestand behoren de beginvoorwaarden a_1 en β_1 op de tijd corresponderende met x_1 . De mogelijkheid van zulk een toestand bestaat dus bij alle waarden van σ en φ , voorzover de oplossingen van (3) bruikbaar zijn. Of zulk een toestand inderdaad zal optreden, is op grond van het bovenstaande niet uit te maken. Daartoe zou men de volledige oplossing van de differentiaal-vergelijking moeten kennen. Intussen blijkt uit de hieronder beschreven experimenten, dat asymptotisch periodieke oplossingen inderdaad verkregen worden bij verschillende, continu variabele waarden van σ en φ , of wel van ε en φ , indien men bedenkt, dat $\sigma = \frac{\varepsilon \cdot p^2 \nu^{\frac{1}{2}}}{\omega \psi_0}$.

In het (ε, φ) -vlak komen de grenzen van de gebieden waar het kipverschijnsel zich manifesteert als gedefiniëerde lijnen voor. Dit is eveneens het geval voor de responsie van subharmonische trillingen.

In onze experimenten werd vóór iedere waarneming $a = \beta = 0$

gemaakt, terwijl verder gebruik werd gemaakt van een apparatuur, waarmee φ op elke gewenste waarde tussen 0 en 2π kon worden ingesteld.

Door Angello [5] zijn dergelijke experimenten eveneens reeds uitgevoerd, doch zijn resultaten moeten om verschillende nader te noemen redenen minder betrouwbaar genoemd worden en zijn verder te globaal om het door ons gezochte verband te kunnen opleveren.

In enigszins andere vorm zijn ook door Spitzer onderzoeken verricht op dit gebied [6]. Daarbij werd echter tevens de initiale condensator-spanning als variabele geïntroduceerd (in onze notatie dus het geval $\beta \neq 0$).

In dit artikel zullen de resultaten van een aantal metingen worden gegeven, terwijl tevens aan de hand van een schema de daarbij gebruikte „fase-schakelaar” zal worden besproken.

§ 1.

De metingen zijn verricht aan een opstelling, waarvan het principe-schema in fig. 1 is weergegeven.

De onderzochte kring bestaat uit de condensator C en de niet-lineaire smoorspoel L , waarvan het kernmateriaal uit Permalloy bestaat. Verder kan eventueel nog een gedeelte van de weerstand R in serie worden geschakeld. De opgedrukte spanning ε , afleesbaar op de meter V , wordt via een variac T , ontleend aan de bron B , waarvoor werd gebruikt het 50 Hz lichtnet. Met behulp van de fase-schakelaar FS kan de spanning onder iedere gewenste en vooraf in te stellen inschakelhoek φ tussen 0° en 360° op het circuit worden aangesloten. De op een as gekoppelde omschakelaars I, II en III dienen daarbij in de getekende standen 1 te staan.

Aan de klemmen P en Q kan door toepassing van een eenvoudig integreercircuit een spanning worden ontleend, welke evenredig is met de flux van L en waarvan de gedaante kan worden bestudeerd met behulp van een kathodestraal-oscillograaf.

Zodoende kunnen voor verschillende waarden van ε en φ de trillingstoestanden worden onderzocht. De resultaten van deze metingen zijn verzameld in een aantal diagrammen, die in §§ 2 en 3 worden besproken.

Na iedere waarneming moet het contact van FR worden verbroken en de schakelaars I, II en III in de standen 2 worden omgelegd. Hierdoor wordt C ontladen, terwijl men

tegelijkertijd gelegenheid krijgt L te demagnetiseren met een wisselspanning met afnemende amplitudo met behulp van de variac T_2 , die zijn spanning betreft van de bron B_2 . Op deze wijze wordt bereikt, dat de initiale voorwaarden voor iedere meting dezelfde zijn, hetgeen gebleken is strikt noodzakelijk te zijn voor het verkrijgen van reproduceerbare waarnemingen.

Op het principe van de door ons gebruikte fase-schakelaar FS zal in § 4 nader worden ingegaan. We vermelden hier slechts, dat de bediening van dit apparaat met de hand geschiedt, hetgeen de metingen uiterst bewerkelijk en tijdrovend maakt.

Angello (5), die van een dergelijke apparatuur gebruik maakte, had zijn meetinrichting volkomen geautomatiseerd, door koppeling op de as van een synchrone motor met behulp van

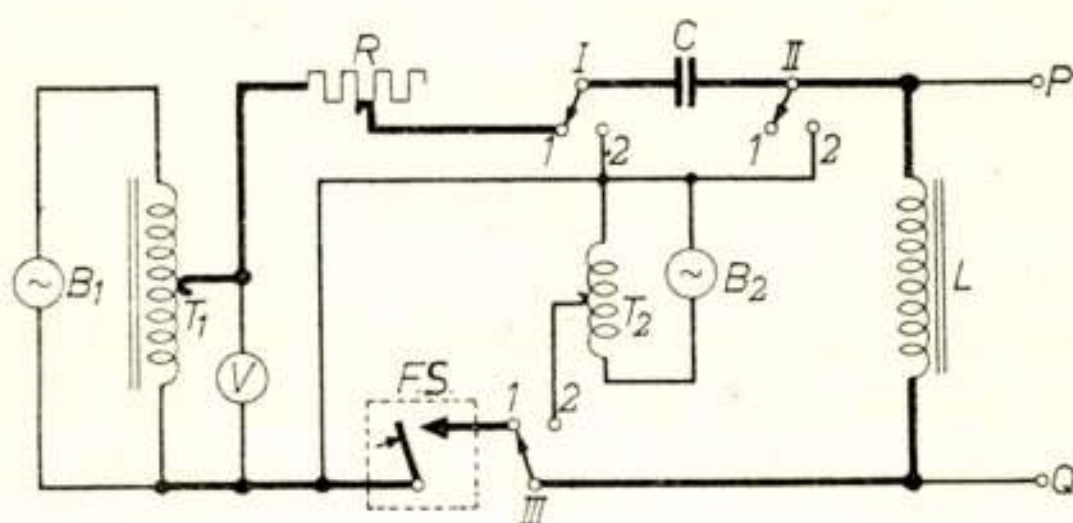


Fig. 1.

Principe-schema der meetopstelling.

verschillende sleepringen met verdelingssegmenten. Hierdoor werd de spanning, nadat de gewenste inschakelhoek eenmaal was ingesteld, voor de duur van vier perioden op het circuit aangesloten waarna in de volgende twee perioden de spanning werd verbroken en de condensator ontladen. Deze procedure werd vervolgens een willekeurig aantal malen herhaald. Oscillografisch werd tegelijkertijd nagegaan of zich al dan niet een subharmonische of gekipte trilling reproduceerde.

Onze bezwaren tegen deze inrichting van de meting richten zich in de eerste plaats op het ontbreken van voorzieningen voor de demagnetisatie van de spoel na iedere waarneming van vier perioden. Deze zou moeten plaats vinden gedurende de twee rustperioden, tegelijkertijd met de ontlading van de condensator. Door het achterwege laten van de demagnetisatie wordt niet

langer voldaan aan de eis van constante initiale voorwaarden, aangezien bij het verbreken van het contact aan het eind van iedere vierde periode, in het algemeen telkens een andere waarde voor de remanentie zal worden gevonden. Op grond hiervan menen wij aan de betrouwbaarheid van de door Angello gevonden resultaten te moeten twijfelen.

Verder heeft de automatisering nog het bezwaar, dat de waarneming van iedere subharmonische trillingstoestand met een inslingertijd van vier of meer perioden van de spanning is uitgesloten. Hetgeen wil zeggen, dat subharmonischen met rangnummer groter dan vier niet kunnen worden geconstateerd, terwijl verder voor b.v. derde subharmonischen de inslingertijd maar uiterst kort mag zijn, aangezien anders ook deze verloren dreigen te gaan. Sterk ongedempte circuits, welke het meeste aansluiten bij de vroeger gegeven mathematische behandeling, kunnen dus niet met de apparatuur van Angello worden onderzocht.

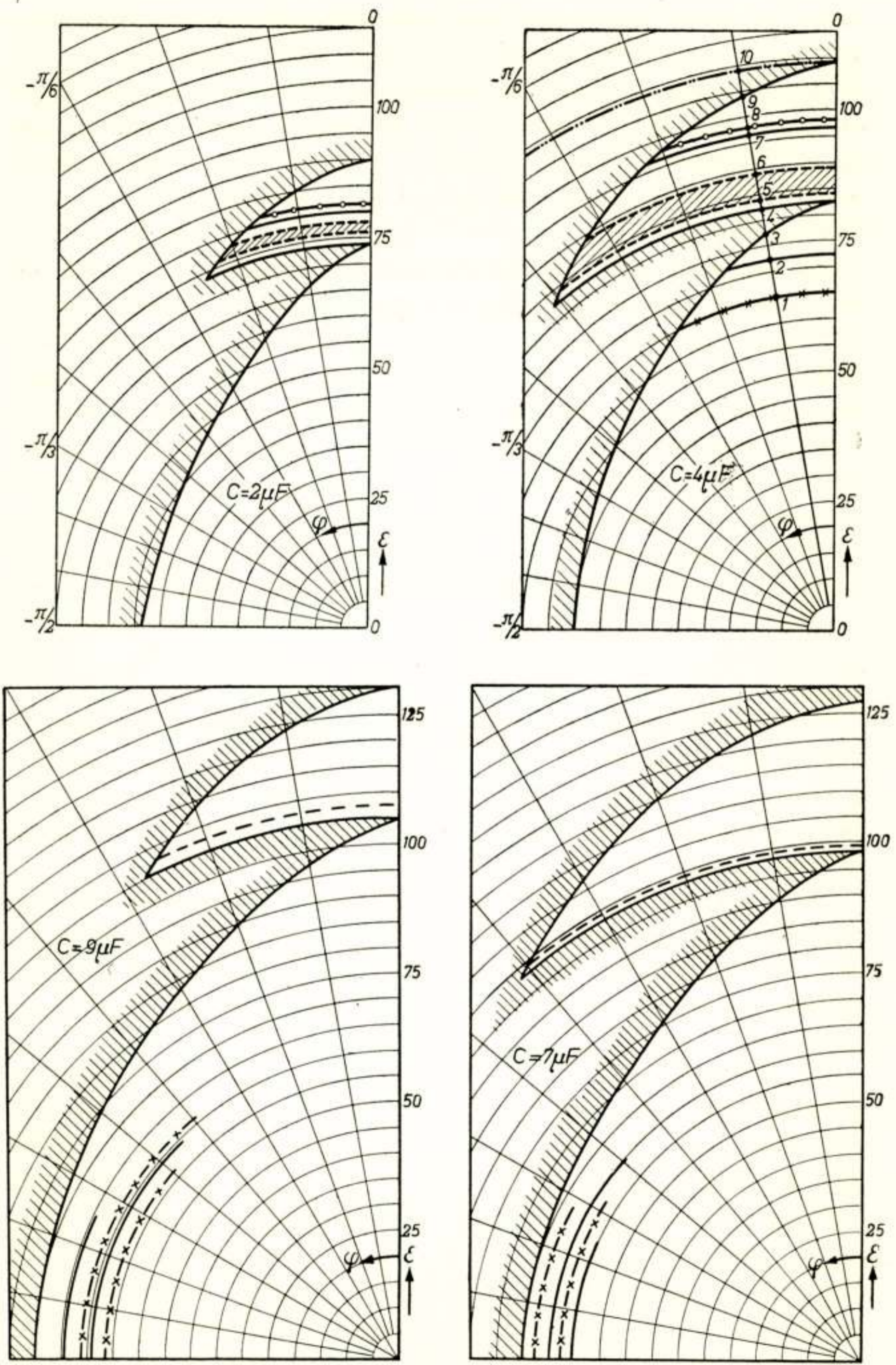
§ 2.

De helling van het onverzadigde gedeelte van de karakteristiek van de smoorspoel, dat tennaastenbij lineair kan worden ondersteld, correspondeerde met een zelfinductie van ca 325 henry. De gelijkstroomweerstand van de wikkeling bedroeg 28.5 Ohm, terwijl $R = 0$ werd genomen.

Op de in § 1 beschreven wijze kunnen nu bij verschillende waarden van de capaciteit die inschakelhoeken φ en amplitudines ε van de emk worden bepaald, die aanleiding geven tot het optreden van subharmonische of gekipte trillingstoestanden.

Bij het verwerken van deze gegevens in diagrammen, waarin ε radiaal en φ azimuthaal zijn uitgezet, werd een zuivere radiale symmetrie en een spiegelbeeld-symmetrie gevonden ten opzichte van de coördinaat-assen. In verband hiermee is in de figuren 2 t/m 5 en 8 t/m 11 volstaan met het afbeelden van slechts één quadrant, n.l. van 0 tot $-\frac{\pi}{2}$.

Ter verduidelijking van deze figuren zullen we allereerst uitgaan van fig. 3, waarbij de capaciteitswaarde $4 \mu F$. bedroeg. We zullen nagaan welke trillingstoestanden optreden, indien de inschakelhoek onveranderd op $\varphi = -10^\circ$ wordt ingesteld,



Figuren 2 t/m 5.

(ε, φ)-diagrammen van de responsiegebieden bij verschillende waarden van de capaciteit, zonder extra weerstand.

doch de amplitudo ε van de emk geleidelijk vanaf nul wordt vergroot.

Bij een ε beantwoordende aan een spanning van 0 tot 65 Volt zal men bij het inschakelen slechts een (t.g.v. de eigen weerstand van L) snel wegdempende vrije trilling kunnen waarnemen, zodat men in dit gebied te maken heeft met een stabiele grondharmonische toestand. In punt 1 van de figuur echter (65 Volt), manifesteert zich een subharmonische trilling en wel met een fundamentele frequentie van 10 Hz, d.i. de vijfde subharmonische van de generatorfrequentie. Het spanningsgebied waarover deze vijfde subharmonische zich voordoet is uiterst smal en kon dan ook niet nauwkeurig worden bepaald, doch het bedraagt ongetwijfeld minder dan 1 Volt.

Tussen de punten 1 en 2 vindt men wederom een stabiele grondharmonische evenals tussen 2 en 3. Het punt 2 is echter weer een uitzonderingspunt en correspondeert thans met een gekipte toestand, waarbij dus een zeer grote vervorming optreedt. Ook hier is het gebied weer uitermate discreet.

In punt 3 bereikt men weer een kiptoestand, doch in tegenstelling met punt 2 is dit het beginpunt van een spanningsinterval waarover steeds een kipstoestand wordt gevonden, n.l. tot het punt 4, dus over een traject van ca. 10 Volt.

Tussen 4 en 5, alsmede tussen 6 en 7 treden weer normale grondharmonische toestanden op, waarbij het inschakelverschijnsel snel is weggedempt. Het spanningstraject 5-6 vertoont wederom afwijkingen. Hier worden n.l. derde subharmonische trillings-toestanden gevonden van een verrassende stabiliteit.

Verder gaande ontmoet men in 7 nog een discrete kipgrens en kort daarop in 8 een smal gebied voor de tweede subharmonische. Op grond van de radiale symmetrie van de karakteristiek zou men het optreden van even subharmonischen niet hebben verwacht. Vroeger werden deze wel verkregen, na eerst door gelijkstroommagnetisatie van de spoelkern, de karakteris-onsymmetrisch te hebben gemaakt (1). De aanwezigheid van tweede subharmonischen is in onze metingen evenwel onmiskenbaar.

In de gebieden 7-8 en 8-9 is de toestand weer grondharmonisch, terwijl vanaf 9 steeds een kiptoestand wordt gevonden.

Zou men de amplitudo van de emk continu vanaf nul hebben opgeregeld, dan zou het kippen zijn opgetreden in 10, d.w.z. bij de kipgrens 9 corresponderende met $\varphi = 0^\circ$ bij plotseling inschakelen.

Bij verdere vergroting van $|\varphi|$ gaat het kipgebied aan betekenis toenemen. De punten 4 en 9 naderen steeds meer tot elkaar en vallen bij ca -40° samen. Bij grotere negatieve inschakelhoeken vindt men in dit quadrant geen subharmonischen meer.

Karakteristiek is verder, dat, met uitzondering van de kipgrenzen 3 en 9, de meetkundige plaatsen van de overige aangegeven punten, bij variatie van φ , gedeelten van concentrische cirkels blijken te zijn.

Dit werd nauwkeurig gecontroleerd. De meetkundige plaatsen van 3 en 9 lijken delen van gelijkvormige ellipsen te zijn met hun lange as in verticale zin.

Voorts valt op, dat met het toenemen van het rangnummer van de subharmonischen, de voor hun realisatie vereiste spanning kleiner is.

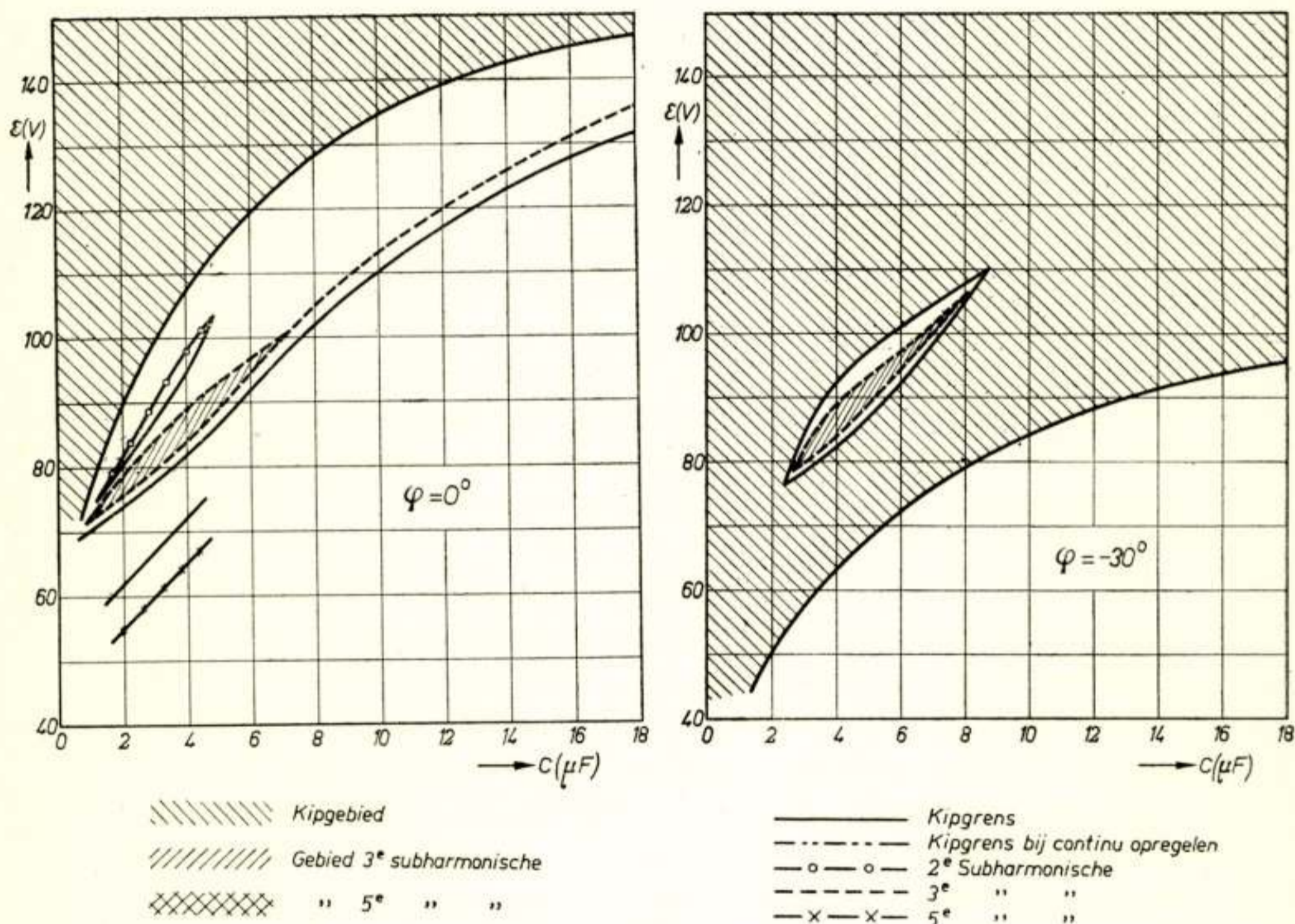
Bij variatie van de waarde van de capaciteit blijft de kwalitatieve gedaante van de omhullende kipgrenzen dezelfde; alleen de grootte verandert. De „inwendige” kipgrenzen echter, alsmede enkele subharmonische gebieden (n.l. van tweede en vijfde subharmonische) zijn bij bepaalde capaciteitswaarden niet te realiseren. De derde subharmonische bleef over het gehele onderzochte gebied ($1 - 20 \mu F$) steeds aanwezig. Men vergelijk de figuren 2 t/m 5, geldende voor verschillende waarden van de capaciteit.

Vanaf $C = 7 \mu F$ ziet men weer vijfde subharmonischen verschijnen, doch thans tussen -60° en -90° . De cirkelvormige lijnen, waarop zij voorkomen, worden afgewisseld door een aantal kipgrenzen.

Door het gebruik van het net als spanningsbron voor de meting, werden moeilijkheden ondervonden als gevolg van frequentie- en spanningsvariaties. Hierdoor waren de grenzen van sommige zeer smalle responsiegebieden (b.v. van de vijfde subharmonischen) niet altijd scherp vast te stellen.

Teneinde duidelijk te laten uitkomen hoe groot de invloed van de inschakelhoek is op de trillingsverschijnselen, zijn tenslotte in de figuren 6 en 7 bij een φ van 0° resp. -30° , doch overigens gelijke omstandigheden, de responsiekarakteristieken in afhankelijkheid van de capaciteitswaarde C uitgezet. Op gelijke wijze als in voorgaande figuren, zijn de verschillende trillingsvormen door verschillende lijn-soorten aangegeven.

Voor de krommevorm van de verschillende trillingstoestanden verwijzen wij naar vroeger gegeven oscillogrammen [3].



Figuren 6 en 7.

Responsie-diagrammen als functie van de capaciteit voor inschakelhoeken van 0° c.q. $\pm 30^\circ$.

Tenslotte willen we nog de aandacht vestigen op het feit dat de in het voorgaande beschreven toestanden gevonden worden beneden de kipgrens welke men verkrijgt door continue regeling van de amplitudo van de emk. De zogenaamde „hogere” kipgrenzen, waarvan sprake was in vorige publicaties [3, 4] en die betrekking hebben op de vrije trillingen in het verzadigingsgebied, worden eerst bij veel hogere waarde van de spanning gevonden.

§ 3.

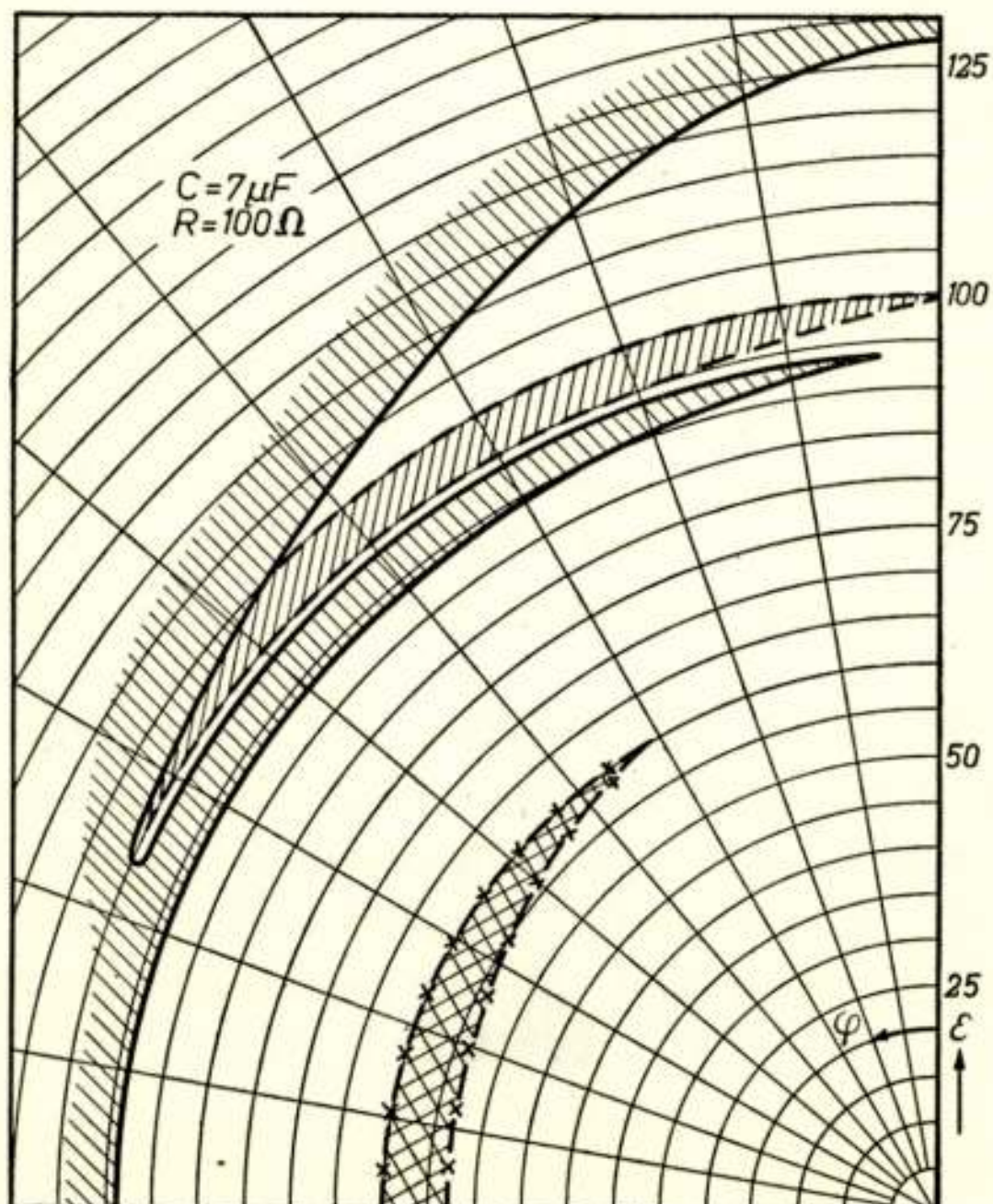
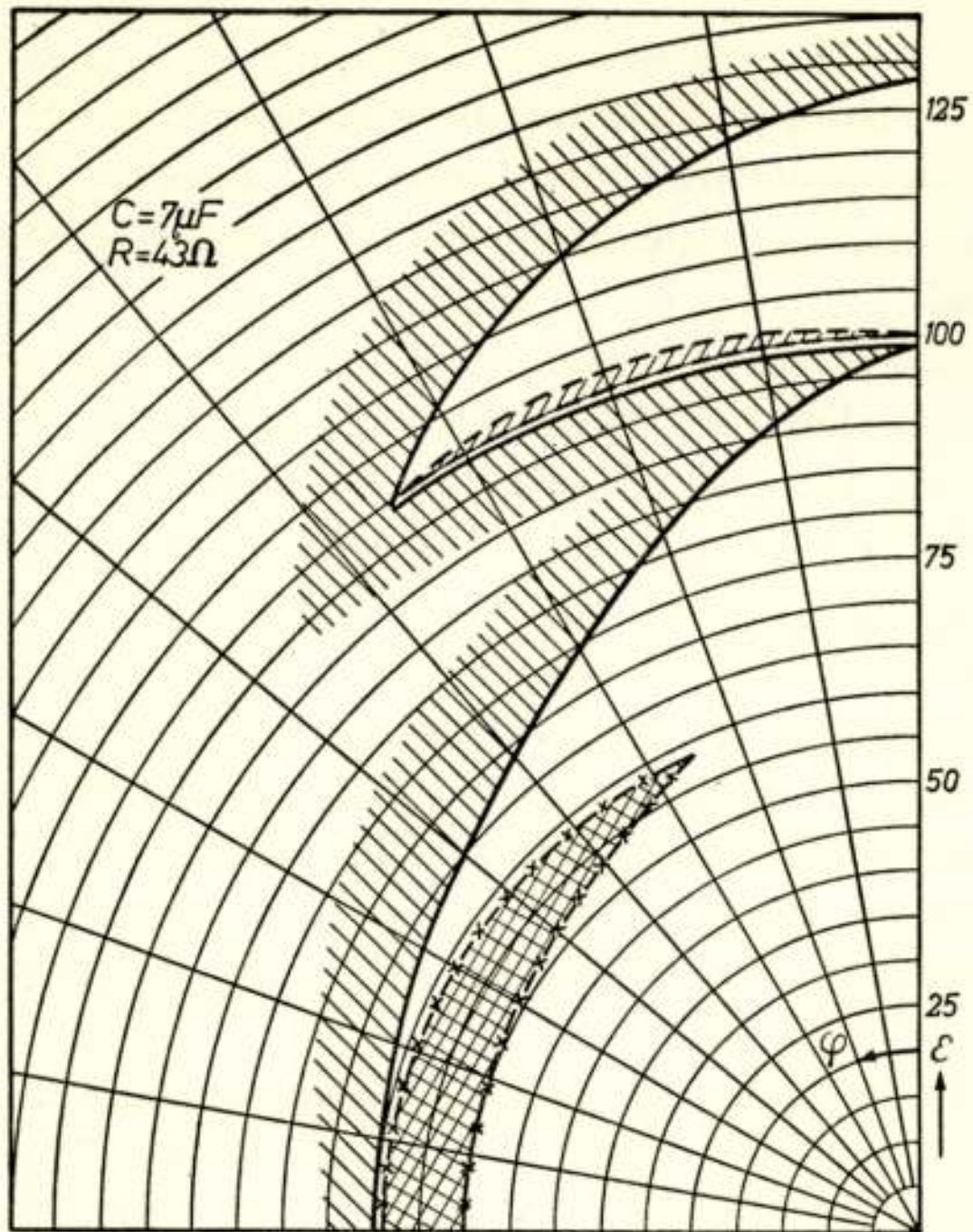
In het voorgaande bestond de weerstand in het circuit uitsluitend uit de draadweerstand van de smoorspoel, zijnde 28,5 Ohm. Thans gaan we de invloed van extra weerstand R op de responsie na.

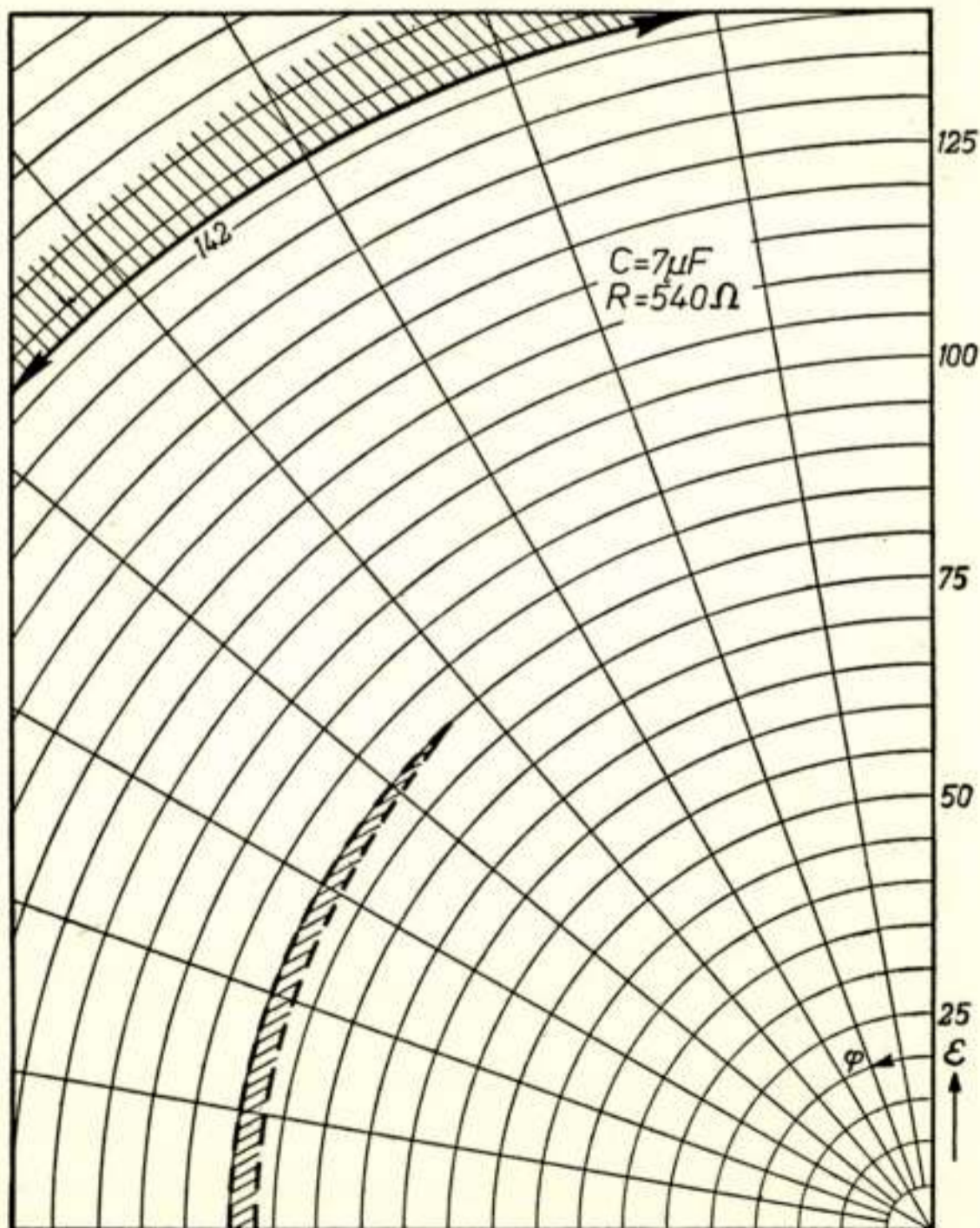
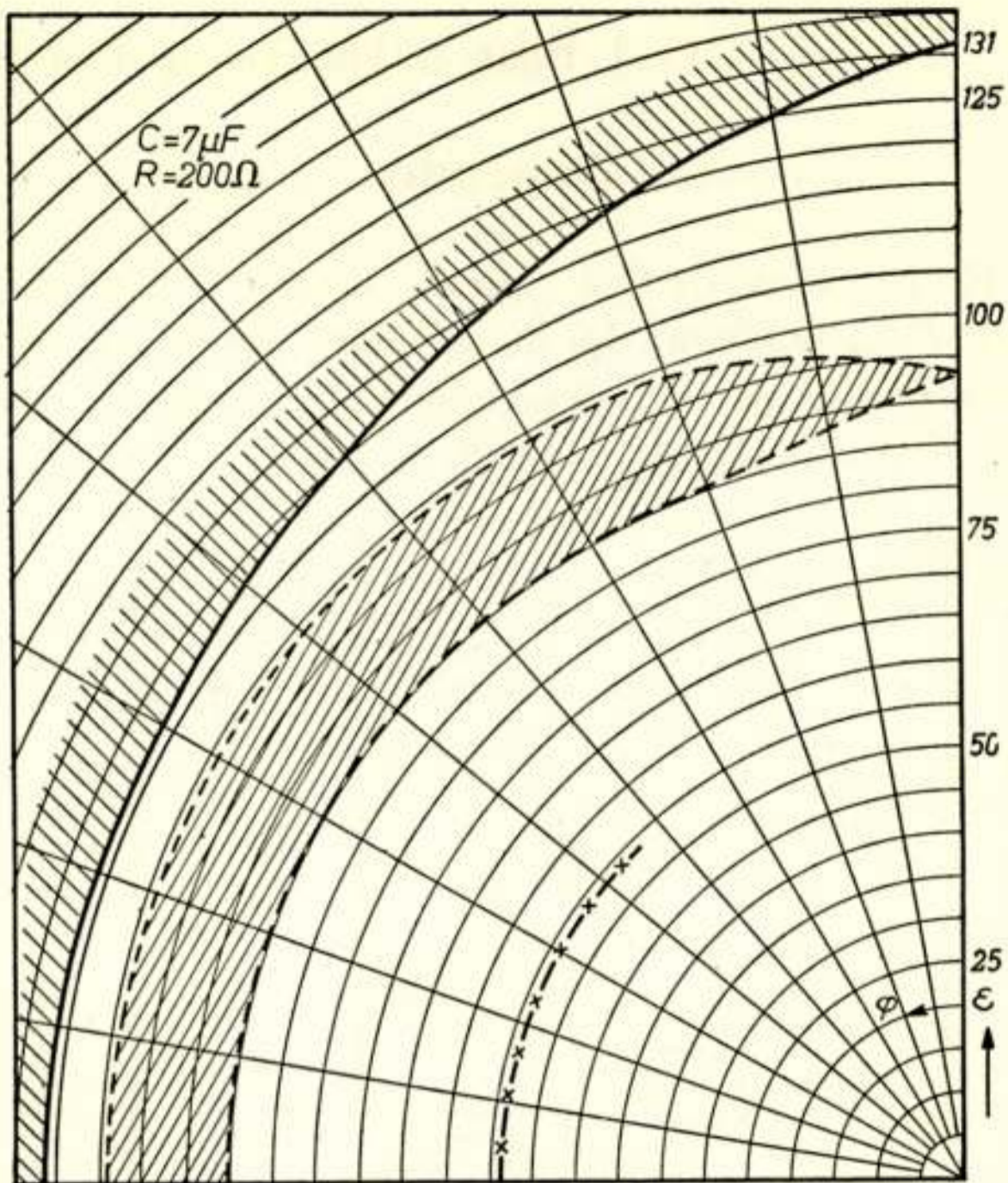
De figuren 8 t/m 11 geven het $\varepsilon - \varphi$ - verband voor verschillende waarden van R en een capaciteitswaarde van $7 \mu F$. Hiein valt op te merken, dat bij toenemende R het bovenste door kipgrenzen omsloten gebied steeds verder om het centrale gebied heengrijpt, totdat tenslotte slechts één kipgrens overblijft, waarbinnen nog gebieden van subharmonische responsie kunnen voorkomen. Deze subharmonische gebieden verbreden zich aanvankelijk, doch nemen bij nog grotere waarden van R weer in omvang af om tenslotte geheel te verdwijnen. In ons In ons geval is dit voor het gebied van de derde subharmonischen eerst het geval voor een R van ca 600 Ohm.

Bij toenemende R ziet men de kipgrens naar hogere waarden van de spanning verschuiven, terwijl deze meer en meer de cirkelvorm gaat aannemen. Voor $R = 750$ Ohm is zij geheel cirkelvormig geworden. Tenslotte verdwijnt bij verder toenemende R ook de kipgrens; n.l. bij ca 1 k Ohm.

Het feit, dat in afhankelijkheid van de waarde van R een optimale breedte voor het responsiegebied van een bepaalde subharmonische wordt gevonden, welk gebied dan bovendien min of meer onafhankelijk van de inschakelhoek wordt, zou kunnen worden gebruikt voor de constructie van een eenvoudige frequentiedeler. Zo zal bij willekeurig inschakelen tussen 85 en 99 Volt voor $C = 7 \mu F$ en $R = 200$ Ohm (fig. 10) vrijwel steeds een derde subharmonische worden gevonden. Alleen de vernauwing van het gebied voor waarden van φ in de buurt van 0° (en 180°) kan aanleiding geven tot enige onzekerheid.

Tevens valt uit de experimenten af te leiden, dat men voor het vermijden van het optreden van subharmonischen bij het plotseling inschakelen van een niet-lineaire seriekring de weerstand van het circuit dient te vergroten. Maakt men deze weerstand voldoende groot dan zal ook het kippen niet meer kunnen optreden.





Figuren 8 t/m 11.

(ε, φ) -diagrammen van de responsiegebieden bij verschillende waarden van de weerstand en een capaciteit van $7 \mu F$.

(voor de betekenis der lijnsorten zie men onder figuren 6 en 7).

Appendix

In fig. 12 is het volledige schema weergegeven van de fase-schakelaar *F.S.*, waarvan bij de metingen gebruik werd gemaakt. Het ontwerp van de *F.S.* werd beheerst door de volgende, in verband met de metingen te stellen, eisen:

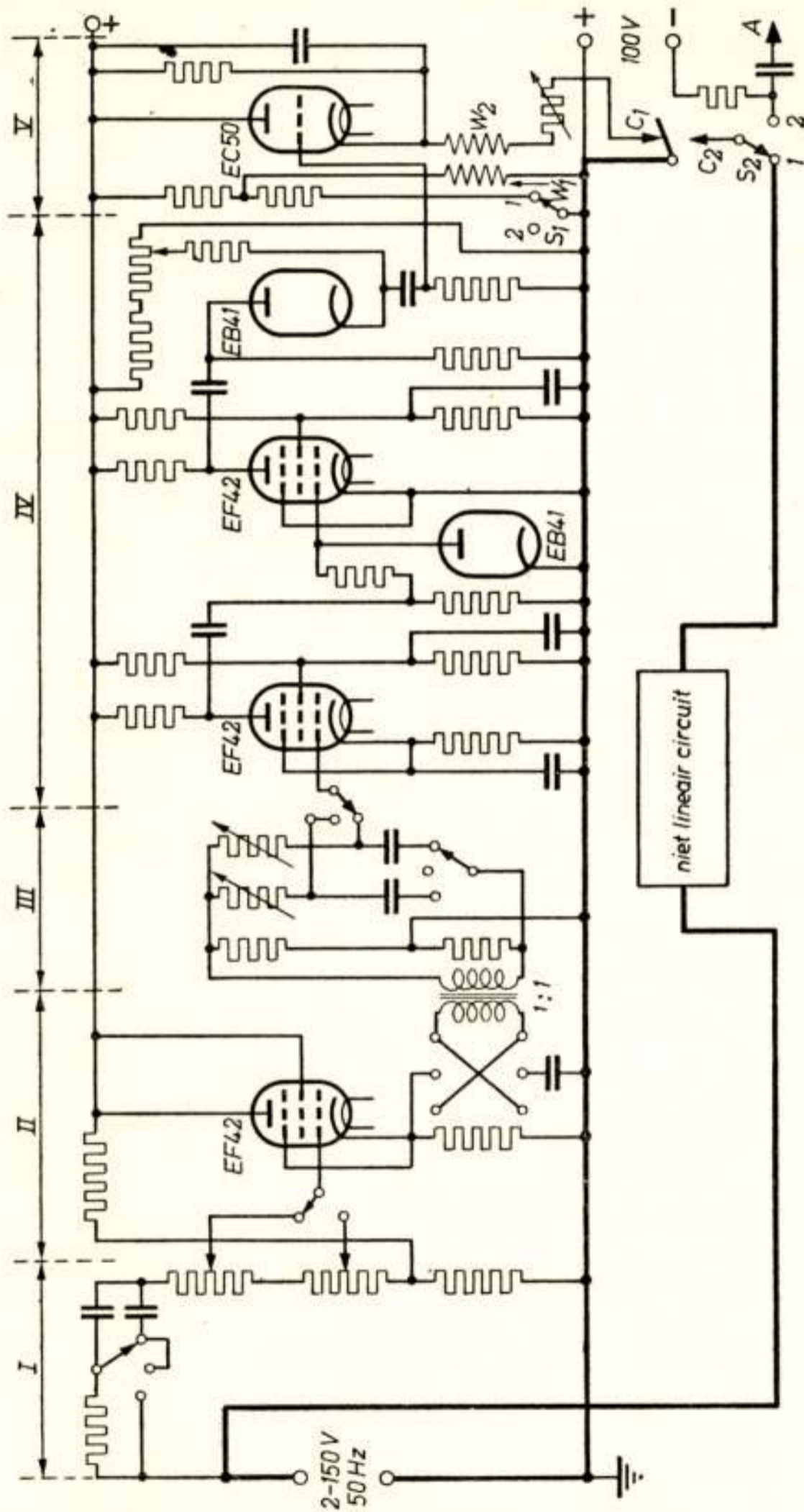


Fig. 12.
Schema van de fase-schakelaar.

- 1e werkend bij een netfrequentie van 50 Hz,
- 2e bruikbaar voor een spanningsgebied van 2 tot 150 Volt,
- 3eingangsimpedantie groter dan 100 k. Ohm,
- 4e continu regelbare fase hoek tussen 0° en 360° ,

- 5e nauwkeurigheid van de fase instelling 1° ,
6e tijdens de werking moet de weerstand van de *F.S.* ver-
waarloosbaar klein zijn.

In verband met voorwaarde 6 moest van het gebruik van een volledig elektronische schakelaar worden afgezien. Hierdoor viel de keuze op een mechanisch relais, dat echter het bezwaar heeft van variatie in opkومتijd met als uiteindelijk gevolg: onnauwkeurigheid in de inschakelhoek. Teneinde hieraan zoveel mogelijk tegemoet te komen, werd gebruikt een *S. & H.* polair telegraafrelais, waarvan de opkومتijd klein en bovendien redelijk reproduceerbaar is. Tevens werd door bekrachtiging van het relais met een stroompiek de variatie in opkومتijd verder beperkt, waarmee aan voorwaarde 5 kon worden voldaan.

Voor het regelen van de fasehoek dienen de *R-C*-fasedraaiers I en III. Daar deze bij instelling van hoeken van ongeveer 0° en 180° moeilijkheden geven, worden twee fasedraaiers gebruikt, waarvan I twee vaste standen heeft (0° en 45°) en III continu regelbaar is tussen 0° en 180° .

Door toepassing van de kathode volger II wordt bereikt, dat de brugtak van I wordt afgesloten met een hoge impedantie, terwijl III wordt gevoed uit een bron met lage inwendige weerstand.

Vervolgens worden in het impuls-circuit IV m.b.v. een „clipper”- resp. differentiëer-circuit pieken verkregen ter plaatse van de nuldoorgangen van de ten opzichte van ingang fase verschoven spanning. Door deze pieken wordt een thyatron ontstoken. De benodigde hoge bekrachtigingspiek voor de relaiswikkeling w_2 liet n.l. slechts de mogelijkheid open w_2 op te nemen in een thyatroncircuit V. Teneinde nu de variatie in het ontstekings-tijdstip van het thyatron zo veel mogelijk te elimineren, moet dit op zijn beurt ontstoken worden door een impuls, verkregen uit het circuit IV.

Bij bekrachtiging van de relaiswikkeling w_2 ontladst een grote capaciteit zich over w_2 en het thyatron. Door het omklappen van het relais wordt het thyatroncircuit onderbroken en de ingangsspanning aangesloten op het niet-lineaire circuit, via relaiscontact c_2 .

Met de schakelaar S_1 in stand 2 krijgt de relaisontwikkeling w_1 een sterkere bekrachtiging en wordt door omleggen naar contact c_1 de spanning op het circuit weer onderbroken.

De inschakelhoek wordt direct waargenomen met behulp van een kathodestraal-oscillograaf. Daartoe worden met behulp van fasedraaiers twee spanningen afgeleid uit de ingangsspanning; hiermee in fase resp. 90° in fase verschoven. Deze spanningen worden direct op de platen van de kathodestraalbuis gebracht en geven op het scherm een cirkel. Uit het opklappen van het relais wordt een impuls afgeleid (S_2 in stand 2), welke naar de anode A van de buis wordt gevoerd, waardoor een bepaald punt van de cirkel sterk oplicht. Uit de plaats van dit punt op de cirkel ten opzichte van de verticale as, kan de inschakelhoek φ worden bepaald.

In fig. 12 is het meetcircuit dik getekend.

Literatuur

- 1) G. J. Elias en H. Miedema, T. Ned. Radiogen. XI (1946), p. 141.
- 2) G. J. Elias, id. XIII (1948), p. 37.
- 3) G. J. Elias en S. Duinker, id. XIV (1949), p. 163.
- 4) G. J. Elias en S. Duinker, id. XV (1950), p. 79.
- 5) S. J. Angello, Trans. A. J. E. E., 61 (1942), p. 625.
- 6) C. F. Spitzer, J. Appl. Phys. 16 (1945), p. 105,

Verandering in de voortplantingseigenschappen van middengolven tijdens zonsondergang

door J. Houtsmuller

Radio Lab. PTT

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 27 Oct. 1950.

SUMMARY

Investigations are discussed which during the latter part of 1947 were made by the International Broadcasting Organisation at Brussels, so as to consider the propagation properties of medium waves at sunset. The investigations have led to important conclusions relative to:

- (1) influence on field strength received due to the earth in the proximity of transmitter and receiver;
- (2) influence of soil conditions of the reflection location on earth in the case of double hop;
- (3) changes in ionosphere properties in dependence on solar declination.

Various phenomena could not be explained by supposing the electrons to disappear due to re-combinations with positive ions only.

One case was developed in which the electrons attached themselves to neutral atoms or molecules, and here the phenomena could be explained.

Het permanente Bureau van de Technische Commissie van de „Organisation Internationale de Radio-diffusion" (O.I.R.), heeft in Maart en April 1947 een plan ontworpen voor de frequentieverdeling van middengolven, toegewezen aan de Omroep. Een van de grondslagen van dit plan was een verschillend frequentie-gebruik gedurende de dag en de nacht.

Teneinde de praktische bruikbaarheid van een dergelijk plan te kunnen beoordelen werd het nodig geoordeeld over exacte gegevens te beschikken betreffende verschillende verschijnselen waaromtrent men wel over een zeker inzicht beschikte maar geen gefundeerde mening kon uitspreken. Bovendien had men de hoop de verkregen gegevens ter verdieping van een algemeen wetenschappelijk inzicht te kunnen gebruiken.

Een van de verschijnselen, dat moest worden onderzocht, was de omstandigheid waaronder de voortplantingseigenschappen, die gedurende de dag gelden, overgaan in die voor de nacht. Aan dit onderwerp is de hier volgende studie gewijd.

Ter uitvoering van het beoogde doel werd een meetcampagne georganiseerd waaraan door zestien landen volledig of gedeeltelijk is deelgenomen. Aangezien in Zweden en Polen op verschillende plaatsen is geluisterd, die voldoende ver van elkaar verwijderd lagen om als verschillende observaties te worden beschouwd, wordt in totaal over de gegevens van negentien verschillende plaatsen beschikt. De verbindingen die enigszins uitgebreid zullen worden besproken zijn in fig. 1 aangeduid. Het kruisje op iedere verbindinglijn geeft aan waar de reflectie op aarde (en ook enkele reflectie op de ionosfeer) plaats vindt.

De metingen werden op de volgende wijzen georganiseerd.

1. De keuze van de ontvangstations is zodanig geweest, dat een zo groot mogelijk aantal frequenties werd beluisterd in zoveel mogelijk uiteenlopende geografische richtingen.
2. Voor iedere ontvanger is een aantal zenders gekozen, welke zich zoveel mogelijk in dezelfde richting bevonden, met zo mogelijk een ongeveer gelijk vermogen en weinig uiteenlopende frequenties. De groepering is ten slotte zo geweest, dat als regel drie stations zich in één richting, twee zich in een andere richting bevonden.
3. Op een breedte van ongeveer 45° verplaatst de scheidingslijn van het verlichte en niet direct door de zon verlichte deel van het aardoppervlak zich met een snelheid van ongeveer 300 km per kwartier. Aan de waarnemers is gevraagd gedurende ieder kwartier de vijf stations ieder gedurende drie minuten te beluisteren en dit vol te houden gedurende een periode die zich uitstrekt van twee uur vóór tot twee uur na zonsondergang. Bij een stipte uitvoering van het gevraagde werden dus per dag per station 16 waarnemingen verkregen, waarbij iedere waarneming op een plaats geschiedde, die circa 300 km t.o.v. de voorgaande ten aanzien van de licht-donker lijn was verplaatst.

Teneinde een zo volledig mogelijk beeld te verkrijgen voor de verschillende declinaties van de zon werden de waarnemingen verricht gedurende de periode van 21 Juni tot 21 December 1947. Een verdere voortzetting was trouwens niet mogelijk, omdat de resultaten in Juni 1948 op de conferentie van Kopenhagen beschikbaar moesten zijn. Ook de tijd van voorbereiding was



Fig. 1.

gering, nl. van eind April tot begin Juni. Hierom en mede in verband met het groot aantal waarnemingen dat verwacht werd en spoedig verwerkt moest kunnen worden heeft men er naar gestreefd de metingen zo eenvoudig mogelijk te doen uitvoeren, en wel door directe waarnemingen met het oor.

De beoordelingsschaal was de volgende:

R_0 geen ontvangst — alleen draaggolf ($< 30 \mu V/m$)

R_1 modulatie te horen, moeilijk

waarneembaar ($30 - 100 \mu V/m$)

R_2 juist waarneembaar, spraak te verstaan ($60 - 250 \mu V/m$)

R_3 te horen met gemiddelde sterkte ($200 - 1000 \mu V/m$)

R_4 goed hoorbaar ($900 - 1500 \mu V/m$)

R_5 zeer krachtige ontvangst. ($> 1500 \mu V/m$)

Te Brussel is voor een groot aantal waarnemers onderzocht — door hun waardering voor de ontvangstgegevens volgens de schaal R_0 tot R_5 te vergelijken met gelijktijdig gemeten veldsterkte — welk aantal $\mu V/m$ met hun waardering van de geluidsterkte met het oor overeenkwam. Deze waarden zijn tussen haakjes geplaatst achter de verschillende beoordelingscijfers. De op deze wijze verkregen veldsterkten geven slechts een zeer grove benadering van de werkelijk aanwezige veldsterkten aan en men mag niet verwachten invloeden die verschillen van enkele *db*'s in veldsterkte veroorzaken op deze wijze te kunnen vaststellen. Bedragen de verschillen echter 10 db en liefst meer, dan kunnen deze invloeden op steeds ondubbelzinniger wijze worden vastgesteld.

De waarnemingen werden gedaan met commerciële of uitstekende kwaliteit omroep ontvangers; speciale voorschriften voor de antennes zijn niet gegeven, omdat is uitgegaan van de veronderstelling, dat over het algemeen op rustige plaatsen ontvangen zou worden en het dan de ruis is die de benedengrens van de neembaarheid bepaalt.

Gevraagd is zo mogelijk veldsterktemetingen te doen maar aan dit verzoek is — behoudens één uitzondering en dan nog gedurende een zeer beperkte tijd — niet voldaan.

De wijze van werken heeft over het algemeen een zeer juist oordeel gegeven over het onderling vergelijk van de kwaliteit van de ontvangst van de vijf stations, die op één plaats werden waargenomen. Voor een vergelijking van de gegevens van de verschillende ontvangplaatsen kan men natuurlijk uiteenlopende waarden van de eindbeoordeling verwachten. Het is echter opmerkelijk, dat van twee stations die zich onder dezelfde omstandigheden bevonden, men tot een binnen redelijke grenzen

aanvaardbaar verschil in db 's kwam, maar dat grote afwijkingen, die bijvoorbeeld het gevolg zijn van breedteverschillen, op uniforme wijze naar voren kwamen.

Als slotopmerking geldt nog dat uit de aard der zaak niet alle waarnemingen voor een bepaald moment van waarnemingen waardevolle gegevens gaven. Sommige stations zijn bijvoorbeeld twee uur voor zonsondergang nooit gehoord en andere waren een uur na zonsondergang zo krachtig, dat praktisch geen verschillen werden waargenomen. Afhankelijk van het gestelde doel en het tijdstip van waarneming was het echter als regel mogelijk een keuze uit de beschikbare gegevens te doen die het mogelijk maakte voor het gestelde doel de juiste gevolgtrekkingen te maken.

Te Brussel is een werkprogramma van de verschillende stations opgesteld en natuurlijk van te voren minutieus beproefd om zeker te zijn, dat door de toestelbedieners behoorlijk aan de voorschriften kan worden voldaan. De verkregen gegevens op de verschillende stations werden op een door ons gevraagde wijze ingevuld die een vlugge bewerking mogelijk maakte en maandelijks naar Brussel gestuurd. De verwerking van de gegevens te Brussel geschiedde op de volgende wijze. De plaats A van de ontvanger (in dit geval Algiers; zie fig. 1) werd op een blad papier uitgezet. Van de groep van twee of drie zendstations werden de geografische richting en afstand t.o.v. A afgezet (fig. 6). Bij de plaats A werd het moment van waarneming aangetekend; bij de plaats van de zender de geluidsterkte waarmede deze te A is ontvangen. Een kwartier later werd deze bewerking herhaald en op dezelfde wijze afgezet waarbij het punt A — en dus ook de afbeelding van de plaatsen van de zenders — op de gekozen schaal 300 km naar rechts werden verplaatst. Zo voortgaande werd dus een serie afbeeldingen verkregen, die op overzichtelijke wijze aangaven de wijze waarop voor een waarnemingspost, die zich oorspronkelijk ongeveer 2400 km ten Westen van de licht-donker lijn bevond, om de 300 km de ontvangen geluidsterkte verandert totdat deze plaats zich circa 2400 km ten Oosten van die lijn bevindt. Een afbeelding van het op deze wijze verkregen diagram is in fig. 6 gegeven.

In totaal zijn gedurende de meetcampagne ongeveer 3500 van deze diagrammen gemaakt. Zij hebben ons in staat gesteld conclusies te trekken, welke ver boven het gestelde doel uitgingen.

Alvorens tot de directe bespreking van de waarnemingen

over te gaan is het nodig enkele begrippen, die voor een verdere uiteenzetting nodig zijn, te bespreken.

Wij weten dat de intensiteit van het veld, uitgedrukt in milli-volts per meter, uitgestraald door een zendantenne die zich alleen in de ruimte zou bevinden, gegeven wordt door de uitdrukking

$$E = \frac{150}{D} \sqrt{P} \cos \psi \text{ m V/m.} \quad (1)$$

In deze uitdrukking geeft D de afstand in meters weer, P is het vermogen in kW en ψ is de hoek die de richting van voortplanting maakt met een vlak loodrecht op de antenne, welke als een kleine rechte draad wordt beschouwd.

Indien het vermogen wordt toegevoerd aan een korte antenne

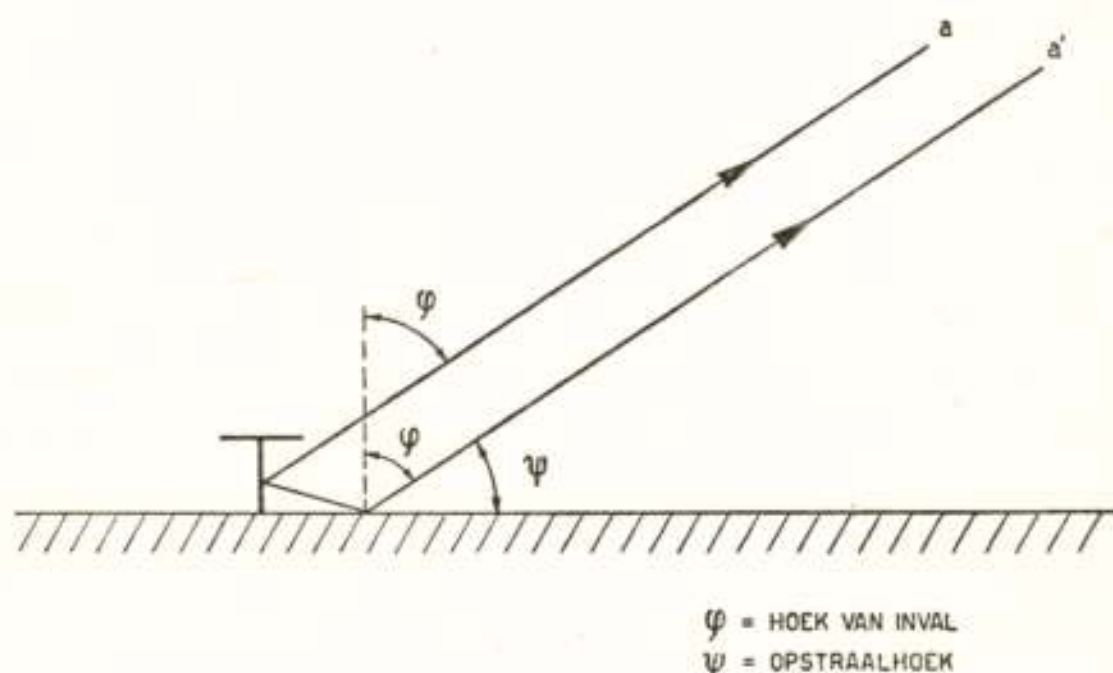


Fig. 2.

— d.w.z. een antenne waarvan de lengte klein is t.o.v. de golflengte — welke verticaal is opgesteld boven een vlakke aarde van oneindig groot geleidingsvermogen en de stroom in deze antenne hetzelfde verloop heeft, als voor het boven behandelde geval, zal het veld op iedere plaats *boven* deze aarde de dubbele waarde hebben van dat van de antenne in de ruimte. De figuur 2 beziende blijkt, dat het veld dan bestaat uit de waarden $a + a'$, waarin $a = a'$. Op grotere afstand kan men nl. voor de aldus gedefinieerde antenne aannemen, dat de direct uitgezonden en gereflecteerde straal gelijke richting hebben, terwijl ook de weglengte langs beide stralen gerekend gelijk genomen mag worden en het kleine verschil in weglengte — dat tot uitdrukking komt als een phaseverschuiving — genegeerd mag worden. Wij nemen de hierboven behandelde dubbele waarde aan

ERRATUM

J. H. Houtsmuller.

Verandering in de voortplantingseigenschappen
van middengolven tijdens zonsondergang.

Maart 1951.

In de regel onder formule (1) op bladz. 89 staat „D de afstand in meters”; dit moet zijn „D de afstand in Km.”

als een referentie grootheid en geven in de praktijk voorkomende gevallen aan als een zeker aantal *db* hiermede te verschillen.

Voor de in de praktijk voorkomende gevallen is het geleidingsvermogen als regel niet als ∞ aan te nemen, — hoewel deze waarde voor zeewater zeer dicht benaderd wordt — en voor een zender boven land geplaatst zal men met een vermindering van de theoretische veldwaarde rekening moeten houden. De grootte van de vermindering van de veldsterkte is afhankelijk van de opstraalhoek (1), dat is het complement van de in de lichttheorie gebruikte hoek van inval. Voor berekening van de reflecties op de ionosfeer zijn de waarden van deze verliezen natuurlijk van groot belang en dit zal een van de factoren zijn die dus oorzaak is dat het veld, dat op een ontvanger wordt bereikt, kleiner is dan volgens de bovenstaande formule verwacht zou worden. Andere oorzaken, die tot verkleinen van veldwaarden optreden, zijn verliezen tengevolge van een reflectie (2) of reflecties (4) tegen de ionosfeer en in het geval van meerdere reflecties ook die op het aardoppervlak (3). De toestand van de aarde bij de ontvanger (5) heeft een zelfde invloed als bij die van de zender, terwijl tenslotte de omstandigheid dat de reflecterende ionosfeer geen plat vlak is, maar in algemene zin een min of meer bolvormige spiegel vormt, oorzaak is dat een veldvergroting kan optreden, welke aan deze „convergentie” wordt toegeschreven (6). Met de afstand (7) is in formule (1) al rekening gehouden. Het is duidelijk, dat in geval van meerdere reflecties (en indien men nauwkeurig wil zijn) de ware afgelegde weg van de straal in rekening gebracht moet worden en niet de afstand langs het aardoppervlak.

Van het onderwerp dat wij heden bespreken zijn het middengolven, die langs de ionosfeer de ontvanger bereiken. Wij laten de oppervlaktegolf bij onze besprekingen buiten beschouwing. Wij beginnen thans met een bespreking van de verschillende factoren die boven genoemd zijn.

1. *Absorptie tengevolge van de aarde bij de zender.*

Voor de onmiddellijke nabijheid van de zender zullen wij de aarde nog als vlak beschouwen. Het geleidingsvermogen nemen wij echter als eindig aan en wij houden rekening met de invloed van een diëlectrische constante. Bij de behandeling van dit geval zullen wij met de laatste beginnen en zullen zelfs het geleidings-

vermogen om te beginnen nul nemen. In dit geval zullen aan het aardoppervlak geen verliezen optreden, maar niet alle energie wordt gereflecteerd en neemt verder aan de nuttige straling deel, omdat door refractie een deel in het diëlectricum (de aarde) verdwijnt.

Voor een verticaal gepolariseerd veld, dat bij omroepzenders, die op middengolven werken, wel altijd beschouwd zal moeten worden, wordt volgens de formule van Fresnel het gereflecteerde deel gegeven door de uitdrukking

$$R = \frac{\tan(\varphi_1 - \varphi_2)}{\tan(\varphi_1 + \varphi_2)} \quad (2)$$

waarin φ_1 en φ_2 de hoek van inval en uittreden zijn, dat is het complement van de verder door ons te gebruiken opstraalhoeken.

De beide hoeken komen in de formule van Snellius voor, welke wij maar dadelijk voor ons geval ($\varepsilon = 1$ voor de lucht) in de vorm

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = \sqrt{\varepsilon_2} \quad (3)$$

schrijven, waarin ε_2 de diëlectrische constante van de aarde voorstelt.

De uitdrukking (2) vertoont een merkwaardigheid. Wanneer $\varphi_1 + \varphi_2$ de waarde 90° aanneemt wordt de tangens ∞ en dus $R = 0$, zodat geen veld wordt gereflecteerd. Een tweede merkwaardigheid is dat voor alle waarden van de hoeken van inval en uittreden wier som kleiner is dan 90° de uitdrukking positief is, voor hoeken daarboven is zij negatief. Dit komt hierop neer, dat in onze oorspronkelijke formule voor kleine opstraalhoeken een a' voorkomt die moet worden afgetrokken van a ; voor grotere opstraalhoeken moet hij worden opgeteld. Het blijkt, dat bij een inval evenwijdig aan het aardoppervlak $R = -1$, zodat dan helemaal geen veld overblijft. De hoek waarvoor helemaal geen reflectie optreedt noemt men de „Brewster-hoek”. Voor het geval $\varepsilon_2 = 4$ is de opstraalhoek waarvoor dit gebeurt $26^\circ,6$. De reflectie, die wij hier besproken hebben en die optreedt aan het grensvlak van twee media noemt men wel vitruueuse reflectie.

Zodra het geleidingsvermogen niet te verwaarlozen is wordt het verschijnsel gecompliceerder en de reflectie coëfficiënt wordt in dit geval gegeven door een complexe getal, algemeen voorgesteld door $\rho \cdot e^{j\delta}$, waarin ρ de verhouding van de amplitude

voor en na reflectie aangeeft en δ de phaseverschuiving. Bij de vitruueuse reflectie, dat hier een bijzonder geval van is, was $\delta = 0$ of 180° . In het geval dat een geleidingsvermogen aanwezig is kan δ alle waarden van 0 tot 180 doorlopen, terwijl ook ρ , het verhoudingsgetal voor de amplitudes $\frac{a'}{a}$, alle waarden tussen 0 en 1 kan aannemen.

Voor geleidingsvermogens van 5.5×10^{-13} , 5.5×10^{-14} en 5.5×10^{-15} e.m.e., een diëlectrische constante van 10 en een frequentie van 1 mc/s nemen deze hoeken de waarden $1^\circ 50'$, 6° en 14° aan. De kleinste waarde van ρ is in dit geval 0,4. Voor zeewater is de waarde van de bedoelde hoek $0^\circ 15'$.

Men noemt de hier aangegeven hoeken pseudo-Brewster hoek; de reflectie waarbij het geleidingsvermogen overheerst noemt men wel metallieke reflectie. Men ziet dat bij een opstraalhoek van 3° voor slechte geleidingsvermogens reflectie beneden de pseudo-Brewsterhoek plaats vindt; voor een geleidingsvermogen van $5,5 \cdot 10^{-13}$ en zeewater daar boven. Het gevolg hiervan is dat in het eerste geval het resulterende veld kleiner is dan a ; in het tweede geval groter.

Opgemerkt wordt nog dat in het geval van metallieke reflectie de invloed van de frequentie even belangrijk is als die van het geleidingsvermogen en men vindt dezelfde waarde van de grootheid $\rho \cdot e^{j\delta}$ voor een geleidingsvermogen 10^{-14} en 1 mc/s als voor 10^{-13} en 10 mc/s.

De waarde van het veld dat op een niet perfecte aarde wordt uitgestraald kregen wij door bij a de waarde van a' op te tellen. Normaliseert men a op 1, en schrijft men $a' = \rho e^{j\delta} = a + j\beta$ dan wordt het totaal uitgestraalde veld gegeven door $(1 + a) + j\beta$.

In de hieronder opgenomen tabel is de invloed van deze coëfficiënt voor verschillende opstraalhoeken weergegeven. Het resultaat is vermeld in db ten aanzien van een uitgestraalde energie boven een oneindig goed geleidend aardoppervlak. Men ziet dat voor slechte geleidingsvermogens de verliezen uitgedrukt in db voor een verandering van de opstraalhoek van enige graden voldoende groot zijn om met de door ons toegepaste waarnemingsmethode te worden vastgesteld.

De toepassing van de waarde van deze coëfficiënt heeft ons in staat gesteld een verklaring te geven van enkele verschijnselen, die bij de onderzoeken zijn gebleken. Het bleek bijvoorbeeld dat in Zwitserland te Chatonnay de ontvangst van de zender te Algiers sterker was dan die van Tunis.

Beide zenders bevonden zich op dezelfde afstand en de energie verhoudingen hadden het tegengestelde doen verwachten. De zender van Algiers ligt echter in de nabijheid van de zee in een gebied van een gemiddeld geleidingsvermogen; Tunis daarentegen ligt midden in de woestijn op een zeer slecht geleidende grond. Neemt men voor Algiers en Tunis opstraalhoeken van 5° aan (afstand 1100 km) dan blijkt al dadelijk dat in dit geval een verschil van 6 db aanwezig is ten voordele van Algiers.

Een voorbeeld van zeer gunstige propagatie heeft zich voorgedaan bij de observaties van het zendstation te Rabat in Oslo. De afstand bedroeg 3100 km. De omstandigheid dat zowel zender als ontvanger zich bij de zee bevonden, was één van de oorzaken

TABEL 1.

Coëfficiënt van de afname van de amplitude tengevolge bodemgesteldheid bij zender en ontvanger ($\epsilon = 10$)¹.

	$= 5,5 \cdot 10^{-13}$	$= 5,5 \cdot 10^{-14}$	$= 5,5 \cdot 10^{-15}$
1°	- 8 db	- 16 db	- 26 db
2°	- 5 db	- 12 db	- 18 db
5°	- 2,5 db	- 6 db	- 12 db
10°	- 1 db	- 4 db	- 8 db

dat bij een gunstige toestand van de ionosfeer in December Rabat enige malen 's middags te Oslo ontvangen werd.

Een andere belangrijke invloed waarmede men bij de toepassing van de tabel rekening kan houden is die van de helling van het terrein. Als de zendantenne zich op een hellend terrein bevindt is het zonder meer duidelijk, dat de opstraalhoeken een wijziging ondergaan en deze invloed wordt weer zeer belangrijk indien men met kleine opstraalhoeken en een slecht geleidingsvermogen te maken heeft. Ook vanuit dit gezichtspunt beschouwd waren de omstandigheden van Tunis ongunstiger dan van Algiers. Het laatste station lag op een terrein dat aan de voet van bergen lag dat waarschijnlijk nog iets afliep naar zee. Ten Noorden van Tunis bevindt zich een hoge heuvelrug, waardoor met een aequivalente helling van ongeveer 2 à 3°

¹) Berekend volgens Terman, Radio Engineers Handbook New York 1943, pag. 699 e.v.

rekening mag worden gehouden. Volgens bovenstaande tabel geeft dit nog eens een extra verlies van ongeveer 6 *db* waarmee rekening moest worden gehouden. In totaal traden tengevolge van ongunstige omstandigheden bij de zender dus extra verliezen voor Tunis van circa 12 *db* op.

Het is misschien van belang om op te merken, dat een terreinhelling van 1° overeenkomt met een hoogteverval van 17 meter op 1 km.

De hier beredeneerde correctie-factor komt op zeer elegante wijze in de berekeningen Bremmer¹⁾ naar voren. Deze berekening geldt voor een bolvormige aarde en het blijkt, dat men voor kleine waarden van de opstraalhoeken een correctie zou moeten toepassen. Aangezien ik aangenomen heb, dat de aarde vlak is bij de zenders, hetgeen vaak voor dit soort berekening geschiedt, wordt deze verwaarlozing automatisch geaccepteerd en het is wel zeer moeilijk in de meeste praktische gevallen (behoudens boven zee) een dergelijke theoretische bolvorm voor zenders boven land vol te houden. Voor de kwalitatieve beschouwingen waar het hier om gaat is het zeker geoorloofd.

2. Reflectie in de ionosfeer.

De aanwezigheid van vrije electronen in de ionosfeer veroorzaakt een vermindering van de diëlectrische constante. De numerieke waarde van ϵ is gegeven door:

$$\epsilon = 1 - \frac{4 \pi N \cdot e^2}{m (\omega^2 + \nu^2)} \quad (4)$$

Tevens treden er verliezen op, welke numeriek in rekening gebracht worden door toekenning van een geleidingsvermogen

$$\sigma = \frac{N \cdot e^2}{m} \cdot \frac{\nu}{\omega^2 + \nu^2} \quad (5)$$

De waarden zijn gegeven in e.s.e. De grootte ν geeft de botsing frequentie van de electronen aan, N het aantal electronen per cm^3 . Aangezien zowel N als ν met de hoogte veranderen zal ook het geleidingsvermogen niet constant zijn. De uitdrukking $\frac{\nu}{\omega^2 + \nu^2}$ blijkt afhankelijk van de hoogte van een

¹⁾ Bremmer, H, *Terrestrial Radio Waves*, Amsterdam 1949.

bepaald aantal electronen per cm^3 , een maximum waarde te vertonen van het geval $\nu = \omega$.

Aan het Radio-Engineers Handbook van Terman (uitgave 1943) ontleent men voor hoogten van 70, 80 en 90 km een aantal botsingen van $3,4 \times 10^7$, $8,5 \times 10^6$ en $1,9 \times 10^6$. Voor een frequentie van 1 mc/s of $\omega = 6,28 \times 10^6$ is dus een maximum te verwachten op een hoogte die iets boven 80 km ligt.

Wij zullen thans een concreet geval bezien. Wij nemen aan, dat een stralenbundel onder een hoek van 10^0 opstraalhoek op een electronenlaag invalt, welke laag voorlopig nog als een goed gedefinieerd scheivlak van twee homogene media beschouwd kan worden en wij zullen nagaan hoeveel electronen per cm^3 nodig zijn om totale reflectie te veroorzaken op hoogten van 70, 80 en 90 km. Vervolgens berekenen wij hoeveel electronen er nodig zijn om een reflectie van $10^0/0$ van de amplitude of $1^0/0$ van de energie te veroorzaken. Wij nemen aan dat voor een continu veranderlijke electronen dichtheid het eigenlijke reflectie proces tussen twee van dergelijke lagen plaats vindt en kan dan voor een bepaalde distributie van electronen als functie van de hoogte nagaan of men dit proces kan benaderen door het als een gewone reflectie te beschouwen dan wel dat het als buiging moet worden bezien.

Totale reflectie treedt op voor het geval $\sin \varphi_1 = \sqrt{\varepsilon_2}$ en de waarde ε_2 die hiervoor nodig is kan dus heel eenvoudig gevonden worden. Voor de bepaling van de hoek benodigd voor een reflectie van $10^0/0$ geven wij in uitdrukking (2) aan R de waarde 0,1. Na een kleine elementaire transformatie gaat deze uitdrukking over in:

$$\frac{\sin 2 \varphi_1}{\sin 2 \varphi_2} = \frac{1 - r}{1 + r} = \frac{0,9}{1,1}$$

en hieruit is de waarde van φ_2 voor gegeven φ_1 te vinden en dus uit de formule van Snellius ook de gewenste ε_2 . De benodigde N is dan eenvoudig uit (4) te berekenen, welke formule na invoering van de juiste waarde voor enkele constanten en een kleine transformatie overgaat in:

$$N = 1,25 \cdot 10^4 \cdot f_{mc}^2 \left\{ 1 + \left(\frac{\nu}{\omega} \right)^2 \right\} (1 - \varepsilon) \quad (6)$$

Het blijkt nu dat voor een opstraalhoek van 10^0 de waarde van ε voor totale reflectie 0,97 is en voor $10^0/0$ reflectie, (verder aangeduid als R_{db10}) 0,99.

De bovengenoemde waarden voor de botsings frequenties op de drie gevraagde hoogten geeft ons electronen dichtheden die nodig zijn voor 10% reflectie van resp. 5500, 250 en 135 electronen per cm^3 .

Wij zullen niet verder stilstaan bij de berekening van de absorptie coëfficiënt, hetgeen ook op zeer eenvoudige wijze uit de daarvoor bekende formules geschiedt. Omdat wij deze uitdrukking verderop nog nodig zullen hebben merken wij slechts op, dat het geleidingsvermogen als functie van de diëlectrische constante in het geval van een geïoniseerd medium eenvoudig gegeven wordt door de uitdrukking

$$\sigma = (1 - \epsilon) \cdot \frac{\nu}{2\pi} \quad (7)$$

De resultaten van de berekening zijn gegeven in onderstaande tabel.

TABEL 2.

Benodigd aantal electronen per cm^3 voor de gevraagde reflectie

	Totale reflectie				Reflectie voor 20 db							
	80 km		100 km		70 km		80 km		90 km		100 km	
	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A	N	A
10°	1050	-21	360	-0,9	3750	-28	360	-7,1	135	-1,6	125	-0,3
12°	1500	-25	540	-1,1	5600	-35	540	-9	200	-2,1	190	-0,4
14°	2100	-30	750	-1,3	7900	-42	750	-10,7	280	-,25	260	-0,5

N = aantal electronen nodig om de gewenste reflectie tot stand te brengen.

A = afname in db tengevolge van de absorptie bij het doorlopen van een laag van 1 km dikte.

In werkelijkheid neemt het aantal electronen af als de hoogte kleiner wordt. Nemen wij aan, dat bijvoorbeeld in een laag op 80 km een aantal van 2000 electronen per cm^3 aanwezig is, op 70 km 100, dan zijn deze 2000 electronen voldoende voor een totale reflectie onder een hoek van inval van 14° op 80 km hoogte. Op 70 km is 100 electronen slechts 1/80 deel van hetgeen nodig voor reflectie van 1% van de energie. Het gevolg is dat deze reflectie op veel groter hoogte zal plaats vinden.

In fig. 3 zijn enige krommen getekend, die voor opstraalhoeken van 10°, 12°, 14° en 16° aangeven het aantal electronen

dat nodig is voor totale reflectie en voor een reflectie van $10^0/0$ ($R_{20 db}$). De getallen bij de verticale lijnen die dus voor een bepaalde hoogte gelden geven aan wat de absorptie is voor het doorlopen van de ionosfeer op die hoogte over een afstand van 2,5 km bij loodrechte inval.

Volgt men een der horizontale lijnen dan treft men steeds een maximum in de absorptie — welke dus geldt voor een constante hoeveelheid electronen per cm^3 — bij 82,5 km aan. Volgt men echter een der lijnen die een bepaalde reflectie aan-

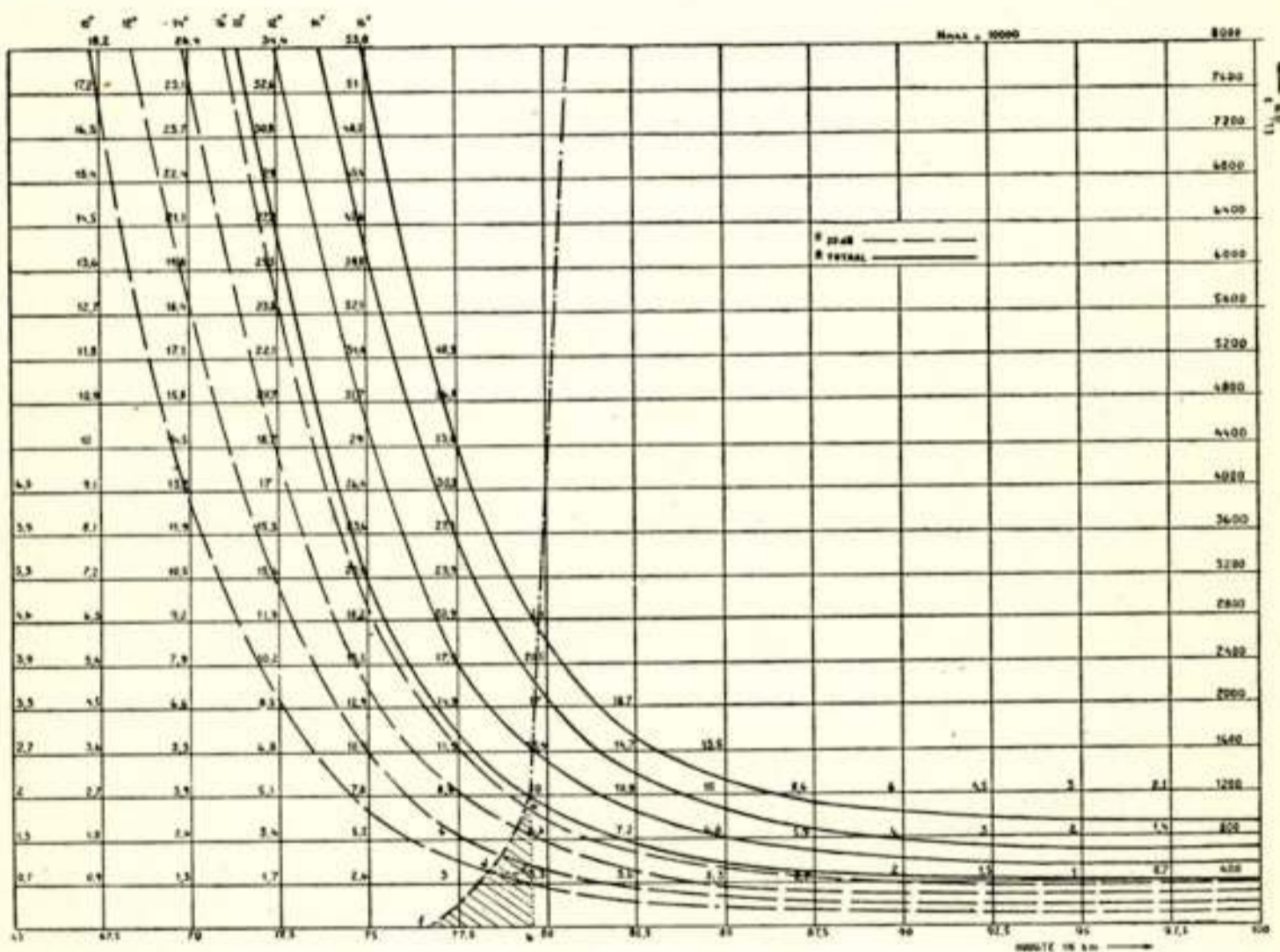


Fig. 3.

geeft dan ziet men dat de absorptie steeds groter wordt naarmate de hoogte afneemt.

De streep-punt lijn geeft een willekeurig aangenomen distributie aan. Aangenomen wordt dat voor 10^0 opstraalhoek op 79,7 km hoogte totale reflectie optreedt. Het hiervoor benodigde aantal electronen is 1200 electronen/ cm^3 (aangegeven door ab). De laagdikte waarin de reflectie zich afspeelt is cd . De verliezen bij het doorlopen van de laag van f tot b worden gegeven door de oppervlakte van de figuur afb . De waarde geldt echter voor loodrechte inval. In ons geval werd deze waarde vermenigvuldigd met $\sec 10^0$. Aangezien de straal dit gebied tweemaal doorloopt kan men de verliezen bij benadering gelijk stellen

aan de oppervlakte van een rechthoek met zijden ab en fb en deze vermenigvuldigen met $\sec \psi$.

De aandacht wordt er op gevestigd dat voor de waarden van tabel 2 de vermenigvuldiging met $\sec \psi$ reeds plaats vond. De beschouwde laagdikte was daar echter 1 km.

Ten aanzien van het bovenstaande tenslotte nog twee opmerkingen.

Wij hebben beschouwd het geval van vitrueuse reflectie. Dit is toegestaan indien de geleidingsstroom te verwaarlozen is t.o.v. de verplaatsingsstroom. Aan deze voorwaarde is voldaan indien $\frac{\sigma}{f} \ll \frac{\epsilon}{2}$. Door in deze uitdrukking de hierboven gegeven waarde voor σ in te voeren, vindt men voor deze conditie

$$\frac{1 - \epsilon}{\epsilon} \ll \frac{\omega}{\nu} \quad (8)$$

Het is dus voor iedere te gebruiken waarde dadelijk te overzien of deze werkwijze toelaatbaar is.

Voor de waarden van ν is het boek van Terman gebruikt. Het is bekend, dat andere waarden de laatste tijd voor ν in gebruik zijn. In verband met het grote aantal berekeningen dat in een vroegere periode werd uitgevoerd leek het voor onze kwalitatieve berekeningen niet nodig dit werk over te doen. Het spreekt vanzelf dat indien nauwkeuriger metingen gedaan zouden moeten worden of een waarde van ν toepassing zou vinden waarvan met een redelijke zekerheid verwacht kan worden, dat deze permanent zouden zijn, de nodige correcties uitgevoerd zouden worden.

Tot nu toe is een uiteenzetting gegeven van de invloed die de electronendichtheid op verschillende hoogte op de reflectie en de absorptie heeft. Teneinde deze aangelegenheid verder met vrucht te kunnen bespreken moet nog iets gezegd worden over de distributie van de electronen als functie van de hoogte. Professor [Elias heeft hierover in 1926 reeds succesvolle berekeningen uitgevoerd, welke gepubliceerd zijn in het tijdschrift van het Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap Deel III, no 1, Maart 1926. In dit artikel heeft prof. Elias de eigenschappen van de reflecterende lagen in de ionosfeer op theoretische grondlagen afgeleid en de invloed hiervan op de voortplanting van radiogolven op juiste wijze verklaard, op een tijdstip dat hiervan op grond van directe waarnemingen nog weinig

bekend was. Later heeft Chapman soortgelijke berekeningen uitgevoerd en de resultaten hiervan in overzichtelijke grafieken vastgelegd, welke men kan vinden in de „Proceedings of the Physical Society” van 1931. De vorm waarin hij zijn resultaten heeft ingekleed maakt het eenvoudig toestanden, waarvan men zich een voorstelling wil vormen, te berekenen. Diepgaande en meer moderde theoretiische beschouwingen betreffende de samenstelling van de ionosfeer vindt men in het proefschrift van Jhr Dr Ir C. T. F. v. d. Wyck. „Uitbreiding van electromagnetische golven in een medium met veranderlijke eigenschappen bij inachtneming van een magnetischveld” en in het reeds hiervoor genoemde boek van Dr H. Bremmer.

Voor de reflectie van de middengolven gedurende de door ons beschouwde periode van de dag zullen wij slechts de ionisatie toestand van de atmosfeer tengevolge van de ultra-violette straling van de zon beschouwen en twee invloeden bespreken, nl. de wijze waarop de electronen ontstaan en de wijze waarop zij verdwijnen. De gecombineerde werking van deze twee invloeden bepaalt de hoeveelheid electronen die op een zeker ogenblik aanwezig is.

Men neemt aan dat de productie van ionen per cm^3 en per seconde op een zekere hoogte boven het aardoppervlak bepaald is door de zenith-afstand van de zon. Dit is zeer wel verklaarbaar, want hoe hoger de zon aan de hemel staat, hoe korter de weg is die de stralen door de atmosfeer hebben afgelegd en hoe minder energie dus is geabsorbeerd. Het complement van de zenith-afstand — dat is voor een plaats op het aardoppervlak de hoogte van de zon boven de kim — is met behulp van zeevaartkundige tafels op eenvoudige wijze te berekenen als functie van de breedte van de waarnemingsplaats, declinatie van de zon en het tijdstip waarop de waarneming plaats vindt. Aan de hand van de uitdrukkingen van Chapman is in fig. 4 het verloop van de ionenproductie per seconde voor waarden van de zenith-afstand van de zon van 45^0 , 80^0 en 85^0 voor verschillende afstanden boven het aardoppervlak getekend. De horizontale schaal geeft aan de afstand waarvoor de gasdichtheid met een waarde $1/e$ afneemt. Deze afstand hangt o.a. van de absolute temperatuur van het gas ter plaatse af; de in de literatuur opgegeven waarden variëren van 7,7 tot 15 km terwijl de gegevens van Terman zelfs op een waarde van 6,7 km. zouden wijzen.

De nulwaarde komt overeen met de hoogte waarop aan de

equator 's middags op 21 Maart en 21 September de ionenproductie een maximum is. Deze waarde is als 100% aangenomen. Men ziet dat voor een zenith-afstand van 45° de ionenproductie 70% van die op de middag bedraagt; de hoogte van het maximum is slechts 0,3 verdeling of circa 2 à 4 km groter geworden. Voor 80° is de maximum productie slechts 18% en deze vindt plaats op een niveau dat 1,7 bedraagt of afhankelijk van de waarde van 12 tot 25 km hoger ligt. Tussen een zenith-afstand van 80° en 85° bestaat een verschil in hoogte van de laag van 7 à 14 km.

Beschouwt men de toestand in Maart aan de equator dan bevindt zich de zon te 3 uur in de toestand van 45° , te 5.20 uur in die van 80° en te 5.40 uur in die van 85° . Men ziet dus dat de laag tegen zonsondergang snel omhoog trekt.

De electronen verdwijnen doordat deze zich weder verenigen met de positieve ionen (recombinatie) of zich hechten aan neutrale moleculen of atomen (aanhechting). Aangezien men voor de berekeningen aanneemt dat de electronen, speciaal op lagere hoogte, zich niet noemenswaard uit het gebied verwijderen waar zij zijn ontstaan, mag men dus evenveel positieve ionen als electronen en negatieve ionen tesamen per ruimte-eenheid aanwezig achten. Wij noemen de verhouding van het aantal electronen tot negatieve ionen λ . De kans dat een electron zich aan een bepaald positief ion hecht is dus evenredig met het aantal electronen dat wij n noemen. Aangezien er $(1 + \lambda)n$ positieve ionen zijn is de kans voor recombinatie $\beta' (1 + \lambda)n^2$, waarbij wij aannemen dat β' een constante waarde heeft en dit op een constante hoogte ook van λ het geval is.¹⁾

Voor aanhechting gelden dezelfde overwegingen alleen betreft het hier een aantal moleculen c.q. atomen waaraan de aanhechting plaats vindt. Men vindt hier dus een aantal electronen dat per seconde verdwijnt bepaald door de uitdrukking $a' N \cdot n$, waarin N het aantal moleculen per cm^3 aangeeft.

In het algemeen is de verandering van het aantal electronen bepaald door het aantal I dat door de ultra violette straling wordt toegevoerd en het aantal door aanhechting en recomb-

¹⁾ Deze aanname is ook gedaan in no. 136, Notes Préliminaires du Laboratoire national des Radio-electricité: „Sur la formation des courtes oniseés, methode graphique d'analyse des résultats experimentaux, application à la couche F2" par D. Lepechinsky.

natie verdwijnt. Dit aantal wordt met inachtneming van de bovengenoemde veronderstelling.

$$\frac{dn}{dt} = I - \alpha n - \beta n^2$$

in welke uitdrukking $\alpha = \alpha' N$ en $\beta = (1 + \lambda) \beta'$ en welke geldt om een bepaalde hoogte. I kan voor elk tijdstip als functie van de zenith-afstand worden berekend op analoge wijze als voor de krommen in fig. 4 is geschied. Deze zenith-afstand is afhankelijk van de tijd zoals hier boven is medegedeeld. De invoering van de directe afhankelijkheid I van de tijd in bovenstaande differentiaal-verge-

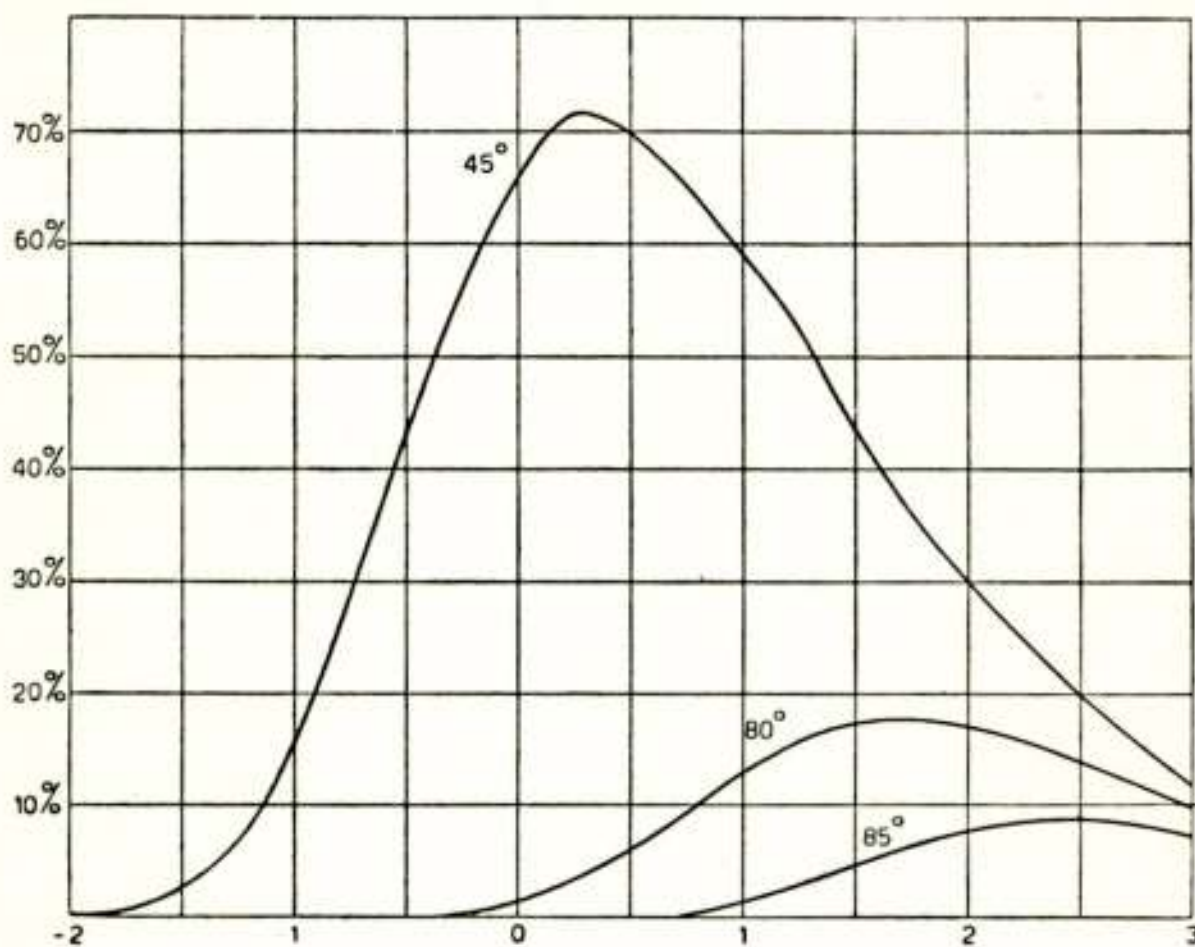


Fig. 4.

lijking laat geen oplossing in eenvoudige en bekende functies toe. Voor het oplossen van de differentiaal-vergelijking d.w.z. het bepalen van n op een bepaald ogenblik t , hebben wij hierom een benaderingsmethode toegepast, die hierin bestaat, dat I voor verschillende tijdstippen berekend is, voor tussenwaarden lineair is geïnterpelleerd en deze waarden aan het begin van iedere seconde is toegevoegd aan de reeds aanwezige hoeveelheid electronen. Deze hoeveelheid wordt dan 1 seconde aan zichzelf overgelaten en daarna herhaalt zich hetzelfde proces. Neemt men aan dat een lading n gedurende een zekere tijd aan zichzelf is overgelaten, dan gaat vergelijking (8) over in:

$$\frac{dn}{dt} + \alpha n + \beta n^2 = 0 \quad (9)$$

Delende door n_0 , het aantal electronen per cm^3 op het moment

$t = 0$, vindt men de verhouding $p = \frac{n}{n_0}$, dat is het deel van het aantal electronen dat na t seconde over is

$$\frac{dp}{dt} + ap + \beta n_0 p^2 = 0 \quad (10)$$

Deze vergelijking is op te lossen door splitsing in partiële breuken. De integratie constante bepaalt men door aan te nemen dat voor $t = 0$ de waarde van $p = 1$.

De oplossing wordt

$$p_t = \frac{e^{-at}}{1 + n_0 \beta \frac{1 - e^{-at}}{a}} \quad (11)$$

Voor zeer kleine waarden van a en at , nadert de breuk in de noemer tot de waarde t (regel van 'l Hôpital). Als $\frac{1 - e^{-at}}{a} = t$ is ook $e^{-at} = 1 - at$ zodat de uitdrukking dan geschreven kan worden als

$$p_t = \frac{1 - at}{1 + n_0 \beta t} \quad (12)$$

Wij weten nu, dat a kleiner wordt naarmate het toenemen van de hoogte, omdat N afneemt. Daarentegen wordt $n_0 \beta$ groter met het toenemen van de hoogte. Wij zien hieruit dat algemeen gesproken een overheersing van het aanhechtingsproces ($a \gg \beta$) tot gevolg zal hebben een vlugger afname van de electronendichtheid op lager hoogte en een overheersing van de recombinitie ($\beta \gg a$) het tegengestelde zal veroorzaken. Krommen die het verloop van n als functie van de zenith afstand o.a. voor de drie genoemde waarden van 45° , 80° en 85° aan de equator aangeven zijn in fig. 5 aangegeven voor het geval $a = 0$, en $a = \beta n^1$), welke laatste gelijkheid is aangenomen voor de abcis 0 uit fig. 5.

¹⁾ De krommen die slechts dienen om een algemeen inzicht te geven zijn getekend voor de equator om het toch al omslachtige werk tot een minimum te beperken. Voor verschillende breedten en verschillende declinaties van de zon wordt de gemaakte veronderstelling thans meer uitgebreid onderzocht.

Indien de aanhechting overweegt wordt de gradient van de electronendichtheid aan de onderkant van de laag steiler en daardoor de verliezen geringer. In dit geval is het mogelijk dat enige tijd voor zonsondergang reflecties optreden, hetgeen volgens de krommen waarbij de recombinitie overweegt niet wel mogelijk is. De krommen gelden evenals die van fig. 4 voor Maart/September aan de equator.

Een andere belangrijke conclusie is nog te trekken. Wij nemen aan dat voor een bepaalde opstralingshoek en voor totale reflectie een hoeveelheid electronen bc nodig is. De lijn abc geeft de electronendichtheid aan als functie van de hoogte; het oppervlak abp is dan een maat voor de verliezen, zoals boven besproken. Beschouwen wij dezelfde toestand maar voor een maximum waarde, welke de helft is van de vorige, dan geeft de streep-punt lijn de distributie weer. (Deze toestand kan gelden voor een ander aantal zonnevlekken). Indien een zelfde hoeveelheid electronen voor totale reflectie nodig is, is in dit geval het verlies bepaald door het oppervlak van de figuur adq , welk oppervlak groter is dan dat van abp .

Wij weten uit fig. 3 dat op een grote hoogte minder electronen nodig zijn voor een bepaalde reflectie. Stelt men dus in fig. 5 een lijndeel van de krommen, getekend voor gelijke hoek van inval en totale reflectie uit fig. 3 voor dan zal in werkelijkheid het oppervlak afr een maat voor de verliezen zijn en dit oppervlak nadert meer tot dat van abp . De verhouding van het oppervlak abp tot dat van afg wordt bepaald door de grootte van de hoek ζ d.w.z. de helling van de krommen uit fig. 3 in een bepaald punt. Voor het linker deel van de figuur 3 zal de verhouding van de oppervlakken der driehoeken gunstig zijn; in het rechterdeel ongunstig. In het laatste geval is de absolute waarde van de absorptie echter zeer klein geworden en wordt ook de „gewichtsfactor” die per oppervlakte-eenheid van de verliezen moet worden toegekend zeer klein. Een maximum voor de verliezen treedt op in de buurt van 82,5 km waar deze gewichtsfactor een maximum is.

Bij het hierboven behandelde geval is een gelijkvormige electronendistributie aangenomen. Ook voor de verschillende seizoenen zal het maximum van de electronendichtheid op een dag veranderen, maar in dit geval mag niet zonder meer worden aangenomen dat de electronendistributie steeds dezelfde is. Wel zal echter het verloop van de absorptie als functie van het jaargetijde een zelfde karakter vertonen als hierboven aange-

geven. Men kan dit onderzoeken door krommen als in fig. 3 op doorschijnend papier getekend over krommen als weergegeven in fig. 5 — en geldende voor verschillende maanden — te leggen.

In tabel III zijn waarden opgegeven zoals deze uit de door ons gedane metingen voor de verschillende maanden van het jaar zijn berekend. Wij zien hieruit dat voor bepaalde maanden van het jaar een maximum absorptie optreedt. Dit maximum valt later naarmate de breedte lager is. Klaarblijkelijk gelden de waarden voor de verbinding Rome-Algiers uit tabel III voor de maanden Juli t/m September voor de toestand weergegeven in fig. 3 voor reflecties links van 82,5 km, die in October voor een hoogte van omstreeks 82,5 en die in November en December voor het

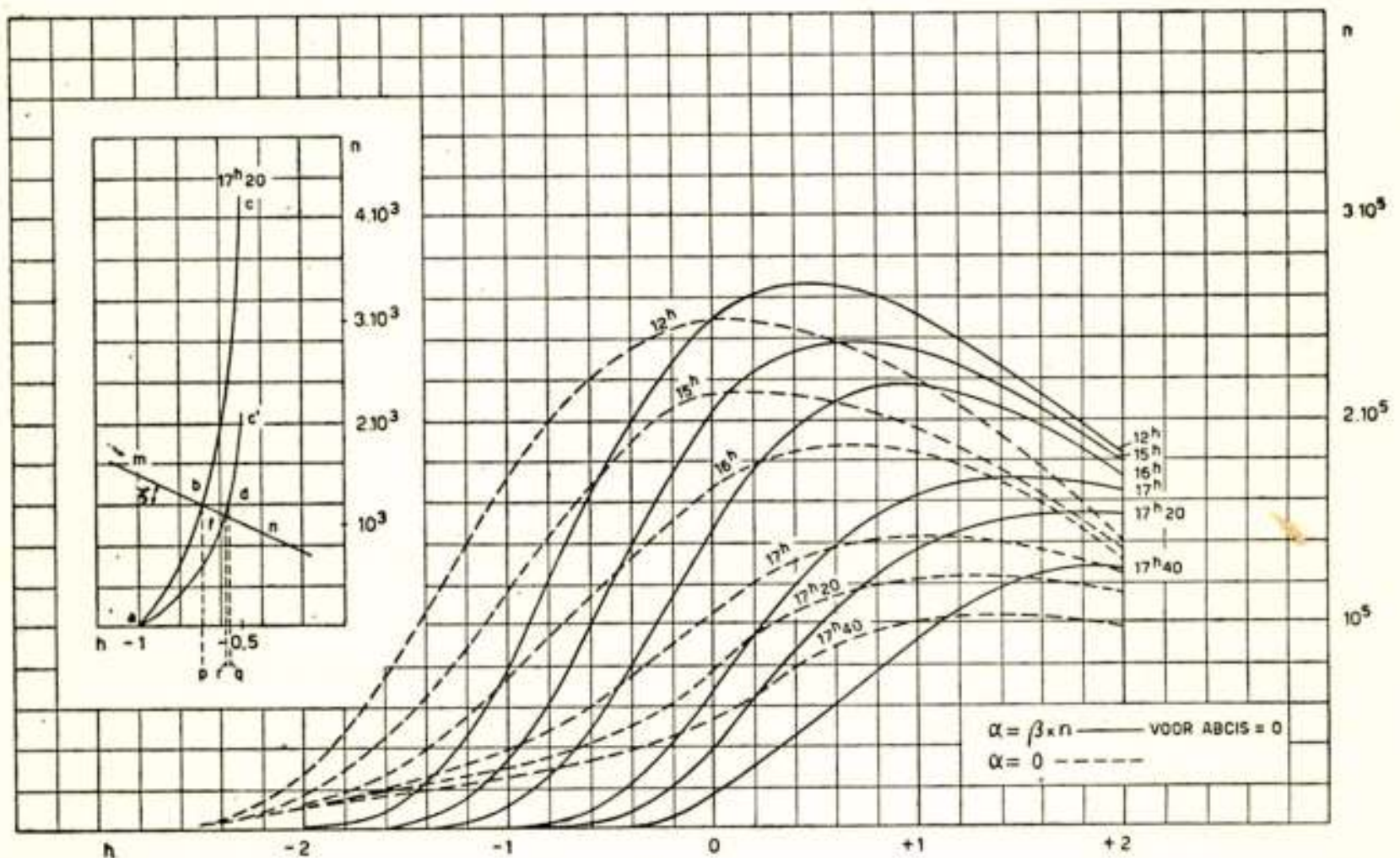


Fig. 5.

rechterdeel van de kromme. Voor de hieronder te bespreken gevallen zullen wij dit de toestanden *A*, *B* en *C* noemen.

Wij zullen het vorenstaande nu aan de hand van gedane metingen bespreken en kiezen daartoe de ontvangst te Algiers van Droitwich, Rennes en Pau. Voor Droitwich op een afstand van 1800 km, een vermogen van 60 kW en een frequentie van 1013 kc/s is de opstraalhoek bij het treffen van een reflecterende laag op een hoogte van 80 km 9° . Voor totale reflectie is een aantal electronen van $1000/\text{cm}^3$ nodig. Een doorlopen laagdikte van circa 500 meter komt overeen met een absorptie van ongeveer 10 db. Deze enkele reflectie treedt op een breedte van circa 44° op.

TABEL III.

Waarnemingen van verliezen in de ionosfeer tijdens het tijdstip van zonsondergang.

Afstand in km	frequentie in kc/s	zender	ontvanger	breedtepunt v. refl. ionosf.	verliezen bij reflectie op ionosfeer in db					
					Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1100	749	Leningrad	Oslo	60 ⁰	-∞	-∞	-28	-21	-13	
1600	832	Moskou	Oslo	58 ⁰	-20	-∞	-18	-13	-4	-1
900	1176	Kopenhagen	Helsinki	58 ⁰	-8	-12	-18	-10	-9	-4
900	758	Warschau	Helsinki	56 ⁰	-20	-23	-26	-12	-5	-4
650	630	Praag	Hilleröd	53 ⁰	-9	-11	-30	-4	0	-4
600	740	Munchen	Brussel	49 ⁰	-22	-22	-28			
700	677	Sottens	Vatican	44 ⁰		-22	-24	-20	-8	-4
1200	941	Algiers	Chattennay	42 ⁰	-7	-9	-18	-17		
1300	1040	Rennes	Algiers	42 ⁰	-13	-13	-∞	-∞	-20	-5
1000	713	Rome	Algiers	39 ⁰	-8	-8	-8	-22	-2	0

Voor Rennes is de afstand 1300 km overeenkomende met een opstralingshoek van 10⁰ voor een zelfde reflectiehoogte als hierboven. Zendvermogen is 20 kW en de frequentie 1040 kc/s. De verliezen zijn slechts weinig groter.

Voor Pau op een afstand van 800 km werd de opstralingshoek 12⁰, het vermogen is 20 kW en de frequentie 968 kc/s. De vereiste electronendichtheid is 1500 kc/s; de verliezen bedragen omstreeks 18 db. Hierbij is aangenomen een dikte van de doorlopen laag van 750 meter.

De uit de directe metingen nagerekende waarden van de

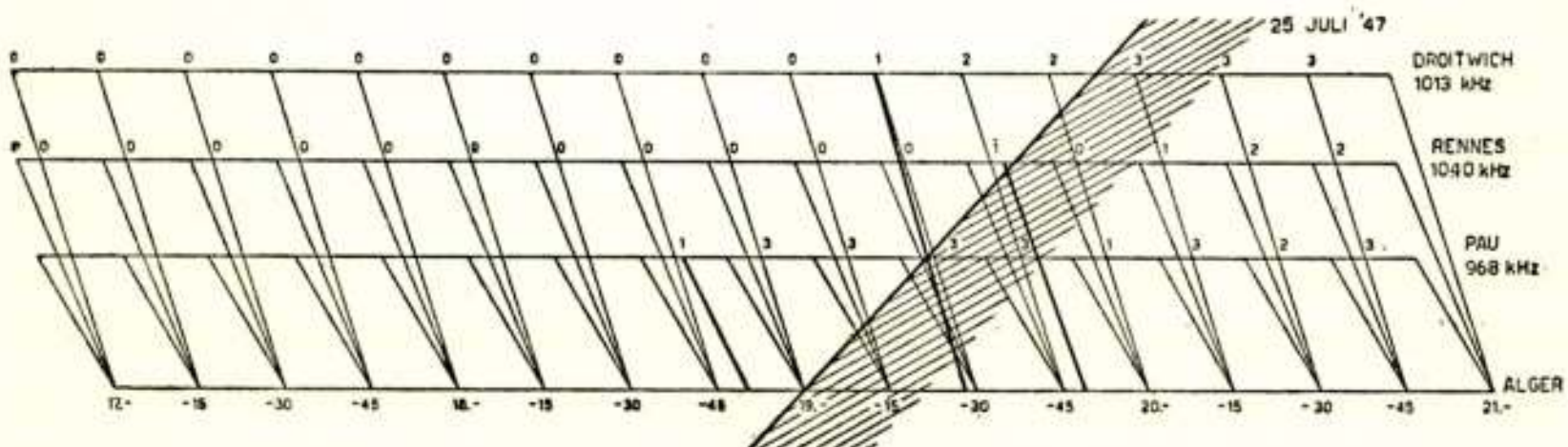


Fig. 6a.

absorptie voor de maanden Juli en Augustus bleken voor deze drie stations niet veel uiteen te lopen en bedroegen voor één sprong 12, 13 en 17 *db*. Ook spreiding van de tijdstippen van eerste ontvangst te Algiers was zeer gering. Fig. 6a is een getrouwe afbeelding van de situatie zoals zij gedurende deze maanden steeds is waargenomen. De dik getrokken lijnen geven aan wanneer het station het eerst is gehoord. Na medio September verandert de figuur. Omstreeks het midden van deze maand is de zenithafstand van de zon zoveel groter geworden en heeft de electronenproductie op zoveel groter hoogte plaats, dat de reflectie op 48° NB omstreeks de tijd van zonsondergang overeenkomt met toestand *C*; dit stemt dus overeen met hetgeen vroeger over het maximum van de electronendichtheid als functie van de zenithafstand van de zon en de hoogte waarop deze maxima plaats vinden is gezegd. Volgens de kaart blijkt

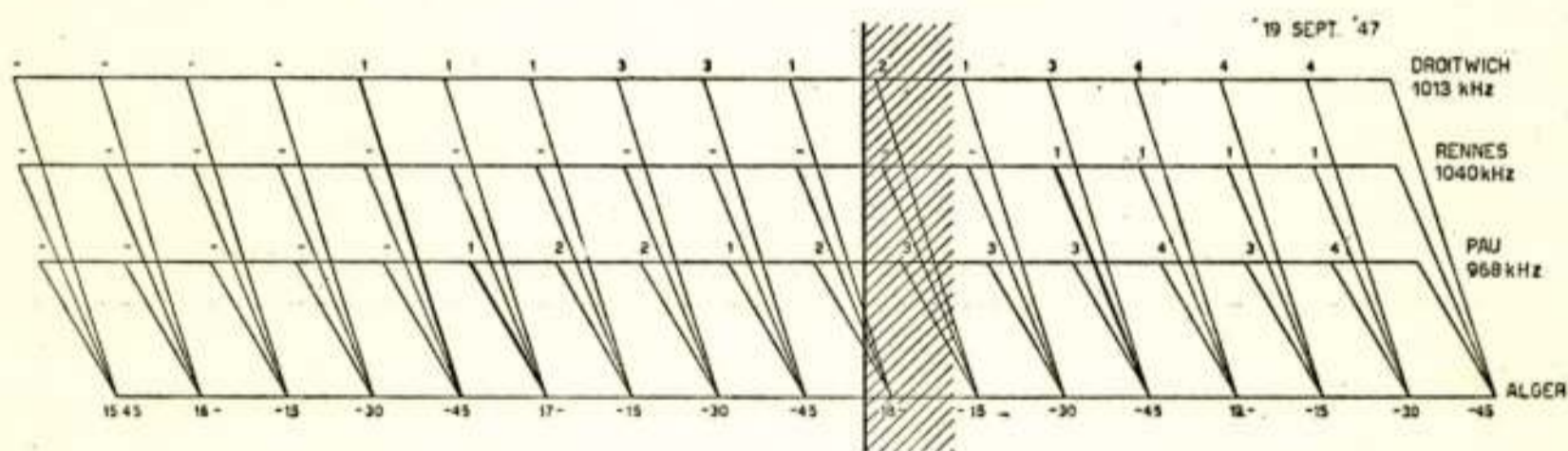


Fig. 6b.

dat dit voor Droitwich het punt is waar voor het geval van dubbele reflectie de eerste weerkaatsing op de ionosfeer plaats vindt. Geeft deze reflectie weinig absorptie en treden ook bij de daarop volgende reflectie op aarde weinig verliezen op, dan kan de golf van het met een kruisje in fig. 1 aangetekende punt, zijn weg voldoende krachtig vervolgen. Het bedoelde punt ligt in een vlak terrein nabij Bordeaux en niet ver van Pau verwijderd. Pau en Droitwich komen hierna een tweetal maanden gelijktijdig door. Toestand *B* bestaat op een paar graden Zuidelijker breedte en hierdoor worden de verliezen voor Rennes voor een enkele sprong groter en komt dit station later door. Deze toestand heeft zich voor Droitwich ook voor gedaan maar door de grote afstand (450 km; breedteverschil ongeveer 4°) waardoor de punten op de ionosfeer voor enkele en dubbele reflectie voldoende ver uit elkaar liggen, is de ene voortplantingswijze geleidelijk in de andere overgegaan. De fig. 6b geeft

het beeld weer, dat gedurende ongeveer twee maanden de ontvangst te Algiers weergeeft. In de ontvangst van Pau is nog niet veel verandering opgetreden; Rennes blijft nog achter. Men zou nu verwachten, dat Rennes na enige tijd het voorbeeld

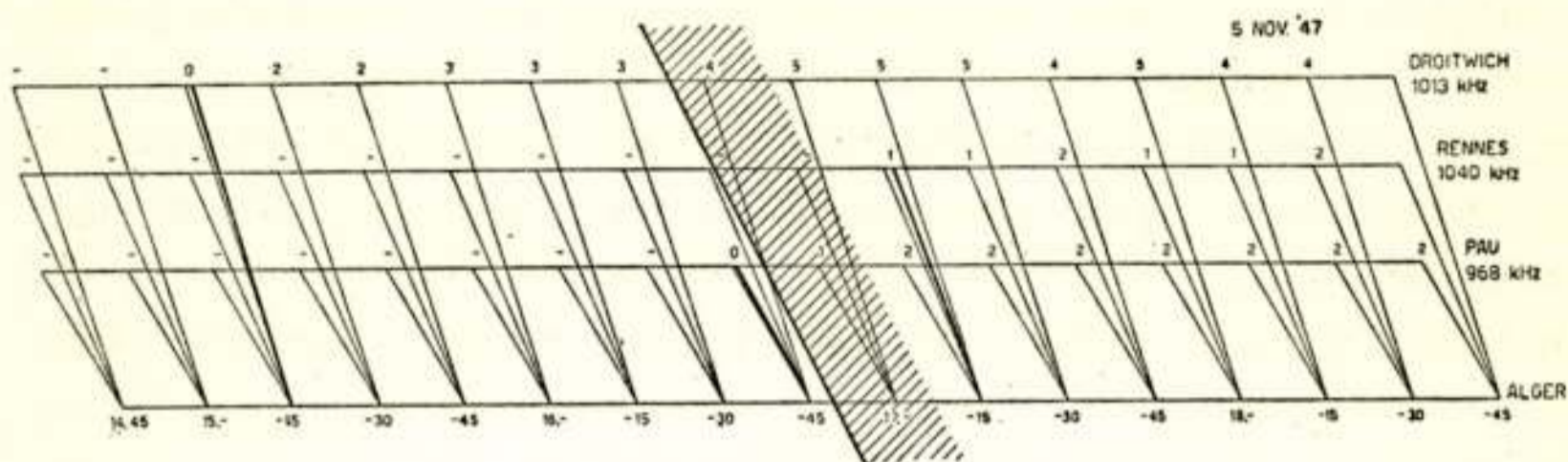


Fig. 6c.

van Droitwich zou volgen en ook gelijktijdig met beide andere zou doorkomen. Dit gebeurt echter niet, want het aardse reflectiepunt van Rennes ligt in de Pyreneeën en blijkbaar wordt de energie zo willekeurig gereflecteerd, dat heel weinig in de gewenste richting doorkomt.

In de eerste helft van November schijnt de hoogte van de laag zo hoog te zijn opgetrokken, dat ook op 44° omstreeks de tijd van zonsondergang toestand *C* is ingetreden. Hieruit volgt dan ook een directe reflectie van Droitwich en dit station komt vervolgens aanzienlijk eerder dan Pau door, terwijl Rennes steeds meer achter blijft, fig. 6c. Onderwijl zijn ook voor Pau

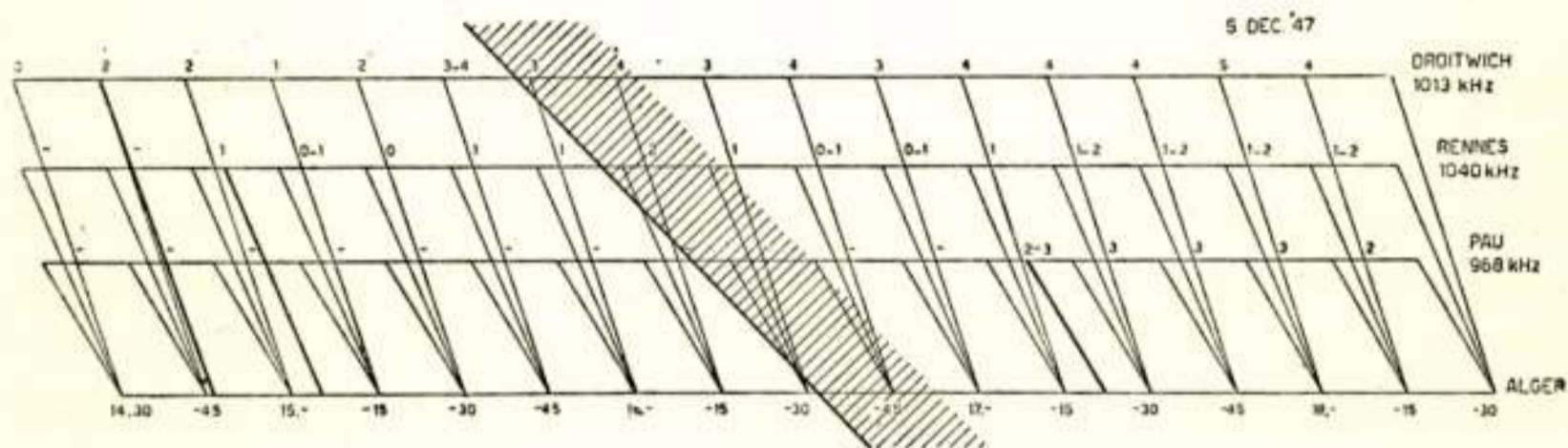


Fig. 6d.

de omstandigheden slechter geworden, d.w.z. op 40° breedte vindt de reflectie plaats onder omstandigheden die toestand *B* naderen; Rennes blijft nog steeds ver achter.

Ongeveer een maand later is echter de situatie ten gunste van Rennes gewijzigd. In deze maand is nl. de reflecterende

laag van de ionosfeer op nog Zuidelijker breedte zoveel gestegen, dat thans transmissie met één sprong mogelijk is; toestand C is ingetreden. Het gevolg is dat in de maand December de stations Droitwich en Rennes samen vroegtijdig doorkomen (fig. 6d).

Het bovenstaande samenvattende kan men dus zeggen, dat voor het beschouwde half jaar en voor de genoemde opstraalhoeken tot de maand September op een breedte van 44° reflectie beneden de laag van maximum absorptie optreedt en dat na die datum op 48° NB reflectie boven die laag plaats vindt. Gedurende het verdere verloop van de herfst en winter ver-

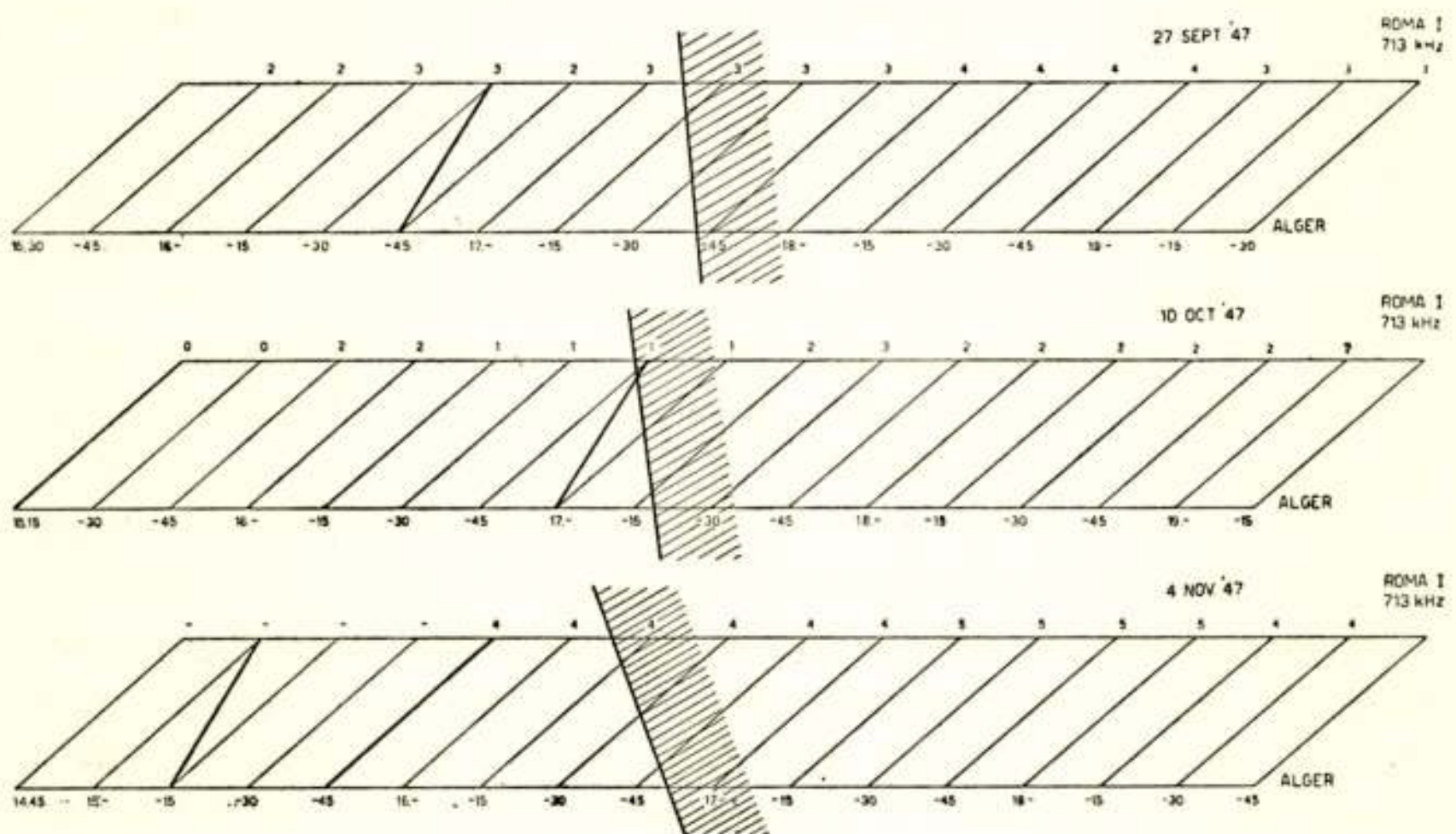


Fig. 7.

plaatst hetzelfde beeld zich geleidelijk om de Zuid. In hoeverre het mogelijk is onze conclusies nog verder uit te breiden zal thans nagegaan worden.

Het zou aangewezen zijn de situatie op Zuidelijke breedte aan de hand van Pau nauwkeuriger na te gaan. Doordat het vermogen van de zender van dit station klein is en bovendien de opstraalhoek van de ionosfeer groot is, waardoor betrekkelijk grote verliezen optreden is de ontvangststerkte te Algiers gering, waardoor variaties moeilijk zijn waar te nemen. Bovendien zijn de waarnemingen vertroebeld, doordat de uitzendingen in de maand November later begonnen en dus vele waarnemingen uitvielen. Het lijkt hierom beter dit onderzoek aan de ontvangst van Rome te Algiers te doen, waarvoor het breedteverschil hetzelfde is.

Het blijkt, dat Rome tot eind Sept. tijdens zonsondergang krachtig te Algiers werd ontvangen (fig. 7a) In Oct. treedt echter een zeer sterke inzinking op. De ontvangst gedurende deze periode heeft een duidelijk kenmerk, dat steeds tijdens de overgang van toestand *A* naar *C* wordt waargenomen (fig. 7b). Eerst wordt zwak ontvangen; de ontvangst loopt daarna weer terug en komt vervolgens weer krachtiger door. De verklaring van dit verschijnsel zullen wij hier voor een bepaalde dag geven. Wij beschrijven dus een ontwikkeling die voor een tijdsverloop van minuten geldt en niet voor de seizoenen. De verliezen worden bepaald door het oppervlak van een figuur die tot een rechthoekige driehoek nadert en waarvan de top op één van de krommen van fig. 3 ligt. Bevindt het zwaartepunt van de figuur zich op de verticale lijn voor 82,5 km dan is de gewichtsfactor het grootst. Verandert het oppervlak van de figuur langzaam dan treedt hier dus een maximumverlies op en kunnen hogere waarden van de veldsterkte er voor en er na verwacht worden.

De berekening van de verliezen in de ionosfeer voor tabel III is op de volgende wijze geschied. Kleine afstanden zijn gekozen, zodat met een enkele reflectie kan worden gerekend.

Voor kortere afstanden worden de opstraalhoeken van de ionosfeer zo groot tengevolge van de grotere laagdikte die moet worden doorlopen, alvorens totale reflectie optreedt, dat de bijdrage van een dubbele reflectie verwaarloosd kan worden. Rennes vormt een grensgeval, maar hier treedt de invloed van de Pyreneeën op, die dubbele reflectie onmogelijk maakt. Voor Moskou was het breedteverschil zeer klein. Men heeft hier dus de keus voor een reflectie op een ionosfeer welke voor enkele en dubbele reflectie in dezelfde toestand verkeert en waarvoor de verliezen groot zijn. In dit geval is dus ook de enkele in het voordeel, temeer daar de omstandigheden van de toestand van de aarde bij zender en ontvanger gunstig zijn.

Uitgaande van het uitgestraalde vermogen van de antenne — uitdrukking (1) — is het nu mogelijk de veldsterkte op 1 km afstand voor een bepaald station uit te rekenen. Het verhoudingsgetal tussen de veldsterkte met die uit de waarneming met het oor, geeft ons een zeker aantal *db*, dat de waargenomen waarde lager is en welke een gevolg is van een verlies uitgedrukt in *db*, door de 7 oorzaken in geval van dubbele reflectie en 5 oorzaken ingeval van enkele reflectie op de ionosfeer genoemd op blz. 90. Door in het geval van enkele reflectie het aantal *db* voor de constante — of in ieder geval aan kleine veranderingen

onderhevige — invloeden af te trekken houdt men een waarde voor verliezen in de ionosfeer over. Dit zijn de waarden in vorenstaande tabel aangegeven.

Ter illustratie diene, dat voor de verbinding Rome-Algiers het vermogen van de zender 50 kW bedroeg. Hiermede komt op één km afstand een veldsterkte van circa 1000 m/Vm overeen. Het gemiddelde van de geluidsterkte over de maand September was $R = 2,6$ hetgeen overeenkomt met ongeveer 400 mV/m , d.w.z. 68 *db* lager dan 1000 mV/m . De opstaalhoeken bij zender en ontvanger bedragen afhankelijk van de hoogte van de ionosfeer 6° à 8° . Voor de gunstige terreinomstandigheden bij zender en ontvanger geeft dit voor ieder een verlies van 2 *db*, zodat in totaal voor de drie invloeden afstand, terrein bij zender en terrein bij ontvanger 60 *db* moet worden afgetrokken. Er blijft dus 8 *db* over voor verliezen in de ionosfeer. De invloed van de convergentie van het reflecterend oppervlak van de ionosfeer is verwaarloosd.

Voor alle gevallen die werden onderzocht is zowel het aantal *db* verlies berekend dat optreedt bij een enkele als dubbele reflectie. Uit de uitkomst ziet men dadelijk welke wijze van overdracht overheerst. De toestand van de bodem bij zender of ontvanger kan oorzaak van een ander verloop van de verschijnselen tengevolge van invloeden van het jaargetijde zijn. De afstand van Tunis tot Rabat is 1500 km. Bij een reflectie op 80 km hoogte behoort een opstraalhoek bij de zender, te Tunis van 3° . Trekt men in verband met de ongunstige terreinhelling te Tunis 2° van de opstraalhoek af dan krijgt men overeenkomstig tabel I verliezen van circa 22 *db*. Ook dubbele reflectie was niet mogelijk omdat het reflectiepunt op aarde in sterk geaccentueerd terrein van de Kleine Atlasbergen lag. Tot November was hierom tijdens zonsondergang te Rabat geen ontvangst mogelijk. Neemt men aan dat in de winter de reflectie op een hoogte plaats vindt die 10 à 15 km. hoger ligt — hetgeen overeenkomt met een opstraalhoek die 1° gunstiger is, dan geeft dit al dadelijk een winst van 8 *db*. Het gevolg hiervan en gunstiger omstandigheden in de ionosfeer, was dat daarna wel ontvangst te Rabat mogelijk was. Resumerende kan men zeggen dat door de verliezen in de bodem nabij de zender tengevolge van de kleinere opstraalhoek de eerste maanden de gunstiger toestand *A* niet tot zijn recht kwam.

Invloed van de grond nabij het reflectie-punt op aarde.

Uit hetgeen in het vorige is behandeld bleek al dadelijk de grote invloed van de gesteldheid van het aardoppervlak op de plaats waar de van de ionosfeer terugkerende straal wordt gereflecteerd. Vergelijking van de voortplantingsverschijnselen van Droitwich en Rennes, beide ontvangen te Algiers, werden hier genoemd. Het is speciaal het optreden van willekeurige hellingen, waarvan de afmetingen van de orde van grootte of enige malen groter dan de golflengte zijn, die hiertoe aanleiding geven. Voor Rennes waren dit de Pyreneeën. In alle andere gevallen waarbij aangenomen moest worden dat de tweemaal gereflecteerde 'golf' belangrijk voor de transmissie was, is deze invloed duidelijk naar voren gekomen.

Een beeld zoals voor de verhouding Droitwich, Rennes en Pau met Algiers werd behandeld, toont veel overeenkomst met die van Moorside-Edge (1700 km afstand, 100 kW zendvermogen, 660 *kc/s*), Brussel (1200 km., 20 kW, 620 *kc/s*) en Sottens (700 km, 100 kW en 677 *kc/s*) met Cité du Vatican. De ontvangst was hier zeer veel slechter. Moorside-Edge is bijvoorbeeld geen enkele maal gedurende deze periode tijdens zonsondergang ontvangen, terwijl dit voor Droitwich te Algiers na September geregeld het geval was. De verklaring hiervoor is de volgende. De afstand van Moorside-Edge was 1700 km, hetgeen opstraalhoeken voor 80 km ionosfeerhoogte van 1° en 2° voor 100 km betekent. Aangezien zich ten Noorden en Noordwesten van Rome heuvels bevinden betekent dit voor ontvangst zeer slecht zal zijn. Voor twee sprongen (opstraalhoeken 8° resp. 10°) ligt het reflectiepunt op aarde in de Franse Jura, hetgeen dus ook zeer ongunstig is. Ook voor Brussel is de ontvangst minder goed, hoewel deze in de latere helft van het jaar beter wordt, hetgeen zeer wel te verklaren is aan de hand van de gunstiger omstandigheden in de ionosfeer. (Opgemerkt wordt nog dat in Oostelijke richting, van waaruit Belgrado en Simfecopol werden waargenomen, de ontvangst normaal was. Ten Oosten van Rome is het terrein vlak en ook de reflectie op aarde was gunstiger).

Wij noemden reeds het hierboven behandelde geval van de ontvangst van Marokko te Oslo waar de reflectie op aarde ook onder gunstige omstandigheden plaats vond. Wegens de grote afstand is hier slechts een verbinding met twee sprongen mogelijk.

Ook de ontvangst van Palermo (12 kW, afstand 1650 km) en Florence (100 kW, 1100 km.), te Warschau en Posen illu-

streert het bovenstaande. Voor Florence mag in dit geval een enkele sprong transmissie worden aangenomen, hoewel de omstandigheden bij de zender in verband met de aanwezigheid van bergen in de transmissierichting niet gunstig zijn. Voor Palermo ligt het aardse reflectiepunt nabij Pola in de Adriatische Zee; voor Warschau echter in de Dinarische Alpen. Hoewel Florence $8 \times$ zo sterk is als Palermo en de afstand ongeveer $2/3$ wordt Palermo te Posen steeds voor Florence ontvangen, maar te Warschau steeds daarna.

In Malmö, Engköping (nabij Stockholm) en Lulea (geheel in het Noorden aan de Botnische Golf) werd geluisterd naar Kichinev en Rostov, welke plaatsen ongeveer op gelijke breedte liggen. Te Malmö werd Rostov op een afstand van 2000 km maar met aards reflectiepunt in een merengebied beter ontvangen dan Kichinev met reflectie in heuvelland op een afstand van 1500 km. Te Engköping was de ontvangst ongeveer gelijk. Te Lulea konden wegens de grote afstand beide stations eerst ontvangen worden toen voor ieder station de beide reflectie-punten in de ionosfer zich in toestand *C* bevonden. Dit geschiedde eind October; de toestand voor reflectie was hetzelfde voor beide stations.

De hoeveelheid materiaal die het bovenstaande bevestigt is zo groot, dat de juistheid van het vermelde als vaststaand kan worden aangenomen. Het is nog van belang op te merken, dat voor de reflectie op aarde een slecht geleidingsvermogen principieel niet ongunstig is, maar dat vlakheid van het terrein zeer belangrijk is. Een minimum in reflectie treedt op indien de hoek van inval gelijk is aan de Brewsterhoek. In het geval van opstraalhoeken die zeer klein zijn mag in geval van zeer slecht geleidingsvermogen een vitrueuse reflectie genomen worden. Voor een diëlectrische constante 4, treedt deze op bij $26^{\circ}, 6$ opstraalhoek. Voor hoeken tot circa 5° is de absorptie dan practisch te verwaarlozen. Zoet water zal onder deze omstandigheden uitstekende reflectie geven, waardoor verschil in transmissie van Rostov en Kichinev met de drie ontvangplaatsen in Zweden verklaarn konden worden.

Voor de berekening van deze reflectie-coëfficiënt kan met succes gebruik worden gemaakt van de krommen in Terman's „Radio Engineers' Handbook" uitgave 1943, blz. 700 en volgende. Duidelijk komt in deze krommen naar voren het geval waarvoor $\sigma = 0$. Deze krommen geven dus de behandeling van Fresnel voor een scheivlak tussen twee diëlectrica weer.

Toestand aarde in de nabijheid van de ontvanger.

Dit geval komt in principe overeen met dat van de aarde bij de zender. De aandacht wordt gevestigd op twee punten: *A.* Indien de samenstelling van de ionosfeer zo ijl wordt, dat niet meer aangenomen mag worden, dat de reflectie op een scherp gedefinieerde laag plaats vindt, maar dat een zône doorlopen wordt, waarin de gradiënt der reflectie-coëfficiënt kleiner is, moet met een velddraaiing rekening worden gehouden. De uitdrukking van de reflectie-coëfficiënt voor verticale polarisatie gaat dan gedeeltelijk (of geheel) over in die voor horizontale polarisatie. Men vindt deze door in uitdrukking (2) de tangens te vervangen door de sinus.

Wij hebben redenen gevonden om aan te nemen, dat op zeer hoge breedte in enkele gevallen met een zeer ijle ionosfeer rekening moet worden gehouden, maar de onnauwkeurigheid van onze waarnemingen heeft het niet nodig gemaakt met numerieke waarde voor een eventuele horizontale polarisatie rekening te houden.

B. Als regel worden — althans geldt dit voor de omroep — de plaatsen voor zenders met meer zorg uitgezocht dan voor de ontvangers. Te Brussel werd geconstateerd, dat bij de boven beschreven proeven de ontvangst te Uccle ongeveer 10 *db* sterker was dan die te Ruysbrouck. Dit bleek zijn oorzaak in de terreingesteldheid te vinden. Te Uccle was het terrein in de richting van waaruit werd ontvangen sterk en regelmatig golvend. Aan de hand van een stafkaart werd een profiel geconstrueerd en het effect van verschillende opstralhoeken nagegaan. Dit onderzoek gaf inderdaad een aanzienlijke veldversterking aan. Te Ruysbrouck bevond het ontvangstation zich aan het einde van een zwakke maar ongunstige helling en de samenvoeging van beide factoren gaf een redelijk kwalitatieve verklaring van het verschijnsel.

Convergentie-coëfficiënt.

De golven die van de ionosfeer terugkomen worden niet door een plat vlak gereflecteerd, maar door een gebogen vlak dat hol is. Bij meerdere reflecties worden de golven door de aarde teruggekaatst, welke als een bolvlak mag worden aangenomen. In het geval van een zeer kleine invalshoek op de ionosfeer kan die vermeerdering een veldsterktetoename op het aardoppervlak tengevolge hebben van ± 10 *db*. Reflectie van

de aarde geeft verzwakking, maar aangezien er altijd meer ionosferische dan aardse reflectiepunten zijn is het eindresultaat, indien men regelmatige vlakken aanneemt, altijd een positieve.

Gedurende de tijd van zonsondergang is de ionosfeer niet stabiel en de reflecterende lagen plegen omhoog te gaan. Het gevolg hiervan is een vermindering van de kromming en dus van de convergentie. De aanwending van deze coëfficiënt, die zijn grootste invloed heeft bij kleine opstraalhoeken, is dan ook met voorzichtigheid toegepast.

Wij menen met het vorenstaande te hebben aangetoond, dat met een behoorlijke voorbereiding van de proefnemingen en een juiste rangschikking van de uitkomsten van metingen, die onder ver van ideale omstandigheden zijn uitgevoerd, toch belangrijke gegevens verkregen kunnen worden. De meeste metingen waarmee men in de communicatie-aangelegenheden te maken heeft, leveren waarden op die slechts door een goede statistische behandeling tot voor de praktijk waardevolle gegevens kunnen leiden. Speciaal indien het gaat om de bestudering van nieuwe gebieden is het van het hoogste belang zoveel mogelijk van alle gegevens partij te trekken. Om deze gegevens van heterogene waarnemers met succes te kunnen gebruiken is het nodig, dat deze zoveel mogelijk op dezelfde wijze gerangschikt en beoordeeld worden, teneinde aan een gemeenschappelijk doel dienstbaar te kunnen worden gemaakt.

Op een bijeenkomst van de U. R. S. I., in September 1950 te Zürich gehouden, kwam bij de bespreking van metingen van absorptie in de ionosfeer de mogelijkheid van het invoeren van nieuwe werkmethodes naar voren. Uitdrukkelijk werd er toen op gewezen, dat de redenen wel zeer dringend zouden moeten zijn, indien al te veel van de tot toen gebruikte methodes zou worden afgeweken, omdat dan een grote kans bestaat dat de materialen die al sedert vijftien jaar op dit gebied zijn verzameld, waardeloos zouden worden. Het is dus van het hoogste belang bij het opzetten van dergelijke proefnemingen, dat zowel op nationaal gebied door verschillende diensten, als op internationaal gebied door verschillende landen, overleg wordt gepleegd, teneinde de bruikbaarheid van de gegevens zo veelzijdig mogelijk te doen zijn en de gelegenheid te hebben de resultaten van de waarnemingen van anderen in het eigen systeem te gebruiken, zonder dat dit aanleiding tot onnodig werk en vaak onoverkomelijke moeilijkheden geeft.

Discussie

Ir W. H. van Zoest: Er is uitsluitend de situatie ten tijde van zonsondergang nagegaan; is het verder in de nacht hetzelfde of weer geheel anders?

J. Houtsmuller: Het doel van de proefnemingen was een onderzoek in te stellen naar de omstandigheden waarin de dagtoestand van de propogatie overgaat in de nachttoestand. Op het midden van de dag is op middengolven geen verbinding via de ionosfeer mogelijk; 's nachts zijn als regel de absorptieverliezen zo gering, dat dit wel mogelijk is. Deze toestand was in December 1947 omstreeks zonsondergang begonnen.

Jhr Dr Ir C. Th. F. v. d. Wijck: Op welke wijze dienen in het licht van Uw beschouwingen de ontvangstcondities in de door U genoemde plaatsen overdag en des nachts te worden geïnterpreteerd?

Is de geringe ontvangst overdag een gevolg van de hoge absorptie in het omkeerpunt van de *E*-laag of is dit een gevolg van de aanwezigheid van een *D*-laag, welke wellicht een verlengstuk van de *E*-laag is?

Blijft des nachts de *E*-laag actief of gaat de reflectie over op de *F*-laag?

H.: In verband met de hoge absorptie vindt gedurende de besproken periode reflectie slechts in het onderste grensgebied van de *E*-laag plaats. Men dient te rekenen met een actieve laag van de orde van grootte van honderdtallen meters. In deze laag treden de verliezen op.

Met de toegepaste wijze van waarneming kunnen alle verschijnselen met de aanwezigheid van de *E*-laag alleen worden verklaard. Aangenomen moet hierbij worden, dat in het onderste deel van de *E*-laag eenzelfde hoeveelheid electronen per cm^3 meer verliezen veroorzaakt dan op grotere hoogte.

Systematische proefnemingen om te onderzoeken of 's nachts reflectie op *E* of *F* laag plaats vindt zijn niet gehouden. Gemeend wordt echter dat gedurende het eerste deel van de nacht voor de middengolven op *E*-laag reflectie gerekend mag worden, voor de omstandigheden van de ionosfeer zoals deze in 1947 golden.

Ir J. J. Vormer: U hebt uit waarnemingen met uiterst eenvoudige middelen conclusies getrokken omtrent de toestand van de ionosfeer. Die toestand is ook uit andere waarnemingen bekend. Is er een redelijke overeenstemming tussen beide uitkomsten?

H.: Beschreven zijn verschijnselen die zich in de alleronderste lagen van de ionosfeer afspelen. Dagelijkse metingen, die met ionosfeerpeilers gedaan worden geven waarden voor de kritische frequenties van de lagen (een maat voor de maximum electronendichtheid) en virtuele hoogten en het gaat hier dus om andere grootheden.

Aan het slot van een meer algemene discussie hierover, merkt Dr Groenewold op:

In plaats van deze waarnemingen met de ionosferische voorspellingen te vergelijken kan men ze nog beter met de metingen van de ionosfeerstations vergelijken.

In sommige gevallen zou het nuttig zijn ook aandacht te besteden aan de sporadische *E*-laag.

Dr H. J. Groenewold: Zijn er ook waarnemingen verricht bij zonsopkomst? Afgezien van technische bezwaren zou dat interessant zijn met het oog op asymmetrische effecten.

De lagen zijn horizontaal homogeen verondersteld. Het is niet zeker of dit bij zonsondergang en meer nog bij zonsopgang geoorloofd is.

H.: In Zweden zijn waarnemingen gedaan tijdens zonsopkomst, maar deze waren niet talrijk genoeg om hieruit betrouwbare conclusies te trekken.

Tijdens zonsopkomst schenen de verschijnselen wisselvalliger hetgeen daaraan toegeschreven kan worden, dat de electronendichtheid van de *E*-laag tijdens zonsopkomst veel kleiner is dan tijdens zonsondergang, zodat onregelmatigheden in de electronenproductie dan veel duidelijker naar voren komen.

Met het niet homogeen zijn van de lagen tijdens zonsondergang is in zoverre rekening gehouden, dat geen convergentie-coëfficiënt bij het uitvoeren van de verschillende berekeningen is toegepast.

Ir A. H. de Voogt: Heeft het richtdiagram van de resp. omroepzenders nog invloed op de beschouwingen?

H.: Voor de beschouwde frequenties gaat het om richtingsdiagrammen in het verticale vlak; zgn. anti-fading antennes. Voor de grote afstanden en de daarbij betrekkelijk kleine opstralhoeken leek het, mede in verband met de grove beoordelingsschaal, niet nodig hiermede rekening te houden.

Deze aangelegenheid is echter het onderwerp geweest van een speciaal onderzoek, waarbij fadingsverschijnselen werden bestudeerd en waarbij ook waarnemingen op korter afstand werden gedaan.

Jaarverslag over 1950

De eerste zitting van dit jaar, de 93e en tevens Algemene Jaarvergadering, vond plaats op 3 Februari in Utrecht. Het wetenschappelijk deel van het programma handelde over elektronische rekentoestellen. In de morgenuren besprak Ir IJ. Boxma de mathematische grondslagen, des namiddags Dr Ir L. Kosten de uitvoeringsvorm. De opkomst was groot.

Op 17 Februari werd een bijeenkomst gehouden naar aanleiding van een bezoek van Prof. Rydbeck aan ons land. Een beperkt aantal leden van het Genootschap kon nog tijdig worden uitgenodigd in het Hoofdbestuur der P.T.T. een voordracht van hem aan te horen over Ionosferic Triple Splitting.

Op de 94e zitting, gehouden te Den Haag op 19 April, sprak des ochtends Dr J. J. Zaalberg van Zelst over versterkers met constante versterking en des namiddags Dr Ir H. C. A. van Duuren over typedruktelegrafie over radio verbinding. Ook hier was de opkomst groot.

De 95e zitting werd in Utrecht gehouden op 12 Mei; sprekers waren Ir J. J. Vormer over de toepassing van piëzo-electrische kristallen, en dipl. ing. G. Guanella over Richstrahlapparaturen. Ook hier was een ruime opkomst.

De 96e zitting, die in Hilversum werd gehouden op 14 Juni, droeg een enigszins feestelijk karakter, daar het Genootschap ruim 30 jaar bestond. Het technisch gedeelte werd verzorgd door de heren van Leeuwen en Drost van de Ned. Radio-Unie; de A.V.R.O. trad op als gastvrouw. Tevens waren voor de excursie 's middags en een gezamenlijke maaltijd 's avonds ook dames uitgenodigd.

De laatste zitting in dit jaar, de 97e, vond weer plaats in Den Haag, en was gewijd aan problemen der voortplanting. Sprekers waren de heren Houtsmuller en Hauer. Ook hier was de belangstelling goed.

Samenvattend kan ook dit jaar gesproken worden van een gunstige ontvangst van de voordrachten door de leden.

Het bestuur vergaderde dit jaar drie maal. De aftredende bestuursleden Vormer en Huydts werden op de Algemene Jaarvergadering herkozen, de in 1949 gekozen nieuwe bestuursleden Alexander en Hylkema traden op 1 Januari 1950 in functie. Op de Algemene Jaarvergadering werd tevens de eerste ballotage-commissie gevormd, bestaande uit de heren Bloemsma en van der Wijck.

In September werd in Zürich het IXe congres van de U.R.S.I. gehouden. Teneinde een beter contact te verzekeren voor hen, die belang hebben bij deze internationale schakels werd in het voorjaar het Nederlands Nationaal Comité van de U.R.S.I. gereconstrueerd en uitgebreid.

Vergaderingen vóór en na het congres droegen bij tot een groter eenheid en betere taakverdeling dan bij vorige congressen. Een 7-tal mededelingen werden aangeboden, terwijl 3 Nederlanders voordrachten hielden. Een beknopt congresverslag verschijnt in het Maartnummer van ons Tijdschrift.

De omvang der examens is enigszins gedaald; het is nog niet duidelijk of hiermede een stabiel na-oorlogs niveau is bereikt. Voor het eerst werd geëxamineerd met duidelijk verzwaarde praktijk-eisen, waarvoor tijdelijk ook een uitgebreider bezetting van de examen-commissie noodzakelijk was. De organisatie liep, als in vorige jaren, voortreffelijk; het oordeel uit de commissie van Toezicht was hiermede in overeenstemming. De resultaten blijven echter onbevredigend voor wat betreft het aantal geslaagden: van de in totaal 690 kandidaten slaagden er 64 (24%) voor radiotechnicus en 140 (33%) voor radiomonteur. Wel be-

staat nu groter zekerheid, dat de geslaagden naast kennis en inzicht ook voldoende praktische vaardigheid bezitten.

Het bestuur zag dit jaar geen aanleiding een prijs toe te kennen voor een buitengewoon goede prestatie op de examens.

In de loop van het jaar werd een begin gemaakt met het onderzoek naar de mogelijkheid van erkenning van opleidingscursussen namens het N.R.G. Als gevolg hiervan werd aan twee cursussen voor radio-technicus, in Den Haag en Amsterdam, een erkenning verleend.

Tevens werd besloten tot samenwerking met de Inspectie Schriftelijk Onderwijs voor wat betreft de erkenning van schriftelijke cursussen in de radiotechniek.

Het overleg met de V.E.V. (Vereniging voor Electrotechnische Vakonderwijs) op het punt van gehele of gedeeltelijke vrijstellingen voor V.E.V.-examens, noodzakelijk voor het verkrijgen van vestigingsvergunningen, leidde tot een grote mate van overeenstemming. Op één onderdeel handhaafde het N.R.G. een afwijkend standpunt, waarvan aan het ministerie van Economische Zaken kennis gegeven werd. Intussen is nu overleg gaande, om te geraken tot in hoge mate uniforme N.R.G.- en V.E.V.-radiomonteur-examens, in de verwachting, dat daar in de toekomst mogelijk één examen uit zou kunnen groeien. Het zal echter noodzakelijk blijven het onderscheid tussen kandidaten met en zonder praktijk jaren te handhaven.

In September nam Prof. G. J. Elias, een der oprichters en oudste erelid van het Genootschap, in Delft als hoogleraar afscheid na het bereiken van de 70-jarige leeftijd. Het bestuur nam tijdig contact op met het huldigings-comité, teneinde te verzekeren, dat ook het Genootschap een waardige bijdrage in deze huldiging zou kunnen leveren. Het resultaat is geworden, dat twee normale afleveringen van het Tijdschrift werden samengevoegd tot een herdenkings-nummer, dat behalve persoonsbeschrijvingen bijdragen van leerlingen bevatte. Het Genootschap wenst van harte, dat prof. Elias, die nog regelmatig theoretisch werk publiceert, ook na zijn aftreden gedurende tal van jaren vruchtbaar werkzaam zal kunnen zijn. — Ook de overige nummers van het Tijdschrift verschenen regelmatig, behalve verslagen van gehouden voordrachten verschenen er bijdragen in van de hand van Elias en Duinker en van Vormer, Post en Oortgijzen.

Het werk aan het ontwerp-normaalblad V5026, in de Centrale Taalcommissie voor de Techniek, waarvoor de heer Bloemsma het Genootschap vertegenwoordigt, vond dit jaar een voorlopige afsluiting na het vaststellen van een nieuw ontwerp. Daarin is ernstig rekening gehouden met de binnengekomen kritiek op het vorig ontwerp.

Het contact met verwante verenigingen beperkte zich tot wederzijdse introducties op vergaderingen, overeenkomstig gemaakte afspraken.

Het aantal leden steeg van 230 tot 254, dat der donateurs tot 9.

De secretaris,
J. PIKET

U.R.S.I.

Het „Nederlandse Nationale Comité van de U.R.S.I.” sedert de reconstitutie in Februari 1950.

In het afgelopen jaar werd op 23 Februari het „Nederlandse Nationale Comité van de U.R.S.I.” (U.R.S.I.: Union Radio Scientifique Internationale) op bredere basis geconstitueerd. Voor dit tijdstip werden de U.R.S.I.-aangelegenheden uitsluitend behandeld door of via het „Nederlands Radio Genootschap”. Het „Nationale Comité” werd gevormd door het bestuur van het N.R.G., dit in tegenstelling met wat in andere landen gebruikelijk is.

Het toenemen van de werkzaamheden der diverse „Nationale Comités”, benevens het naderen van het congres te Zürich (\pm midden September 1950) maakten een andere opzet gewenst.

In de loop van 1950 is het „Comité” enige malen uitgebreid, teneinde ervoor te zorgen, dat alle belanghebbenden in Nederland, daarin zijn vertegenwoordigd.

Momenteel telt het 22 leden en is samengesteld als volgt:

Prof. ir B. D. H. Tellegen: voorzitter.

Ir M. L. Toppinga (VI, VII): secretaris, Vlake van Waalsdorp, te 's-Gravenhage, tel. 774461.

Ir J. J. Vormer (I): penningmeester, Joh. Bildersstraat 52, 's-Gravenhage, tel. 776272; giro 94746 ten name van het N.R.G.

Ir J. W. Alexander.

Ir J. Bloemsma (IV).

Dr C. J. Bouwkamp (VI).

Dr H. Bremmer (II, III).

Ir B. van Dijl (III).

Maj. H. de Fremery.

Dr H. J. Groenewold (III).

Ir A. de Haas.

Drs A. Hauer (II,IV).

J. Houtsmuller.

Dr ir J. L. H. Jonker (VII).

Prof. dr M. G. J. Minnaert (V)

Prof. dr J. H. Oort (V).

Ir J. Piket.

Prof. Dr B. van der Pol.

Dr J. F. Schouten (VI).

Prof. dr ir J. P. Schouten.

Ir A. H. de Voogt (III, V).

Jhr dr ir C. Th. F. van der Wijck (II).

De leden achter wier naam een Romeinse cijfer is geplaatst, besteden speciale aandacht aan de vakgebieden, vallend onder de overeenkomstige U.R.S.I.-commissie-nummering t.w.:

Com. I: metingen en standaardisatie.

„ II: golfvoortplanting in de troposfeer.

„ III: golfvoortplanting in de ionosfeer.

„ IV: storingen van atmosferische aard.

„ V: hemelruis.

„ VI: oscillaties en circuittheorie.

„ VII: Electronica.

Dit alles zo goed mogelijk vertaald uit de benamingen, zoals die in het Engels en Frans zijn gesteld.

Op het U.R.S.I.-congres was Nederland vertegenwoordigd door 19 personen, w.o. 15 „Comité-leden”. Delegatie-leider was de voorzitter van het „Comité”: Prof. ir B. D. H. Tellegen.

De Nederlandse bijdragen waren als volgt:

- a: 1) Een overzichtsrapport van de activiteiten in Nederland over de periode 1948—1950.
- 2) Rapporten over dezelfde periode voor de U.R.S.I.-commissies I, II, V, VI en VII.
- b: Persoonlijke bijdragen tot een getal van 8, w.o. één geïmproviseerd.
- c. Werd er deelgenomen aan voorbereidende werkzaamheden, werd zitting genomen in permanente lichamen, dan wel werd (bleef) men permanent contactpersoon of rapporteur.

Het verslag van het congres zal worden gepubliceerd in de Engelse en Franse taal en zal in de loop van 1951 verschijnen. Het is een publicatie vanwege de U.R.S.I.

Indien hiervoor belangstelling bestaat, richt men zich tot ondergetekende, met opgave in welke taal men dit wenst te ontvangen. De prijs is nog niet bekend.

Na het congres heeft het „Comité” eenmaal vergaderd, teneinde intern de resultaten van „Zürich” nog eens te bezien en een lijn uit te stippelen voor de toekomst.

ad. Com. II. De situatie is nu zodanig, dat er een *werkgroep* is gevormd, die zich bezig houdt met de *voortplanting van zeer korte radiogolven in de troposfeer*. Deze werkgroep is samengesteld uit wetenschappelijke medewerkers van Burgerluchtvaart, Defensie, Industrie, K.N.M.I., Onderwijs, P.T.T. en Verbindingsdienst van de politie.

De heer Hauer (K.N.M.I.) kan als contactpersoon worden beschouwd tussen werkgroep en Nationaal Comité.

ad. Com. III en V. Er worden *pogingen* in het werk gesteld een *werkgroep te vormen*, teneinde de problemen, samenhangend met de *zon-eclips 1952* te kunnen bestuderen. De heren Groenewold en de Voogt zijn de contactpersonen voor het Nationale Comité.

ad. Com. V. De „*Stichting Radiostraling Zon en Melkweg*”, die in 1949 tot stand kwam, verricht haar werk in *nauwe samenwerking met het „Comité”*.

Mededelingen van het „Comité” zullen telkens in het orgaan van het „Nederlands Radiogenootschap” verschijnen. Inlichtingen verband houdend met de werkzaamheden ervan, kunnen ten alle tijde worden verkregen bij de secretaris.

Namens het Bestuur van het
„Nederlands Nationale Comité van de U.R.S.I.”:
M. L. TOPPINGA, Secretaris.

Boekbespreking

Handboek der Radiotechniek, samengesteld door RENS & RENS.
Deel 2, Radiotechnische grondslagen. 511 blz., afm. 24 x 16⁵ cm.
Prijs geb. f 36.—. N.V. Uitgevers-Maatschappij Æ. E. Kluwer,
Deventer.

Handboek der Radiotechniek, deel 2, eigenlijk meer een leerboek dan een handboek, is het enige deel dat tot nu toe verschenen is van een serie van 7 delen, welke respectievelijk als titel zullen hebben:

Deel 1: a. Wis en natuurkunde. b. Electrotechnische grondslagen.

Deel 2: Radiotechnische grondslagen.

Deel 3: Ontvangers en versterkers.

Deel 4: a. Zenders. b. Antennes.

Deel 5: a. Zenders voor speciale doeleinden. b. Omroeproblemen.
c. Radiodistributie.

Deel 6: a. Televisie. b. Radar.

Deel 7: a. Meetapparaten. b. Metingen.

Een 60-tal schrijvers verleent zijn medewerking aan de totstandkoming van dit omvangrijke werk. Op de titelpagina van dl 2 komen naast de namen van de samenstellers echter alleen die van Ir Th. Weijers, Ir S. V. Kaplan en Ir J. M. van Hofweegen voor. Op een volgende pagina wordt het 10-tal medewerkers genoemd dat heeft meegewerkt aan deel 2. Niet na te gaan is, welk aandeel ieder van hen heeft gehad. Dit is in zekere zin jammer en het is niet duidelijk waarom niet bij elk hoofdstuk de naam van de schrijver wordt vermeld.

De initiatiefnemers hebben getracht een serie boeken samen te stellen, waarin de grondslagen der radiotechniek op verantwoorde wijze worden behandeld. Zij hebben zich daarbij verzekerd van de medewerking van een aantal specialisten, die elk voor zich in staat geacht kunnen worden de principiële zaken goed te behandelen. Er is voor gewaakt dat deze specialisten, die gauw geneigd zijn diep op details in te gaan, hier niet in deze fout zijn vervallen.

Het geheel maakt de indruk goed overwogen te zijn. Het niveau is aangepast aan de middelbare opleiding.

Wat de inhoud van deel 2 betreft, kan het volgende worden opgemerkt.

Het eerste hoofdstuk is gewijd aan het onderwerp Trillingen; de voorstelling van wisselstroomgrootheden door complexe getallen, een der moeilijkste begrippen voor de technicus, wordt in dit korte hoofdstuk (12 pagina's) naar mijn mening wat te oppervlakkig behandeld. Na een hoofdstukje over de Reeks van Fourier wordt in het derde hoofdstuk gesproken over gemoduleerde trillingen, n.l. amplitude- en frequentiemodulatie. Voor de technicus lijkt me hierin het betoog over de z.g. momentele frequentie misschien iets te hoog gegrepen. Het tegen elkaar afwegen van de voor- en nadelen van beide modulatiemethoden is achterwege gebleven. Hopelijk komt het nog in een volgend deel ter sprake.

In de hoofdstukken, handelende over Electriche ketens en Netwerken, krijgt de lezer ruimschoots gelegenheid kennis te maken met de toepassing van de complexe rekenwijze. Enige originaliteit op het terrein van de enkelvoudige en gekoppelde ketens kan men tegenwoordig nauwelijks meer verwachten, doch in didactisch opzicht zou er misschien toch nog iets meer te bereiken zijn geweest. Het is jammer dat de zetter op pag. 94 de letter B voor de susceptantie heeft aangezien voor een β , welke letter op dezelfde blz. ook voorkomt met een geheel

andere betekenis. Het is toe te juichen dat aan de behandeling van de bekende netwerktheorema's de nodige aandacht is besteed. In dit hoofdstuk vindt men verder een eenvoudige uiteenzetting van de theorie der lange leidingen, niet te veel en niet te weinig, hetgeen ook gezegd kan worden van de behandeling van het onderwerp „Trilholtes en Golfpijpen". Aan deze onderwerpen is juist zoveel aandacht besteed als voor de geïnteresseerde technicus nodig is. In weinig woorden is de kern van de zaak op duidelijke wijze naar voren gebracht. Na het onderwerp Overgangsverschijnselen, dat een steeds belangrijker rol gaat spelen in de Electronica, komt de transformator aan de beurt. Hier komen m.i. de vervangschema's niet voldoende tot hun recht als gevolg van een te summiere wiskundige behandeling.

Een 129 pagina's beslaand hoofdstuk over radiobuizen geeft antwoord op de meeste vragen welke de technicus zich hierover kan stellen. Een duidelijk en prettig leesbaar stuk, dat hier en daar versierd is met een wat dieper gaande mathematische behandeling. Zoals in het voorwoord wordt gezegd, kan de minder wiskundig geschoolde deze gedeelten, die met kleine letter zijn gedrukt, zonder groot bezwaar overslaan. Zo zijn b.v. de definities van de buisgrootheden met behulp van gewone differentiaalquotienten gegeven op pag. 184. Daardoor zijn de definities echter onjuist. Zo had er voor de versterkingsfactor moeten staan:

$$g = - \left(\frac{\partial V_a}{\partial V_g} \right)_{I_a} \quad \text{i.p.v.} \quad g = \left(\frac{d V_a}{d V_g} \right)_{I_a} .$$

Hoofdstuk V, dat eveneens ruim 100 pag. telt, behandelt op duidelijke wijze de versterking, waarbij zowel de conventionele versterkerschakelingen als de thans veel toegepaste anodebasis- en roosterbasisschakelingen worden behandeld. De theorie van de tegenkoppeling wordt aan de hand van eenvoudige voorbeelden uiteengezet.

In de laatste hoofdstukken vindt men de volgende onderwerpen: Detectie, zowel AM als FM, Oscillatoren, Geruis en Voortplanting van electromagnetische golven. Voor het verkrijgen van een goed begrip kan het bestuderen van deze hoofdstukken worden aanbevolen behalve aan de technicus ook aan hen die belast zijn met de opleiding voor het diploma Radiotechnicus.

Samenvattend, kan van dit boek gezegd worden dat het een aanwinst is op de lijst van Nederlandse boeken over de grondslagen der radiotechniek. Als leerboek zowel voor de M.T.S. als voor de opleiding van Radiotechnicus kan het warm worden aanbevolen; voor hen die reeds in de praktijk werkzaam zijn kan het dienen ter opfrissing en uitbreiding van hun kennis.

B.

Ontvangen Tijdschriften enz.

Journal of the Franklin Institute, Jan., Febr., 1951.

Wireless Engineer, Jan., Febr., Mrt., 1951.

Annales des Télécommunication, Tome 6, Nrs 1, 2, 1951.

Nat. Bureau of Standards, Basic Radio Predictions Mei, Juni 1951.

Nat. Bureau of Standards, Techn. News Bulletin, Dec. 1950.

Radio Revue, Febr., Maart, April, 1951.

De Ingenieur, Jrg 62 Nrs 6-16.

Octrooien

Openbaar gemaakt 15 Januari 1951.

- O.A. 133969, kl. 96g6d3. E. H. Armstrong. Schakeling voor het heruitzenden van frequentie-gemoduleerde signalen, waarbij de centrale frequentie van de heruitgezonden signalen met een klein bedrag verschilt van die van de oorspronkelijke golflengte.
- O.A. 128535, kl. 95c2. N.V. Philips. Schakeling voor het demoduleren van in frequentie gemoduleerde trillingen, waarbij een goede lineariteit tussen de frequentieuitwijking van het te demoduleren signaal en het gedemoduleerde signaal bestaat.
- O.A. 127631, kl. 95a5. N.V. Philips. Schakeling voor het in frequentie stabiliseren van een oscillator met behulp van een vergelijkingsspanning met constante frequentie.
- O.A. 129347, kl. 21a⁴⁹i1. Western Electric Co. Oscillator van het snelheidsmodulatietype voorzien van twee trilholten, waartussen een holle golfgeleider als terugkoppelweg, die alleen een hogere harmonische van de grondfrequentie van de trilholten doorlaat.
- O.A. 131291, kl. 21a⁴⁹b. Westinghouse Electric Corp. Afstembaar magnetron met een aantal anodesegmenten en een resonatorsysteem.
- O.A. 136860, kl. 97f6. The Decca Record Comp. Radionavigatiestelsel voor zich verplaatsende voorwerpen.

Openbaar gemaakt 15 Februari 1951.

- O.A. 130101, kl. 95a2d1. N.V. Philips. Inrichting voor het opwekken van elektrische trillingen van groot vermogen met behulp van een gasontladingsbuis, die een periodieke ontsteekspanning aan een stuur-electrode krijgt toegevoerd en waarbij het afgegeven vermogen automatisch constant wordt gehouden.
- O.A. 124092, kl. 95a3b2. N.V. Philips. Schakeling voor het opwekken van zaagtandvormige stromen met behulp van een schermroosterbuis met parallel geschakelde diode, waarbij het optreden van roosterstroom vermeden wordt.
- O.A. 120380, kl. 95b3. Patelhold. Werkwijze en inrichting voor impulsmodulatie, die praktisch vervormingsvrij werkt, ook bij lage impulsfrequenties.
- O.A. 124448, kl. 95d2c2a. N.V. Philips. Schakeling voor het versterken van een elektrisch signaal dat steeds eenzelfde polariteit bezit, met behulp van een condensator met een diëlectricum met spanningsafhankelijke eigenschappen.
- O.A. 130550, kl. 95d3a. Western Electric Co. Door batterijen gevoede versterker met positieve en negatieve terugkoppeling, waarvan de versterking niet verandert als de inwendige weerstand van de batterijen toeneemt.
- O.A. 118500, kl. 95k2. Philips Electro Special. R-C generator voor het opwekken van sinusvormige trillingen, voorzien van twee afstemcondensatoren die ieder éénpolig geaard zijn.

Nieuwe leden

- Ir C. J. H. van der Berg, Oranje Plantage 36, Delft.
Dr H. J. Jongepier, de Lairessestraat 148, Amsterdam.
Ir D. C. Schering, Pieter Lastmankade 38, Amsterdam-Z.
Ir A. Versnel, G. Gezellestraat 35, Eindhoven.
Ir E. Goldbohm, Voorstraat 85, Noordwijk.
Ir J. M. L. Janssen, Lindelaan 12, Delft.
Ir H. H. Schotanus à Steringa Idzerda, Oostsingel 206, Delft.

Voorgestelde leden

- Ir B. G. Hooghoudt, Julianalaan 161, Delft; werkzaam in het Centraal Lab. PTT te Delft.
Ir C. B. Broersma, de Lairessestraat 149, Amsterdam-Z.; werkzaam bij Radio-Holland.
B. J. Eckhardt, Lopik-radio, post IJsselstein; techn. hoofdamt. PTT.
Ir F. J. van Hutten, Emmalaan 71, Oegstgeest; Lab. Electronische Ontw. K.M.
Ir F. Möhring, Rotterdamsedijk 174b, Schiedam; Phys. Lab. RVO-TNO te Waalsdorp.
H. J. A. Smit, Papyruslaan 4, Heelsum; zelfstandig technisch bureau.
W. H. van Gelder, Zoomstraat 37 II, Amsterdam-Z.; cand. wis- en natuurkunde, leraar techn. opleidingen Radio en Radar der K.M.