

## De N. R. U.-modulatiemeetversterker type ON 301

door R. Y. Drost

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radio Genootschap op 14 Juni 1950.

### SUMMARY

As a part of the standardized units (amplifiers, power-supplies, receivers, transmitters, equalizers, etc.), with which the Union of Broadcast-Corporations of the Netherlands builds up its studio-equipment, a modulation-monitor was designed.

This instrument incorporates several features, the most important being, that the scale-characteristic is logarithmical for modulation-depths up to 50% and linear above this level, and that short pulses are artificially lengthened to enable the indicators to indicate them at their proper value and the operators to observe them.

#### 1. *Inleiding.*

Bij de technische verzorging van een radio-uitzending wordt (over het algemeen door middel van hand-regeling), de audio-frequente spanning, welke aan de zender wordt toegevoerd, binnen bepaalde grenzen geregeld. Deze regeling geschiedt om twee redenen,

- a) teneinde de geluidsindruk van verschillende programmadelen en van de componenten van één programmadeel b.v. solist-orkest in de juiste verhouding te brengen. De regeling van deze verhoudingen vindt plaats in regelkamers, welke in visueel contact staan met de studioruimte, waarin het betreffende programma wordt uitgevoerd. Als indicator voor verhoudingen in een programma kan hier een meetinstrument worden gebruikt, dat de gemiddelde waarde van de audio-frequentie spanning aangeeft, b.v. een draaispoelmeter met gelijkrichtcel.
- b) Teneinde de modulatie-diepte van de zender te controleren, is het nodig, een indicatie te hebben van de piekwaarde van audiofrequente spanning, welke aan de zender wordt toe-

gevoerd. In de hoofdregelkamer wordt deze spanning zodanig geregeld, dat de maximale piekwaarde van de spanning niet hoger wordt dan die, welke met 100% modulatie-diepte overeenkomt en de minimale waarde niet beneden een modulatie-diepte van ca. 1% (dit laatste in verband met de sign/ruis-verhouding bij ontvangst. Als visuele indicator moet hierbij een meet-instrument worden gebruikt, dat aan de volgende speciale eisen moet voldoen:

- 1e. De aanwijzing moet een maat zijn voor de piekwaarde.
- 2e. Ook bij korte signaal-impulsen (min. 10 m.sec.) moet nog de juiste waarde worden aangegeven.
- 3e. De werklijn van het instrument moet zodanig zijn, dat de indicatie van 100% modulatie-diepte zeer nauwkeurig is, terwijl een modulatie-diepte van 1% nog een goed-afleesbare aanwijzing moet geven. Hiervoor is een werklijn gekozen, welke over het gebied van modulatie-diepten van 0-50% in principe logaritmisch is en daarboven lineair.
- 4e. Het apparaat moet een betrouwbare en stabiele aanwijzing geven, ook bij eventuele variaties in de voedingsspanningen en normale veranderingen in buiskarakteristieken als gevolg van veroudering of verwisseling der buizen.
- 5e. De schakeling moet gebruikt kunnen worden in combinatie met snelle wijzer- en lichtwijzer-instrumenten, welke voor volle uitslag een stroom van 3 mA gebruiken.

De gehele schakeling, hiervoor ontworpen, exclusief de indicator, wordt aangeduid met de naam: modulatie-meetversterker. De niveau-aanduiding op de indicatoren is zodanig, dat 100% modulatie-diepte is aangegeven als +6 db, wat overeenkomt met het genormaliseerde lijn-niveau van 1,55 V.

## 2. De ontwikkeling.

De belangrijkste eigenschap van de versterker is de schaal-karakteristiek, bestaande uit een logaritmisch- en een lineair deel. Deze karakteristiek is verwezenlijkt in de gelijkstroom-versterker.

### 2-1. De gelijkstroomversterker.

Na een aantal proefnemingen met schakelingen voor logaritmische karakteristieken werd besloten, de gewenste logaritmische karakteristiek te benaderen met een geknikte karakteristiek,

waarvan de steilheid der rechte delen en de knikpunten door stroomtegenkoppeling stabiel konden worden gemaakt.

Het bleek mogelijk, een voldoende benadering te bereiken met twee knikpunten en 3 rechte delen.

De gewenste kromme en de benadering zijn gegeven in figuur 1.

De 3 verschillende steilheden  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  en de knikpunten  $A$  en  $B$  zijn bereikt door 3 buizen met verschillende steilheid parallel te schakelen en bij toenemende uitsturing, de 1e en daarna de 2e buis dicht te laten gaan.

Teneinde de 3e buis voldoende stroom te kunnen laten leveren, wordt deze positief gestuurd, wat ook in verband staat met de onder 2-3 genoemde impulsverlenging; de buizen 1 en 2 worden

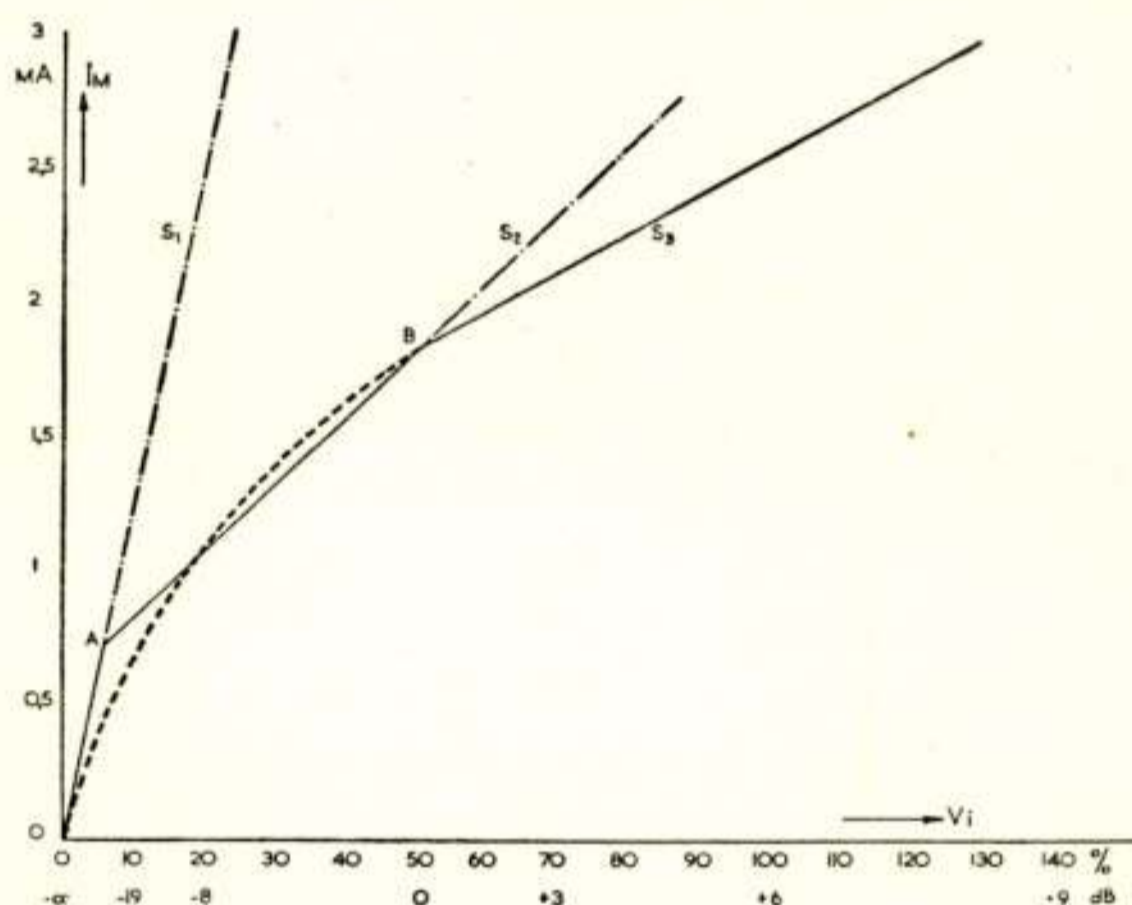


Fig. 1.

negatief gestuurd, omdat op deze wijze het eenvoudigst de geknikte karakteristiek wordt bereikt.

Voor buizen 1 en 2, welke de grootste steilheid moeten hebben, is het type EF 42 gebruikt, waarbij door toepassing van een grote kathodeweerstand  $R_k$  de steilheid practisch constant  $\frac{I}{R_k}$  is. Voor  $R_k$  zijn stabiele, draadgewonden weerstanden gebruikt.

De verschillende steilheden der buizen 1 en 2 zijn niet verwezenlijkt door verschillende waarden der kathodeweerstanden, maar door verschillende waarden van de stuurspanningen, waardoor op eenvoudige wijze de knikpunten konden worden bereikt, zonder dat hiervoor stroomgebruikende spanningsdelers voor de verschillende kathode-potentialen nodig waren.

Daar de buizen 1 en 2 negatief worden gestuurd en buis 3 positief, moest de indicator tussen beide systemen worden geschakeld. Een 4e buis werd nog toegevoegd, om, bij afwezigheid van signaal, de meterstroom = 0 te maken. Voor buis 3 en 4 werd gebruik gemaakt van het type *EL 42*, teneinde voldoende stroom te kunnen leveren. De stabiliseringskathode-weerstanden konden voldoende groot worden genomen, om de vereiste stabiliteit te bereiken, waarbij  $S = \frac{I}{R_k}$ , aangezien de steilheid van deze buizen slechts gering behoeft te zijn.

De kathodeweerstand van buis 4 is gedeeltelijk regelbaar, teneinde de nulstroom door de meter te kunnen instellen. De

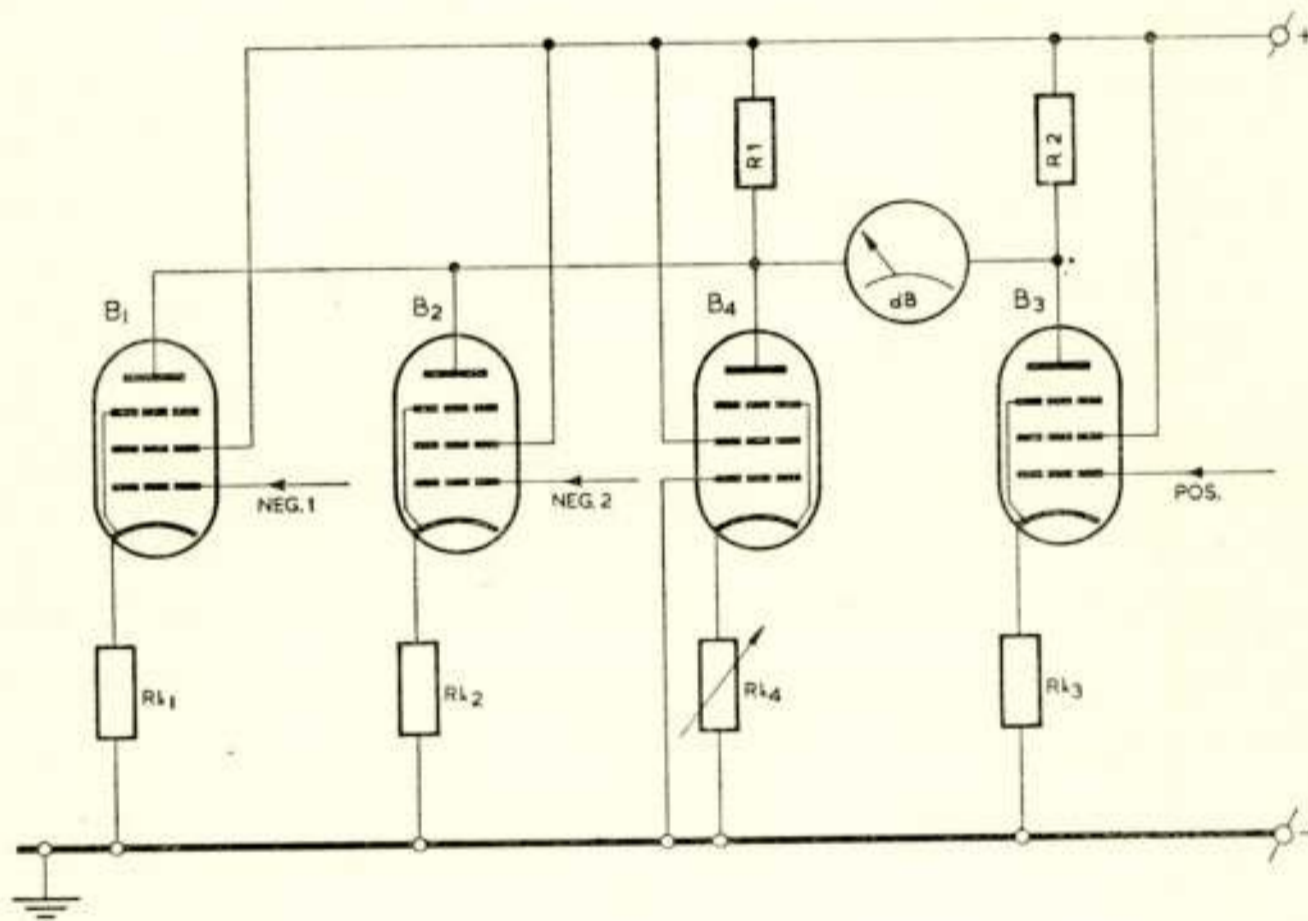


Fig. 2.

schakeling van de gelijkstroomversterker is gegeven in Fig. 2. Hierbij valt nog op te merken, dat de gebruikte buizen als penthode zijn geschakeld en wel om de volgende redenen:

- De voedings-impedantie van de indicatoren is hierdoor hoog, n.l. practisch  $R_1 + R_2$ , zodat de aangesloten indicatoren el-kander practisch niet kunnen beïnvloeden.
- De steilheden der buizen worden onderling weinig beïnvloed, aangezien de schermroosterspanningen constant zijn.
- Wanneer bij oversturing de anodestroom van buis 3 groter wordt, daalt de anodespanning tot een zo lage waarde, dat overbelasting van de indicatoren uitgesloten is.

- Opm. 1.* Ten gevolge van de hoge waarden der kathode-weerstanden kan, zelfs bij wegvallen der anodespanning, de schermroosterstroom niet te hoog oplopen.
- Opm. 2.* Door een juiste dimensionering der onderdelen wordt de kathode-gloeidraad-spanning in bedrijf nooit hoger dan ca. 35 Volt.
- Opm. 3.* Doordat bij sturing boven ca. 0 db de buizen 1 en 2 geen anodestroom voeren, wordt de meetschakeling in het lineaire deel van de karakteristiek gevormd door de balansschakeling van de, praktisch gelijk ingestelde, buizen 3 en 4, waardoor in dit belangrijke gebied de stabiliteit van de werking wordt verhoogd.
- Opm. 4.* De verhouding der weerstanden  $R_1$  en  $R_2$  bepaalt de verhouding, waarin het logaritmische en lineaire deel van de karakteristiek over de meterschaal worden verdeeld. Hierdoor was het mogelijk, de waarden voor  $R_k$ , alsmede de stuurspanningen gunstig te kiezen in verband met belasting van buizen en gelijkrichters (zie 2-2) en daarna deze verhouding in te stellen voor de gewenste schaalverdeling.

### 2-2 De signaalgelijkrichters.

Deze leveren de gelijkspanningen voor de positieve en negatieve sturing van de gelijkstroomversterkers. De waarden hiervan zijn bepaald (voor + 9 db) op:

- 160 V voor B 1 .
- 40 V voor B 2 .
- + 30 V voor B 3 .

De positieve gelijkspanning wordt verkregen door dubbele gelijkrichting in een buis EB 41 . Deze buis is gekozen om zijn lage  $R_i$  (in verband met de korte oplaadtijd van de verzamelcapaciteit  $C_1$ ) en zijn hoge kathode-gloeidraad-isolatie (in verband met de ontlading van  $C_1$ ).

Voor de negatieve spanning van 160 V werd volstaan met enkelzijdige gelijkrichting: als diode is hiervoor het hexode-rooster van een ECH 41 gebruikt. De triode hiervan doet dienst in de impulsverlenschakeling (zie 2-3).

De negatieve spanning van 40 V wordt uit de 160 V betrokken via een spanningsdeler 4:1, waarvan de totale weerstand de ontladings-tijd bepaalt van de verzamelcondensator  $C_2$  van deze gelijkrichter.

De waarden van  $C_1$  en  $C_2$  zijn zodanig gekozen, dat enerzijds de laag-frequent-voorversterker in voldoende korte tijd de ladings-energie hiervoor kan leveren (deze ladingstijd tot 90% van de spanning, bedraagt voor beide condensatoren tezamen 3 m.sec., zowel als gevolg van de inwendige weerstand van de ladingsbaan, als t.g.v. de leverbare laadstroom bij +9 db) oplopend tot 5 m.sec. bij 50 Hz en 15 kHz, als gevolg van het energieverlies in het transformator-ijzer en in de wikkelcapaciteit.

Anderzijds is de waarde van  $C_1$  en  $C_2$  zo groot, dat met redelijke waarden der ontladings- en isolatieweerstanden een voldoende lange ontlaadtijd kan worden verkregen. De ontlaadtijd van  $C_2$  bedraagt ca. 2 sec. (tot 1% van de spanning). De ontlaadtijd van  $C_1$  wordt bepaald door de impulsverlengingstijd (zie 2-3).

### 2-3. De impulsverlenging.

Teneinde metersystemen met normale inslingertijd te kunnen gebruiken zonder deze kunstmatig te versnellen en daardoor een onrustige wijzerbeweging of de kans op doorslingeren te verkrijgen, is over het lineaire deel van de schaal een verlenging van de impulsen ingevoerd, welke alleen werkt op pulsen, welke korter zijn dan de ingestelde verlenging. Is deze b.v. ingesteld op 500 m. sec., dan worden alle impulsen die korter dan 500 m. sec. duren verlengd tot 500 m. sec., de langere impulsen worden niet verlengd. Hiertoe wordt na een stoot-oplading van  $C_1$ , de ontlaadweerstand van  $C_2$  verbroken en na de ingestelde verlengingstijd weer gesloten, waarna  $C_1$  met de normale ontlaadtijd wordt ontladen.

De hiervoor gebruikte schakeling is aangegeven in fig. 3. Een positieve ladingsstoot van  $C_1$ , wordt overgebracht op het stuurrooster van  $B_3$ , de negatieve impuls aan de anode van  $B_3$  wordt via  $C_3$  gebracht op het stuurrooster van  $B_5$ , de triode van de ECH 41 (zie 2-2).

Deze buis wordt afgeknepen en  $C_1$  kan niet ontladen. De anodestroom van  $B_3$  blijft dus constant, totdat  $C_3$  via  $R_3$  zover ontladen is, dat  $B_5$  weer geleidend wordt en  $C_1$  via  $R_4$  ontladen kan worden. De ontlaadtijd van  $C_3$  wordt bepaald door  $R_3$  en hiermede kan dus de impulsverlengingstijd worden ingesteld. Bij langer durende impulsen is  $C_3$  reeds ontladen voor het einde

der impuls, zodat na dit einde direct de ontlading van  $C_1$  inzet.

De ontlaadtijd van  $C_3$  wordt normaal zo gekozen, dat de traagste aangesloten indicator bij korte impulsen (min 10 m. sec.) de juiste waarde hiervan aanwijst. Bij snelle meetsystemen blijft de wijzer (lichtwijzer) dan even stilstaan voor de terugloop inzet; dit blijkt in de praktijk allermint een bezwaar te zijn, aangezien korte overmodulaties hierdoor overtuigender worden aangegeven. Na enige ervaring met deze apparatuur heeft dit niet tot gevolg, dat de gemiddelde modulatie diepte te laag wordt ingesteld.

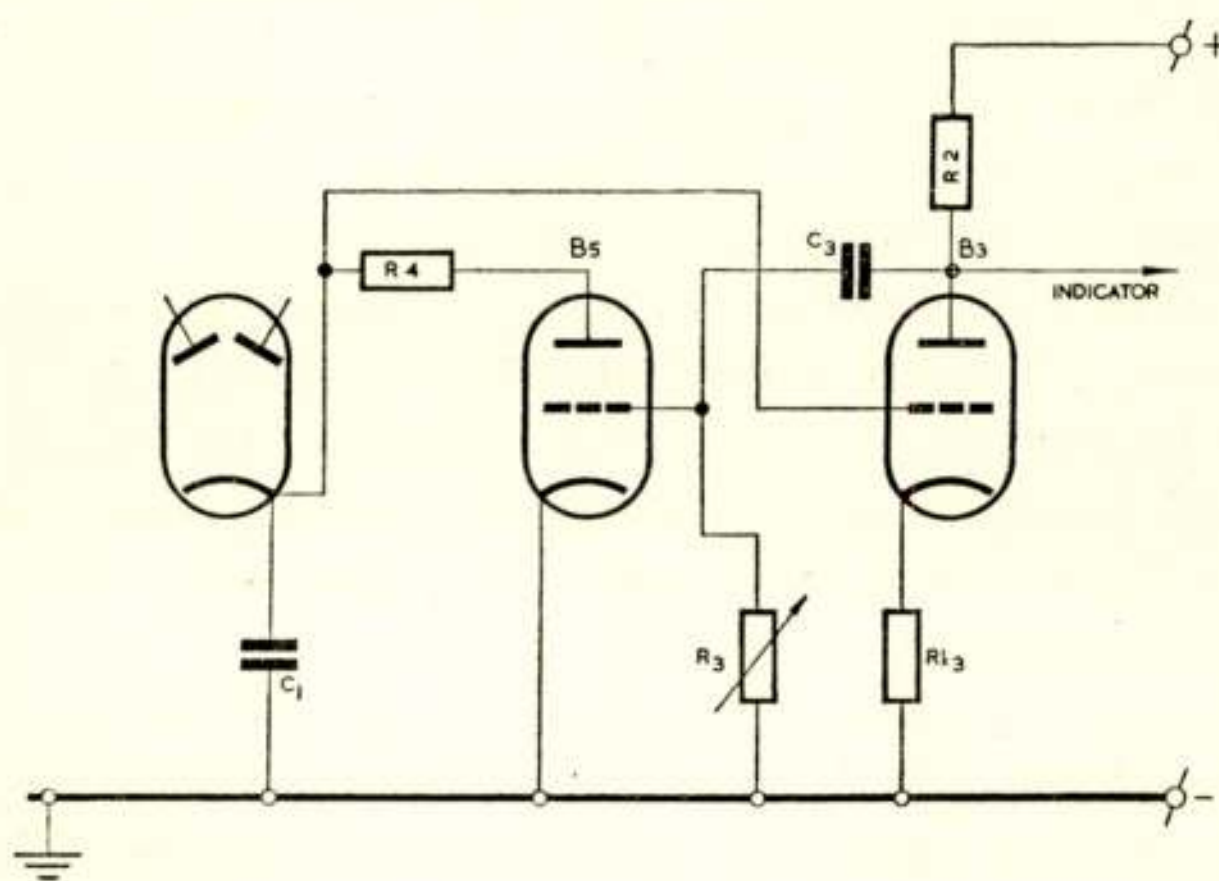


Fig. 3.

#### 2-4. De indicatoren

Hiervoor worden gebruikt de lichtwijzerinstrumenten van „Siemens” en „Dansk Industry Syndicat” met een gevoeligheid van 0,65 mA volle schaal en een inwendige weerstand van 1400 Ohm en de systemen van de Triplett modulatiemeter, gevoeligheid 0,15 mA en een inwendige weerstand van 1750 Ohm. Wanneer beide soorten systemen geshunt worden totdat ze juist aperiodisch zijn, kunnen de voedingspunten op deze shunt worden afgetakt, teneinde de vereiste gevoeligheid van 3 mA volle uitslag te verkrijgen.

Deze aftakking is instelbaar gekozen, teneinde kleine onderlinge verschillen te kunnen opheffen.

De inwendige weerstand is dan van beide genoemde meter-typen resp. 300 Ohm en 450 Ohm en aangezien de voedings-bron een inwendige weerstand heeft van bijna 100 kOhm, is de onderlinge beïnvloeding van enige in serie geschakelde meetsystemen praktisch te verwaarlozen.

### 2-5. De laag-frequent-voorversterker.

Deze heeft een tweeledig doel, n.l.:

- a) Het ingangs-signaal versterken tot de voor de gelijkrichters benodigde waarde;
- b) Voldoende energie leveren, om de verzamelcondensatoren van de gelijkrichters in 5 m.sec. tot de met +9 db overeenkomende spanning te kunnen laden.

De benodigde versterking en energie zouden geleverd kunnen worden door een steile eindpenthode, b.v. *EL 41*; het bezwaar hiertegen bestond uit het vrij grote gloeistroomverbruik en het feit, dat te weinig versterkingsreserve aanwezig was, om door middel van een effectieve spanningstegenkoppeling een stabiele werking te verkrijgen.

Daarom is de voorversterker uitgevoerd met twee buizen n.l. *EF 40* en *EL 42*. Er kon nu een 20-voudige spanningstegenkoppeling worden toegepast. De weerstanden van het tegenkoppelcircuit zijn, ter verhoging van de stabiliteit vrij ruim bemeten en de belasting is zo klein mogelijk gehouden door een gelijkstroomloze schakeling van dit circuit.

De koppeling van de eindbuis met de gelijkrichters geschiedt door 2 transformatoren, één met een transformatie-verhouding van 1:1, welke transformator tevens dient ter stroomloos-schakeling van de tweede transformator met een verhouding 5:1 + 1.

Deze tweede transformator levert de anodespanning voor de dubbele gelijkrichter *EB 4*, dus voor het belangrijkste (lineaire) deel van de karakteristiek.

De enkelzijdige gelijkrichter is zodanig aangesloten, dat deze geleidend is, wanneer de anodewisselspanning van de eindbuis positief is en wanneer dus de grootste anodestroom kan worden geleverd.

Overigens bevat de voorversterker geen bijzonderheden. Zie hiervoor het principeschema (figuur 5).



### 2-6 De ingangs-schakeling.

Deze dient om :

- a) De ingangs-impedantie zo hoog te maken, dat deze een lijn niet merkbaar belast;
- b) De totale gevoeligheid van de meetversterker op de juiste waarde te kunnen afregelen;
- c) De ingangstransformator primair met de juiste impedantie af te sluiten;
- d) De ingangsklemmen van aarde te isoleren.

Deze schakeling spreekt voor zichzelf. Hiervoor wordt eveneens naar het principe-schema verwezen (figuur 5).

### 3. Onderzoekingen aan een proefmodel.

#### 3-1. Metingen.

##### 3-1-1.

De frequentie-karakteristiek blijkt recht te zijn van 20 Hz tot 15 kHz  $\pm 0,25$  db, wat ruim voldoende moet worden geacht voor dit apparaat.

##### 3-1-2.

De schaalkarakteristiek voldoet geheel aan de eisen. De schaalverdeling voor een lichtwijzer-instrument is gegeven in figuur 4.

##### 3-1-3.

De elektrische inslingertijd bleek bij meting van korte impulsen voor de frequentieband van 100 Hz tot 10 kHz ca. 3 m.sec. te bedragen en bij 50 Hz en 15 kHz ca. 5 m.sec., zoals gecalculeerd was.

Bij 50 Hz is  $\frac{1}{4}$  periode voldoende om de meterstroom op 90% van de juiste waarde te brengen, bij de vereiste 10 m.sec. impuls is de miswijzing niet meer waarneembaar.

Er treedt geen overslingering van de indicatoren op.

##### 3-1-4.

De impuls-verlenging is in het proefmodel instelbaar tussen ca. 10 en 500 m.sec. Bij proefnemingen bleek, dat een verlenging tot 25 m.sec. voldoende was voor lichtwijzermeters, terwijl het Triplett systeem 200 m.sec. vereiste, om tot de

juiste aanwijzing van 10 m.sec. impulsen te komen. Bij de definitieve uitvoering is deze verlengtijd vast ingesteld op ca. 250 m.sec.

### 3-1-5.

De invloed van variaties in de gloeispanning.

Uitgedrukt in  $\%$  van de schaalengte bleek de meteraanwijzing tussen  $- \infty$  en  $+ 9$  db bij een variatie van de gloeispanning van  $\pm 10\%$  niet meer af te wijken dan  $\pm 0,7\%$ .

### 3-1-6.

De invloed van variaties in de anodespanning is voor het N.R.U.-bedrijf niet belangrijk, aangezien het voedingsapparaat type OG 301 een gestabiliseerde anodespanning levert van 350 V. De invloed is wel gemeten en bedroeg, bij variaties



Fig. 4.

van  $\pm 10\%$  in de voedingsspanning  $\pm 1\%$  van de schaalengte.

*Opm. 1.* Daar de invloeden van gloei- en anodespanningsvariaties tegengesteld zijn, is de stabiliteit bij ongestabiliseerde voeding nog iets groter.

*Opm. 2.* Bij een daling der anodespanning van meer dan  $20\%$  kan de stroom van 3 mA niet meer geleverd worden.

*Opm. 3.* Bij een stijging van de anodespanning met  $25\%$  wordt nog van geen enkele buis de anode- of schermrooster dissipatie overschreden.

### 3-2. Bedrijfsproeven.

Het proefmodel van de modulatiemeetversterker type ON 301 is gedurende enige maanden in continu bedrijf geweest in contrôle- en opnamekamers en gedurende een gedeelte van deze tijd gevoed met 7 V gloeispanning en 400 V anode-spanning. Er deden zich geen storingen voor en van miswijzing of verlopen van het nulpunt is niets gebleken.

De impulsverlenging en de als gevolg hiervan mogelijke rustige wijzerbeweging werd als zeer prettig ondervonden, evenals de schaalindeling en de meterkarakteristiek.

Het kwam niet voor, dat de versterker door oversturing tijdelijk werd geblokkeerd, wat volgens de opzet der schakeling en de keuze der tijdconstanten ook niet mogelijk moet zijn.

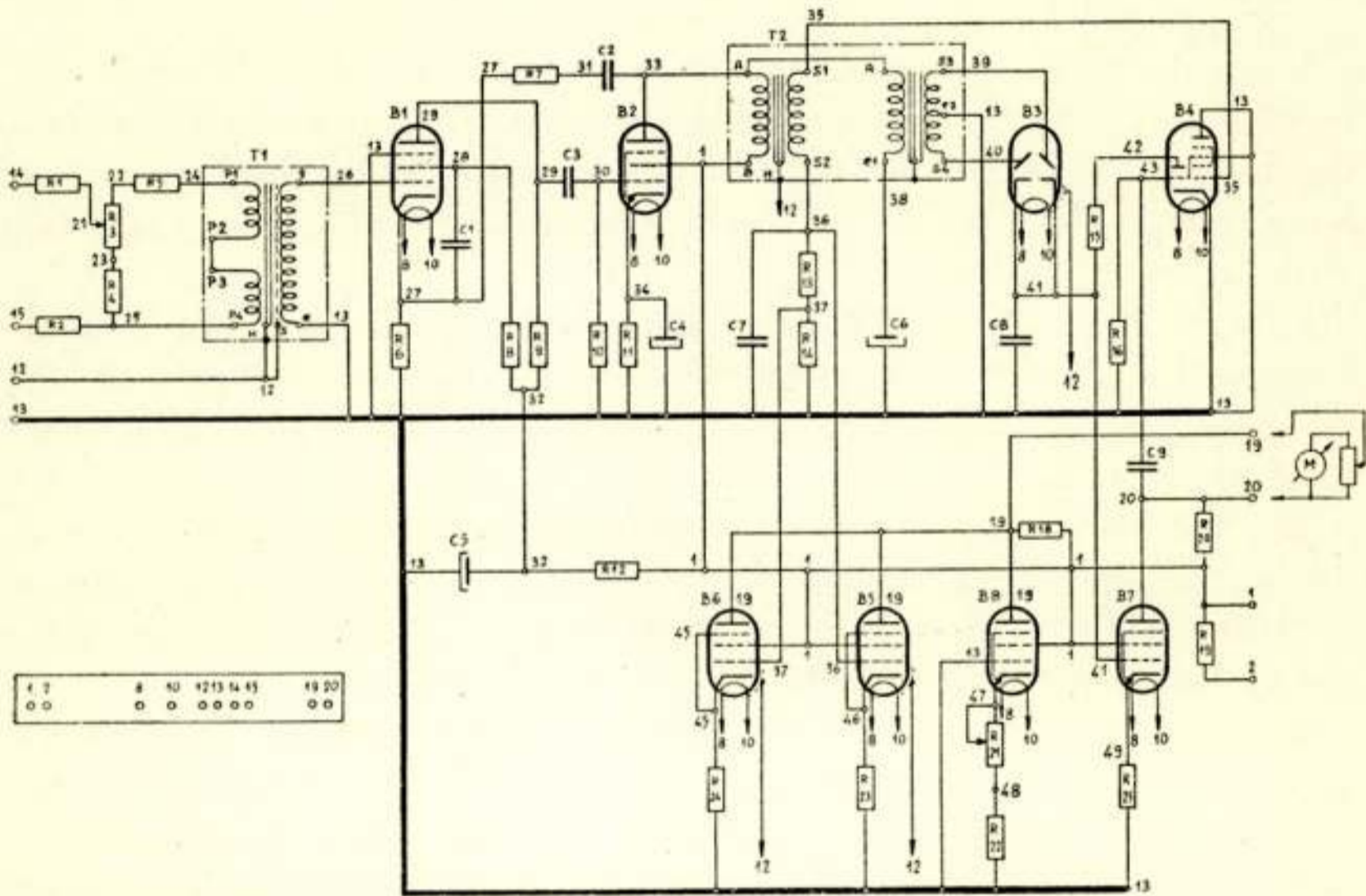


Fig. 5.

Nederlandse Radio Unie  
Laboratorium.

## Discussie

Ir R. Vermeulen: Berust de keuze van de tijd van 10 m.sec. op overwegingen ter bescherming van de zender of ter vermijding van hinder voor de luisteraar.

R. Y. Drost: De keuze van 10 m.sec. als waarde voor de kortste impuls, welke op juiste waarde moet worden gemeten, berust op de overweging, dat de acoustische inslingertijd van muziekinstrumenten en acoustische ruimten practisch nooit korter is dan 10 m.sec.

Daar de zender voorzien is van een begrenzer (dubbele diode met voorspanning), welke overmodulatie voorkomt, is de impulstijd hier niet van belang. Dit is wel het geval bij de luisteraar, welke deze vervorming hoort. Aangenomen wordt, dat vervormde signalen, welke korter zijn dan 10 m.sec., niet storen.

Ir R. Vermeulen: Bij hoog peil worden pieken gemeten, wat de beste indicatie van overbelasting is. Zou daarentegen bij laag peil niet het meten van een gemiddelde een betere indicatie geven van de signaal-ruis-verhouding?

D.: Behalve de kwestie van de signaal-ruis-verhouding geeft de meting van de gemiddelde waarde een betere indicatie voor de geluidsindruk van de luisteraar. Om deze reden past men in de U.S.A. veelal de V.U. meters toe, welke de gemiddelde waarde aanwijzen.

De schaalverdeling is practisch lineair, waardoor beneden  $-14\text{ db}$  ( $10^0/0$ ) geen bruikbare aflezing mogelijk is. De slingertijd van het systeem is zo gekozen, dat, wanneer de gevoeligheid voor constante spanningen ca.  $10\text{ db}$  groter is dan de aanwijzing, een min of meer bruikbare aanwijzing van programmastof verkregen wordt. Deze aanwijzing is echter geenszins een maat voor de modulatie-diepte.

De *O.V 301* is bedoeld voor zuiver technische indicatie van de modulatie-diepte. De regeling van de modulatie-diepte in overeenstemming met de gehoor-indruk moet door de dienstdoende technicus met kennis van zaken worden aangepast aan de aard van het programma, echter steeds binnen de door de *O.V 301* aangegeven grenzen.

Een meetsysteem als in de vraag wordt voorgesteld, is natuurlijk te verwezenlijken, echter zou er vermoedelijk de voorkeur aan worden gegeven, een aparte gemiddelde-meter toe te voegen.

## Een automatisch werkend nagalmmeettoestel

door F. J. v. Leeuwen

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 14 Juni 1950

### SUMMARY

An apparatus for measuring the reverberation time of rooms has been described. The instrument is based on a new principle, which makes it possible to write down the reverberation time versus frequency automatically on a slip of paper. Many reverberationtime-ordinates are written and they fill up the space between the curve and the frequency-axis.

The main advantage is, that many measurements are automatically and conveniently arranged in a short time. Room- and other resonances are very easy to be detected.

Moreover the soundlevel versus time during the sound decay can be registered in a conventional manner to get further information.

### *Inleiding*

In het acoustisch laboratorium van de Nederlandse Radio-Unie kwam een transportabel meettoestel gereed voor het verrichten van nagalmtijdmetingen. De bijzonderheid is, dat dit toestel automatisch de nagalmtijd als functie van de frequentie optekent.

Alvorens tot een bespreking van de werking van dit toestel over te gaan, wordt een overzicht gegeven van diverse kwesties, die met het nagalmverschijnsel in verband staan.

### *Het nagalmverschijnsel*

#### *Mechanisme van het in- en nagalmverschijnsel*

Wordt in een ruimte plotseling een geluidsbron ingeschakeld, die verder een constante trilling voortbrengt, dan zal het enige tijd duren, voordat zich een stationnaire trillingstoestand in de

ruimte heeft ontwikkeld. Enerzijds wordt door de geluidsbron acoustisch vermogen geproduceerd, anderzijds wordt door de wanden vermogen geabsorbeerd. Het totale geabsorbeerde vermogen neemt toe met stijgend geluidsniveau. De stationnaire toestand is bereikt, indien het geluidsniveau zodanig is toegenomen, dat door de wanden evenveel vermogen wordt geabsorbeerd als door de geluidsbron wordt geproduceerd. Het ingalmverschijnsel nadert asymptotisch tot een stationnaire toestand.

Wordt nu de geluidsbron plotseling tot zwijgen gebracht, dan neemt men nog enige tijd geluid waar. Het geluidsniveau daalt min of meer geleidelijk en het duurt enige tijd, voordat de stilte is wedergekeerd. Dit kan worden verklaard uit de eindige voortplantingssnelheid van het geluid in de ruimte en de beperkte geluidsabsorptie van de wanden. Immers een deel van de geluidsenergie, welke de wanden treft, wordt teruggekaatst in de ruimte. Het duurt daarna een korte tijd voordat deze energie weer met een wand in contact komt en daar een gedeelte wordt geabsorbeerd, enz.

#### *Nagalmtijd.*

Uit dit mechanisme van het nagalmverschijnsel kan op eenvoudige wijze een formule worden afgeleid, welke de daling van de geluidsenergie in de ruimte aangeeft. Is de gemiddelde weg, welke het geluid tussen twee opeenvolgende reflecties aflegt  $l_{gem}$ , dan is het tijdsverloop daartussen  $\frac{l_{gem}}{c}$ , waarin  $c$  de voortplantingssnelheid van het geluid in de lucht voorstelt. Telkens na dit tijdsverloop is dus alle geluidsenergie in de ruimte gemiddeld juist een keer in contact geweest met de wanden.

Is de gemiddelde absorptiecoëfficiënt van de wanden  $a$  en bedraagt de totale geluidsenergie in de ruimte op het tijdstip, waarop de geluidsbron wordt uitgeschakeld  $E_0$ , dan zal bij de eerste reflectie hiervan worden geabsorbeerd  $E_0 \cdot a$  (definitie absorptiecoëfficiënt) en hierna een geluidsenergie  $E_0 \cdot (1 - a)$  overblijven. Na de tweede reflectie wordt dit  $E_0 \cdot (1 - a)^2$  enz.

Gedurende een tijdsverloop  $t$  vinden gemiddeld  $\frac{ct}{l_{gem}}$  reflecties plaats, zodat de geluidsenergie  $E$  in de ruimte wordt aangegeven

$$\text{door } E = E_0 (1 - a)^{\frac{ct}{l_{gem}}}.$$

Aangevoond kan worden, dat  $l_{gem} = 4 \frac{V}{F}$ , waarin  $V$  het volume van de ruimte en  $F$  de totale wandoppervlakte voorstelt, zodat uiteindelijk

$$E = E_0 (1 - a)^{\frac{ctF}{4V}}$$

De mate, waarin nagalm optreedt, wordt aangegeven door de nagalmtijd. Deze wordt gedefinieerd als de tijd, welke verstrijkt tussen het uitschakelen van de geluidsbron (nadat zich een stationnaire toestand had ingesteld) en het tijdstip, waarop de gemiddelde energiedichtheid in de ruimte een factor  $10^6$ , dat is  $60 \text{ db}$ , is gedaald.

In verband met het voorgaande voldoet de nagalmtijd  $\tau$  dus aan de betrekking

$$10^{-6} = (1 - a)^{\frac{c\tau F}{4V}}$$

ofwel

$$\tau = - \frac{24 V \ln 10}{cF \ln (1 - a)}$$

Hierin voor  $c$  substituerend  $340 \text{ m/sec.}$ , de voortplantings-snelheid bij  $15^\circ \text{ C}$ , leidt dit tot de formule van Eyring

$$\tau = - \frac{0,16 V}{F \ln (1 - a)}$$

Voor niet te grote waarden van  $a$  kan  $\ln (1 - a)$  worden vervangen door  $-a$  en ontstaat de formule van Sabine

$$\tau = \frac{V}{6Fa}$$

Vooreerst ziet men, dat de nagalmtijd afhangt van de geluidsabsorptie van de wanden, zoals ook wel te verwachten was. Daar deze in het algemeen van de frequentie afhangt, is dit ook het geval met de nagalmtijd. Vooral voor zeer lage frequenties (beneden  $200 \text{ Hz}$ ) neemt veelal de absorptiecoefficient af dus de nagalmtijd toe. Voor zeer hoge frequenties neemt de absorptiecoefficient veelal toe. Hierbij komt nog, dat dan de geluidsabsorptie door de lucht zelf een rol gaat spelen (vooral in grote ruimten, waar het geluid tussen twee opeen-

volgende reflecties gemiddeld een grote afstand doorloopt). Voor hoge frequenties neemt dan ook meestal, vooral in grote ruimten, de nagalmtijd af.

Voorts constateert men, dat de nagalmtijd voor gelijkvormige ruimten evenredig is met de lineaire afmetingen.

*Practische betekenis van de nagalm.*

De nagalm is veelal een gewenst verschijnsel. Zo doet hij in ruimten, waarin muziek wordt voortgebracht, de opeenvolgende klanken een weinig ineenvloeien. Bij een te korte nagalmtijd klinkt de muziek onaangenaam (b.v. muziekkuitvoeringen in de open lucht). Het is duidelijk, dat een te lange nagalmtijd evenmin tot een fraai resultaat zal leiden.

Overigens is de gunstigste nagalmtijd voor verschillende soorten muziek weer verschillend. Zo wordt voor dansmuziek een betrekkelijk korte nagalmtijd vereist, teneinde het rythme niet te doen vervagen. Voor orgelmuziek is daarentegen een vrij lange nagalmtijd gewenst. Bij het laatste speelt ongetwijfeld de traditie een rol, immers veel orgels zijn juist in kerken geplaatst, waar de nagalmtijd als gevolg van de weinig absorberende wanden en de vaak grote afmetingen uiteraard vrij lang is.

Ook in grote ruimten, welke hoofdzakelijk dienen voor het ten gehore brengen van spraak is een niet te korte nagalmtijd gewenst. Een korte nagalmtijd betekent immers een hoge geluidsabsorptie, waardoor het geluidsniveau vooral op ver van de spreker afgelegen plaatsen voor een goede verstaanbaarheid onvoldoende kan zijn. Omgekeerd zal uiteraard een te lange nagalmtijd de verstaanbaarheid eveneens ongunstig beïnvloeden, doordat dan de opeenvolgende lettergrepen ineen zullen vloeien. De gunstigste nagalmtijd blijkt langer te zijn, naarmate de ruimte groter is.

Tenslotte is het opmerkenswaard, dat bij het horen met één oor de nagalm meer geprononceerd wordt waargenomen dan bij het normale horen, iets waarvan men zich gemakkelijk overtuigt. In het laatste geval is men in staat de richtingen vanwaar diverse geluiden komen te onderscheiden (stereofonie) en zal men zich onbewust concentreren op de geluidsbron, daarbij geluidsreflecties tegen wanden, welke uit andere richtingen komen en bijdragen tot de nagalm eliminerend. Dit is uiteraard niet meer mogelijk indien het geluid wordt opgenomen door een



microfoon en op een andere plaats wordt beluisterd, tenzij het een stereofonische overdracht betreft. Het gevolg is dan ook, dat de nagalmtijd van een studio voor radio-uitzendingen of gramofoonopnamen korter dient te zijn dan voor een ruimte, waarin de toehoorders zelf aanwezig zijn.

### *Afwijkend gedrag.*

Het beeld, dat in het voorgaande van het nagalmverschijnsel werd gevormd, schiet in verschillende opzichten tekort. Het is slechts een gemiddelde van diverse mogelijkheden. Het geeft o.m. geen rekenschap van de geluidsbron (plaats, wijze van stralen) en van de vorm van de ruimte.

Verder wordt in de definitie van nagalmtijd de gemiddelde energiedichtheid betrokken. Voor meting is deze echter moeilijk toegankelijk. In het algemeen wordt dan ook de nagalmtijdmeting verricht door in een punt van de ruimte het verloop van de geluidsdruk na te gaan. De nagalm wordt dan gevonden als de tijd, die na het uitschakelen van de geluidsbron verstrijkt totdat de geluidsdruk een factor  $10^3$  d.i.  $60\text{ db}$  is afgenomen (energie is evenredig met het kwadraat van de geluidsdruk). Het aldus gemeten nagalmverschijnsel is echter afhankelijk van de plaats van de meetmicrofoon.

De genoemde invloeden kunnen worden verklaard uit de eigentrillingen van de ruimte.

### *Eigentrillingen van een rechthoekige ruimte.*

Is  $p$  de momentele waarde van de geluidsdruk in een punt van de ruimte, dan is het bedrag waarmee de druk in dat punt de barometrische druk overtreft, dan geldt ten opzichte van een rechthoekig coördinatenstelsel  $XYZ$  de golfvergelijking.

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} \quad c = \sqrt{\frac{kB}{\rho}}$$

waarin  $B$  de barometrische druk,  $\rho$  de gemiddelde dichtheid en  $k = C_p/C_v$  van de lucht voorstelt. De golfvergelijking bepaalt de voortplanting van de geluidstrillingen in de lucht.

De invloed van de wanden wordt wiskundig door de randvoorwaarden aangegeven. In het geval, dat de wanden volkomen vast zijn luiden deze, dat de normaalcomponent van de

stofsnelheid aan de wanden nul is. Hieruit volgt:  $\frac{\partial p}{\partial n} = 0$ ,

waarin  $n$  de normaal op de wand is (is n.l.  $\bar{v}$  de vector van de stofsnelheid van de lucht en  $\phi$  de potentiaal van  $\bar{v}$ , dan is  $\bar{v} = -\nabla \phi$  en  $p = \rho \frac{\partial \phi}{\partial t}$ . Nu is aan de wanden steeds  $v_n = -\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0$  dus  $\frac{\partial p}{\partial n} = \rho \frac{\partial^2 \phi}{\partial t \partial n} = 0$ ).

Men stelle zich nu een rechthoekige ruimte voor en het coördinatenstelsel  $XYZ$  zo geplaatst, dat de assen langs snijlijnen van wanden vallen. De eigentrillingen worden nu aangegeven door

$$p = A \cos n_x \frac{x}{l_x} \pi \cos n_y \frac{y}{l_y} \pi \cos n_z \frac{z}{l_z} \pi \cos (\omega t + \varphi)$$

de bijbehorende eigenfrequenties door

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2}$$

waarin

$n_x, n_y, n_z$  gehele getallen, niet alle drie gelijktijdig nul

$l_x, l_y, l_z$  de afmetingen van de ruimte.

Men gaat door substitutie gemakkelijk na, dat hiermede aan de golfvergelijking en de randvoorwaarden voldaan is.

Er zij aan herinnerd, dat het kenmerk van een eigentrilling van een ruimte, waarin geen energie gedissipieerd wordt is, dat de geluidsdruk in alle punten sinusvormig met de tijd varieert en wel met een zelfde frequentie, de bij die eigentrilling behorende eigenfrequentie. De geluidsdrukken in alle punten van de ruimte zijn hierbij in fase of tegenfase.

Zijn twee der getallen  $n_x, n_y$  en  $n_z$  gelijk aan nul, dan ontstaan de eendimensionale eigentrillingen. Is b.v.  $n_y = n_z = 0$ , dan heeft  $p$  in alle punten van een willekeurig plat vlak //  $YZ$ -vlak eenzelfde waarde. Er zijn  $n_x$  drukknoopvlakken en  $n_x + 1$  drukbuikvlakken, die aan de wanden meegeteld. Het eenvoudigste geval van dien aard n.l.  $n_x = 1$ , is weergegeven in fig. 1a. De met dikke lijnen aangegeven vlakken stellen drukbuikvlakken voor. Het drukknoopvlak is aangegeven met  $p = 0$ .

Is slechts één der getallen  $n_x, n_y$  en  $n_z$  nul, dan ontstaan de tweedimensionale eigentrillingen. Is b.v.  $n_x = 0$ , dan heeft de

geluidsdruk in alle punten van een willekeurige rechte, die evenwijdig aan de  $Z$ -as is eenzelfde waarde. Er ontstaan nu  $n_x + n_y$  drukknopvlakken en  $(n_x + 1)(n_y + 1)$  drukbuiklijnen. Het een-

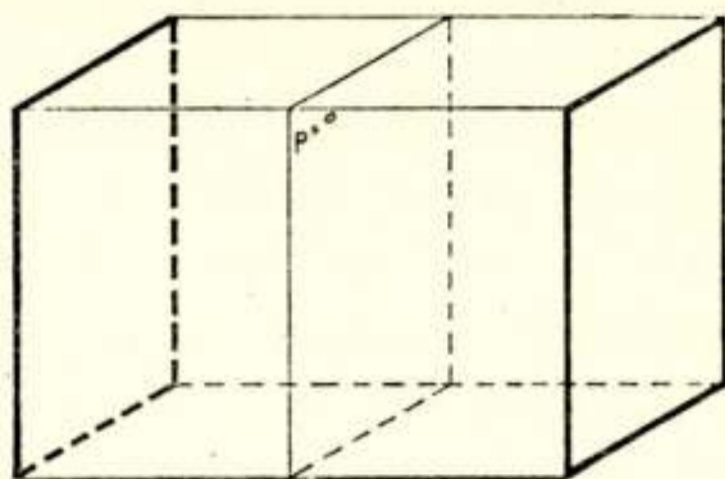


Fig. 1a.

voudigste geval n.l.  $n_x = n_y = 1$  is aangegeven in figuur 1b. De drukbuiklijnen zijn dik getekend.

Is geen der getallen  $n_x$ ,  $n_y$  en  $n_z$  nul, dan ontstaan de drie-

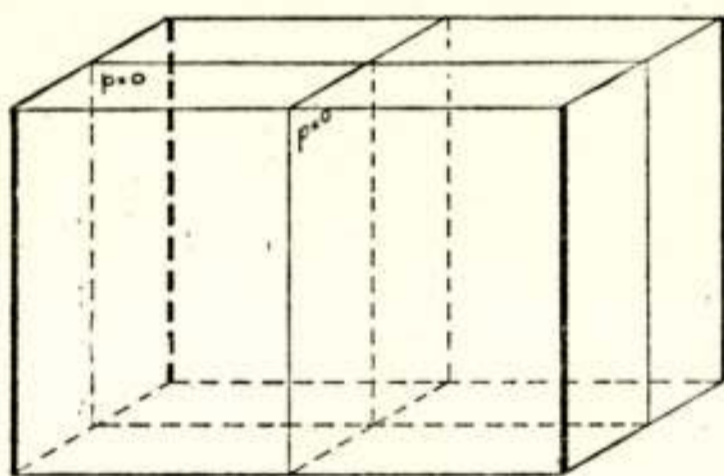


Fig. 1b.

dimensionale eigentrillingen. Er zijn dan  $(n_x + n_y + n_z)$  drukknopvlakken en  $(n_x + 1)(n_y + 1)(n_z + 1)$  drukbuikpunten. Fig. 1c geeft het eenvoudigste geval weer n.l.  $n_x = n_y = n_z = 1$ . De drukbuikpunten zijn met dikke stippen aangegeven.

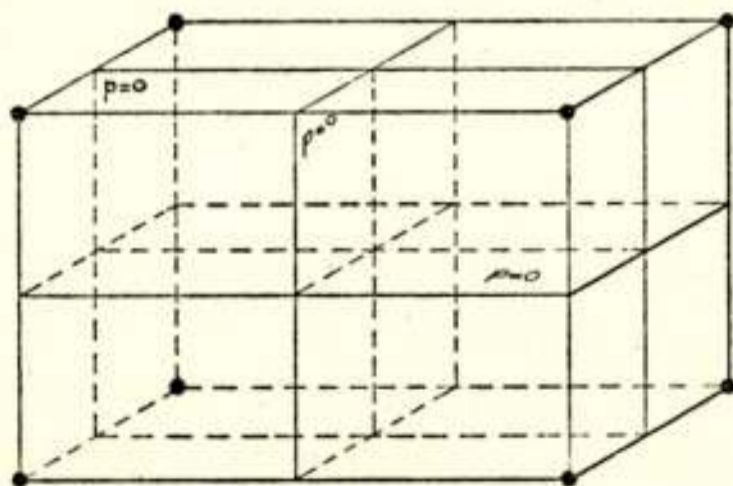


Fig. 1c.

Opmerking verdient, dat elke eigentrilling drukbuiken in de hoekpunten oplevert.

Wordt geluid voortgebracht en de geluidsbron daarna weer

uitgeschakeld, dan ontstaat een trilling, die is op te vatten als de som van in het algemeen alle eigentrillingen. De amplituden en fasen worden bepaald door de beginvoorwaarden, dus door de wijze waarop de lucht in de ruimte in trilling wordt gebracht.

Tenslotte zij nog opgemerkt, dat gemiddeld de eigenfrequenties met toenemende frequentie dichter opeen liggen.

Een exacte berekening van de trillingswijze en eigenfrequenties van anders gevormde ruimten stuit in het algemeen op schier onoverkomelijke moeilijkheden. Slechts in enkele eenvoudige gevallen heeft dit succes opgeleverd. In het voorgaande werd nader op de rechthoekige ruimte ingegaan, omdat hier-

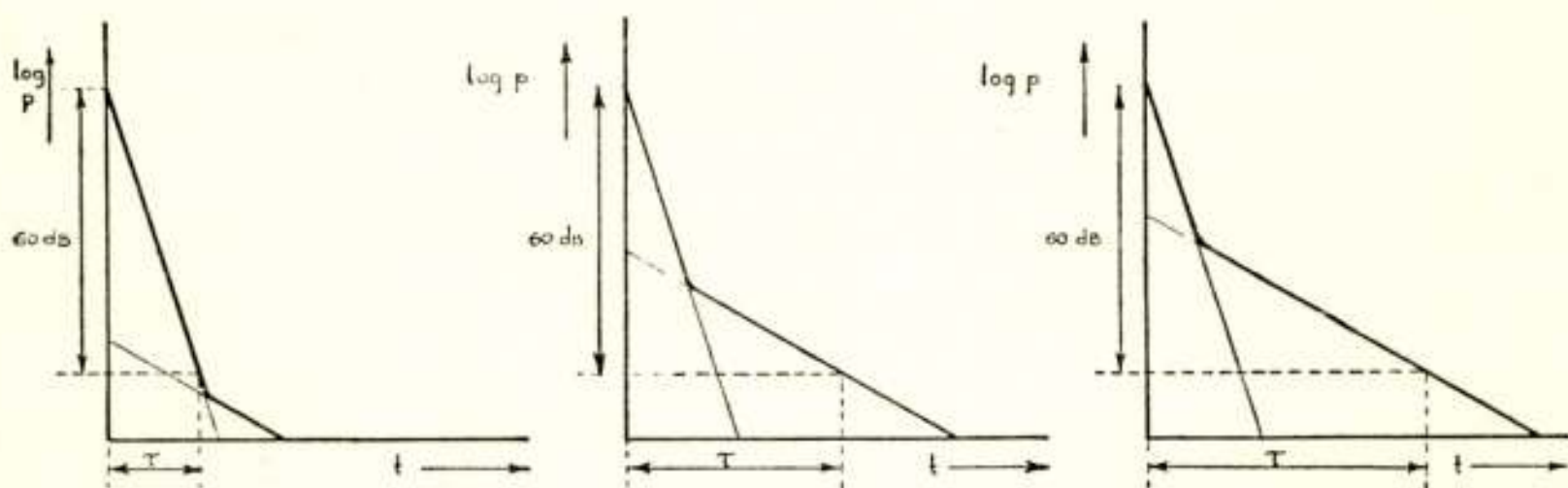


Fig. 2.

van o.a. bij de bespreking van de met het nagalmmeettoestel verkregen meetresultaten gebruik zal worden gemaakt.

*Toepassing van het voorgaande op het nagalmverschijnsel.*

Als gevolg van geluidsabsorptie aan de wanden treden afwijkingen van het in het voorgaande besprokene op. De eigentrillingen zijn nu gedempt. Het verloop van de geluidsdruk in de ruimte, de trillingswijze, wordt niet langer meer aangegeven door de in het voorgaande genoemde formule. Hetzelfde geldt voor de eigenfrequenties. Overigens zijn de afwijkingen voor weinig gedempte eigentrillingen (die de acoustiek van een ruimte dan ook juist ongunstig kunnen beïnvloeden) voldoende gering en leiden de voorgaande resultaten dan tot bruikbare conclusies.

Het is aannemelijk, dat een eigentrilling sterker wordt aangestoten naarmate de frequentie, die door de geluidsbron wordt voortgebracht, minder van de bij die eigentrilling behorende eigenfrequentie afwijkt. Is de betreffende eigentrilling slechts weinig gedempt ten opzichte van in frequentie nabijgelegen eigen-

trillingen, of is het frequentie-verschil met de meest nabijgelegen eigenfrequenties groot (in het lage frequentie-gebied komt dit voor), dan ontstaat het nagalmverschijnsel, dat geïdealiseerd in fig. 2 is weergegeven. Van links naar rechts wordt de eigenfrequentie steeds meer genaderd. Uit een en ander is duidelijk, dat een maximale waarde van de nagalmtijd ( $\tau$ ) optreedt, indien de frequentie van de geluidsbron gelijk is aan de eigenfrequentie.

Opmerking verdient, dat het geheel vaak slechts binnen zulk een klein frequentiegebied meetbaar is (zonder voor de praktijk onbelangrijk te zijn), dat het gemakkelijk aan de aandacht kan ontsnappen, indien niet vele metingen met geringe frequentie-intervallen worden verricht.

Het spreekt vanzelf, dat bij gebruik van een drukmicrofoon (een microfoon, die zijn werking ontleent aan de geluidsdruk) een eigentrilling het sterkst wordt waargenomen, indien deze in een drukbuik wordt geplaatst.

Voorts wordt een eigentrilling het sterkst aangestoten indien de geluidsbron eveneens in een drukbuik van die eigentrilling is opgesteld.

Het is duidelijk, dat al deze feiten met voordeel kunnen worden aangewend om weinig gedempte eigentrillingen op te sporen, om daarna, door op de juiste plaatsen materiaal aan te brengen, dat deze eigentrillingen voldoende dempt, de acoustiek van de ruimte te verbeteren.

### *Beschrijving van de apparatuur.*

#### *Overzicht.*

Het blokschema van de apparatuur is in fig. 3 weergegeven. Pijlen geven de richting van oorzaak naar gevolg aan.

De voor de werking benodigde periodieke schakelingen worden tot stand gebracht door middel van een relais. Dit is opgenomen in een schakeling, aangeduid met „tijdschakeling”, die het relais (tijdrelais) periodiek doet opkomen en afvallen.

Komt het relais op, dan wordt vooreerst een toongenerator verbonden met een luidsprekerversterker; hierop is een luidspreker aangesloten, die in de te meten ruimte is opgesteld.

Tevens bevindt zich hier een drukmicrofoon. De microfoonspanning wordt versterkt. Op de microfoonversterker is een spanningsdeler 1:100 aangesloten ( $R_1, R_2$ ). De onverzwakte en de met een factor 100 verzwakte wisselspanningen worden

gelijkgericht; de laatste laadt via een contact van het tijdrelais een condensator  $C_1$  op.

Nadat zich in de te meten ruimte een stationnair geluidsveld heeft ingesteld, valt het tijdrelais af en wordt de luidspreker uitgeschakeld. Tevens wordt de verbinding van de geladen condensator  $C_1$  met de bijbehorende gelijkrichter verbroken. Terwijl nu het geluidsniveau daalt, behoudt  $C_1$  zijn lading, welke een maat is voor de stationnaire waarde van de geluidsdruk ter plaatse van de meetmicrofoon op het moment, waarop de luidspreker wordt uitgeschakeld.

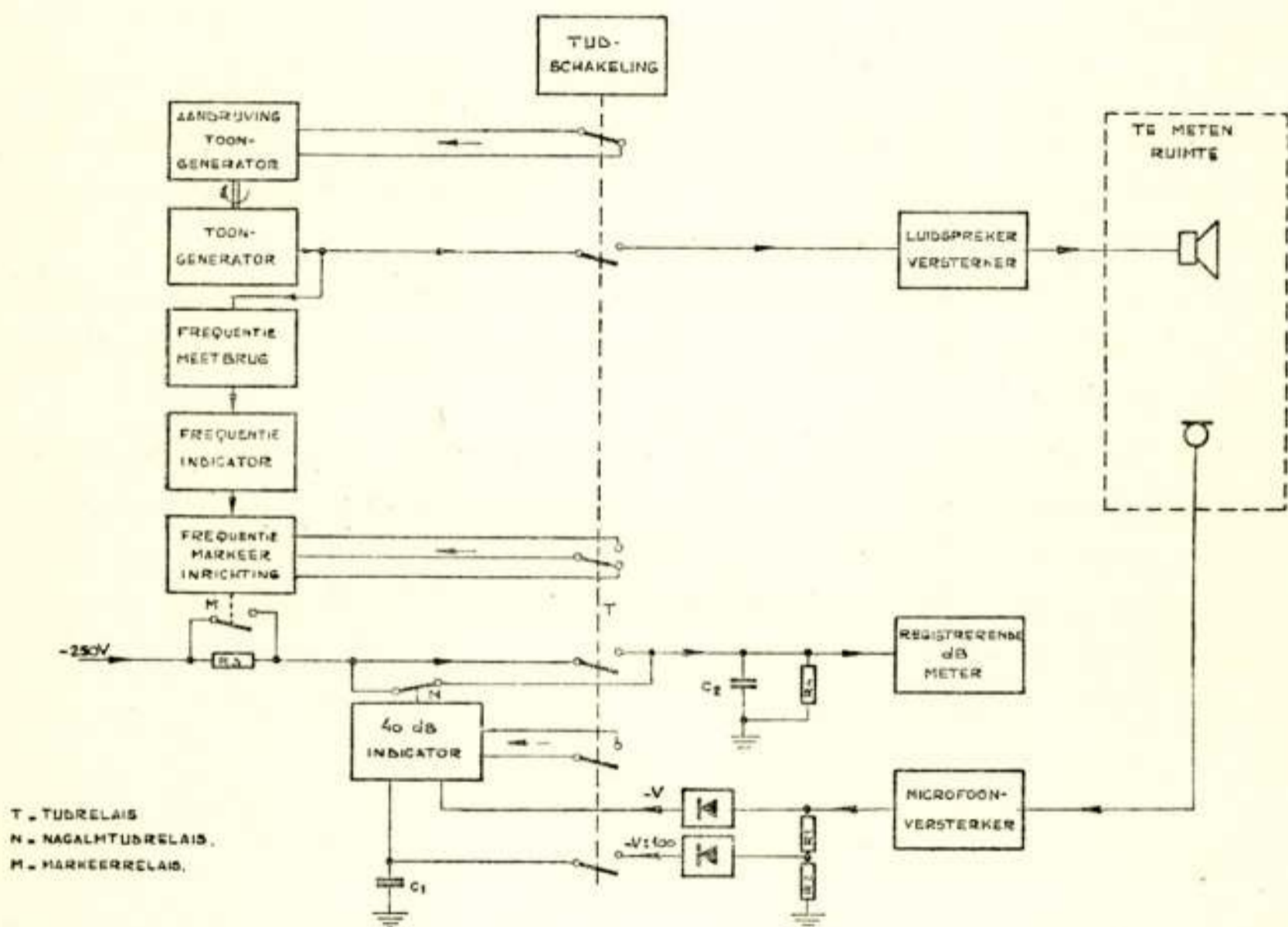


Fig. 3.

De tweede gelijkgerichte microfoonspanning, die aanvankelijk  $100 \times$  zo groot was als de spanning van de condensator, daalt nu met het geluidsniveau. Beide gelijkspanningen worden geleid naar een schakeling, die is aangeduid met „40 db indicator”.

Deze schakeling bevat een relais (nagalmtijdrelais), dat afvalt op het tijdstip, waarop beide gelijkspanningen gelijk zijn geworden. Op dit tijdstip is dus de variërende gelijkspanning, alsmede de geluidsdruk met een factor 100 d.i. 40 db afgenomen.

Het tijdsverloop tussen het uitschakelen van de luidspreker en het afvallen van het nagalmtijdrelais is dus  $\frac{2}{3}$  van de nagalmtijd, althans bij exponentieel dalende geluidsdruk. De na-

galmtijd is immers gedefinieerd over  $60\text{ db}$ . Dit tijdsverloop wordt nu als volgt geregistreerd.

Een registrerende  $db$  meter, die oorspronkelijk was ingericht voor het registreren van wisselspanningen volgens een logaritmische schaal, werd tevens geschikt gemaakt voor het registreren van gelijkspanningen en wel eveneens volgens een logaritmische schaal.

Op het moment, waarop de luidspreker wordt ingeschakeld, wordt tevens een condensator  $C_2$ , waarop de registrerende  $db$  meter is aangesloten, door een gelijkspanningsbron via een

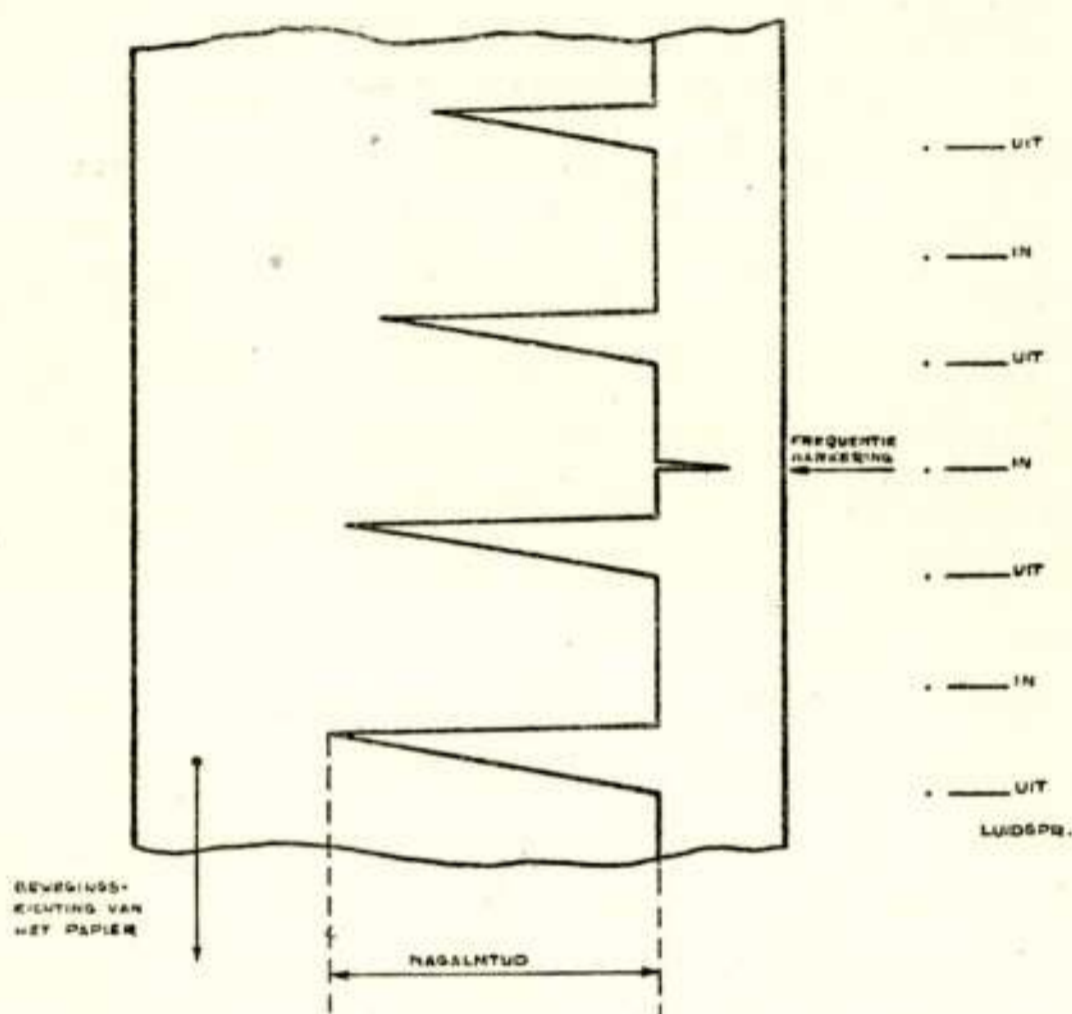


Fig. 4.

serie-weerstand  $R_3$ , waarvan de functie verderop wordt besproken, opgeladen en de schrijfstift van de  $db$  meter beweegt zich snel naar rechts. Wordt de luidspreker uitgeschakeld, dan wordt de verbinding tussen de gelijkspanningsbron en  $C_2$  verbroken; deze ontladst zich exponentieel over een weerstand  $R_4$  en de logaritmisch aanwijzende schrijfstift beweegt zich met een constante snelheid naar links en wel totdat het nagalmtijdrelais afvalt. Dan wordt de verbinding tussen gelijkspanningsbron en condensator weer hersteld, deze wordt snel opgeladen en de schrijfstift beweegt zich weer naar rechts.

De schrijfstift beweegt zich dus vanuit een vaste beginstand met een constante snelheid naar links gedurende een tijdsverloop, dat gelijk is aan  $\frac{2}{3}$  van de nagalmtijd. De schrijfstift

legt hierbij een weg af, die een maat is voor de nagalmtijd. (fig. 4)

Doordat telkens, nadat de luidspreker wordt uitgeschakeld, de frequentie van de toongenerator automatisch een weinig wordt verhoogd en het registreerpapier zich zeer langzaam verplaatst, ontstaan hierop een aantal dicht opeen gelegen rechte lijnen, vrijwel loodrecht op de voortbewegingsrichting van het papier, waarvan de linkeruiteinden de grafische voorstelling vormen van de nagalmtijd als functie van de frequentie; de rechteruiteinden vormen de nulas van de nagalmtijdschaal.

De grafiek moet nu nog worden voorzien van een frequentieschaal. Hiertoe is een frequentiemeetbrug van Wien aangebracht. Deze is aangesloten op een toongenerator. Zoals bekend, is bij constante spanning van de toongenerator de brugtakspanning minimaal, indien de frequentie overeenkomt met de instelling van de brugtakimpedanties; deze instelling is voorzien van een frequentieschaal. Hiermede is een zeer nauwkeurige frequentiebepaling mogelijk ( $\pm 1 \text{ Hz} \pm 1^0/_{00}$ ).

Op de brugtak is een frequentie-indicator aangesloten. Deze bevat een relais, dat opkomt indien de brugtakspanning door minimum gaat. Hierdoor wordt een impuls doorgegeven aan een markeerinrichting. Dit geschiedt uiteraard op een tijdstip, waarop de frequentie van de toongenerator wordt gevarieerd en de luidspreker wordt uitgeschakeld, dus wanneer de schrijfstift van de *db* meter zich naar links beweegt en een ordinaat van de grafiek beschrijft. Wordt de luidspreker ingeschakeld en bevindt de schrijfstift zich dus aan de rechterzijde, dan komt gedurende zeer korte tijd een relais van de markeerinrichting op en sluit de serieweerstand  $R_3$  kort, waardoor de gelijkspanning aan de *db* meter wordt verhoogd en de schrijfstift even een geringe uitwijking rechts van de nulas maakt. Hierdoor wordt een frequentiemarkering op het registreerpapier verkregen.

In het navolgende zullen enkele details nader worden besproken.

### *Tijdschakeling.*

Het principe van de tijdschakeling, het centrale orgaan met behulp waarvan alle periodieke schakelingen worden verricht, is afgebeeld in fig. 5.

In het kathodecircuit van een penthode is een potentiometer  $R_5$  opgenomen. Een tweede potentiometer  $R_6$  wordt hieraan al



dan niet parallel geschakeld, afhankelijk van de stand van het tijdrelais.

Vanuit een gelijkspanningsbron vloeit een stroom via weerstand  $R_7$  door de potentiometers, die groot is ten opzichte van de kathodestroom van de penthode. Daar bovendien  $R_7$  groot is ten opzichte van  $R_5$  en  $R_6$  is de totale stroom door de beide potentiometers gezamenlijk practisch constant. Daar verder ook  $R_8$  groot is ten opzichte van  $R_5$  en  $R_6$  wordt de spanning aan

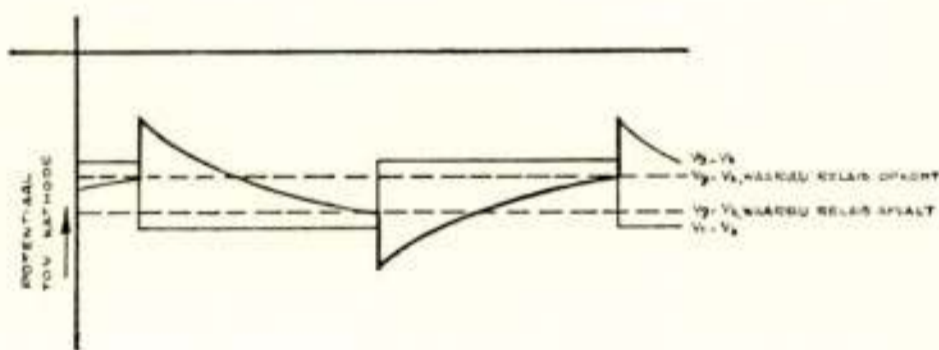
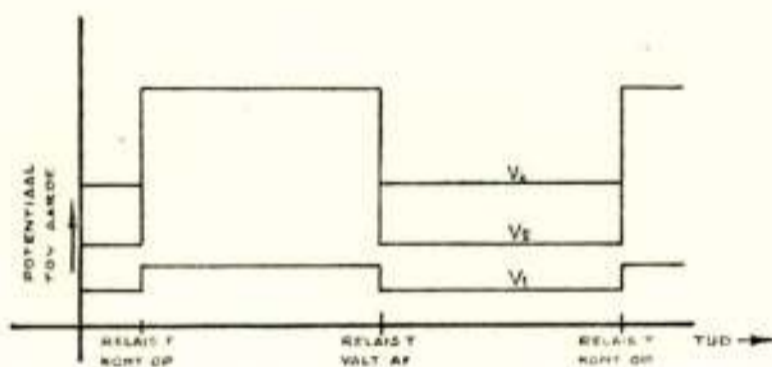
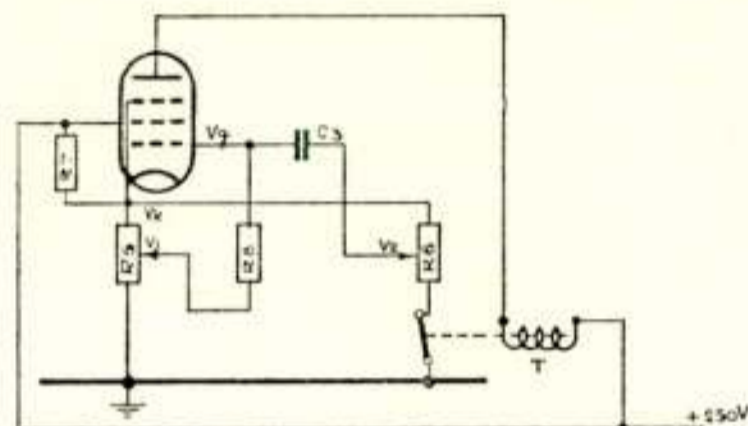


Fig. 5.

de potentiometerarmen niet beïnvloed door het erop aangesloten circuit  $R_8, C_3$ .

Met  $V_1, V_2, V_k$  en  $V_g$  zijn de potentialen aangeduid van resp. de potentiometerarmen, de kathode en het stuurrooster ten opzichte van aarde. Het verloop van deze grootheden met de tijd is weergegeven.

$V_k$  is practisch gelijk aan de constante stroom door  $R_7$  maal  $R_5$  of de parallelweerstand van  $R_5$  en  $R_6$ ;  $V_2$  is gelijk aan  $V_k$  of een deel ervan en wel al naar gelang het relaiscontact is geopend of gesloten. Verder is  $V_1$  een deel van  $V_k$ .

Ook zijn enkele met  $V_k$  verminderde potentialen aangegeven. Tevens zijn met streeplijnen de waarden van  $V_g - V_k$  aangegeven, waarbij het relais opkomt en afvalt. De sprong in  $V_2$  wordt door de condensator  $C_3$  overgedragen op  $V_g$ , terwijl overigens  $V_g$  exponentieel nadert tot  $V_1$  en dus  $V_g - V_k$  tot  $V_1 - V_k$ . Uit een en ander volgt het geschetste verloop van  $V_g - V_k$ , dat zuiver periodiek is, wanneer de per periode gemiddelde lading van  $C_3$  constant is, een toestand, die zich korte tijd na inschakelen van de apparatuur vanzelf instelt.

Het ligt voor de hand om de ingalmperiode (luidspreker in) gelijk te kiezen aan de nagalmperiode (luidspreker uit). Dit wordt bereikt door de beide asymptoten ( $V_1 - V_k$ ) op gelijke afstand ter weerszijden van de streeplijnen te leggen. Het verplaatsen van deze asymptomen geschiedt met behulp van de

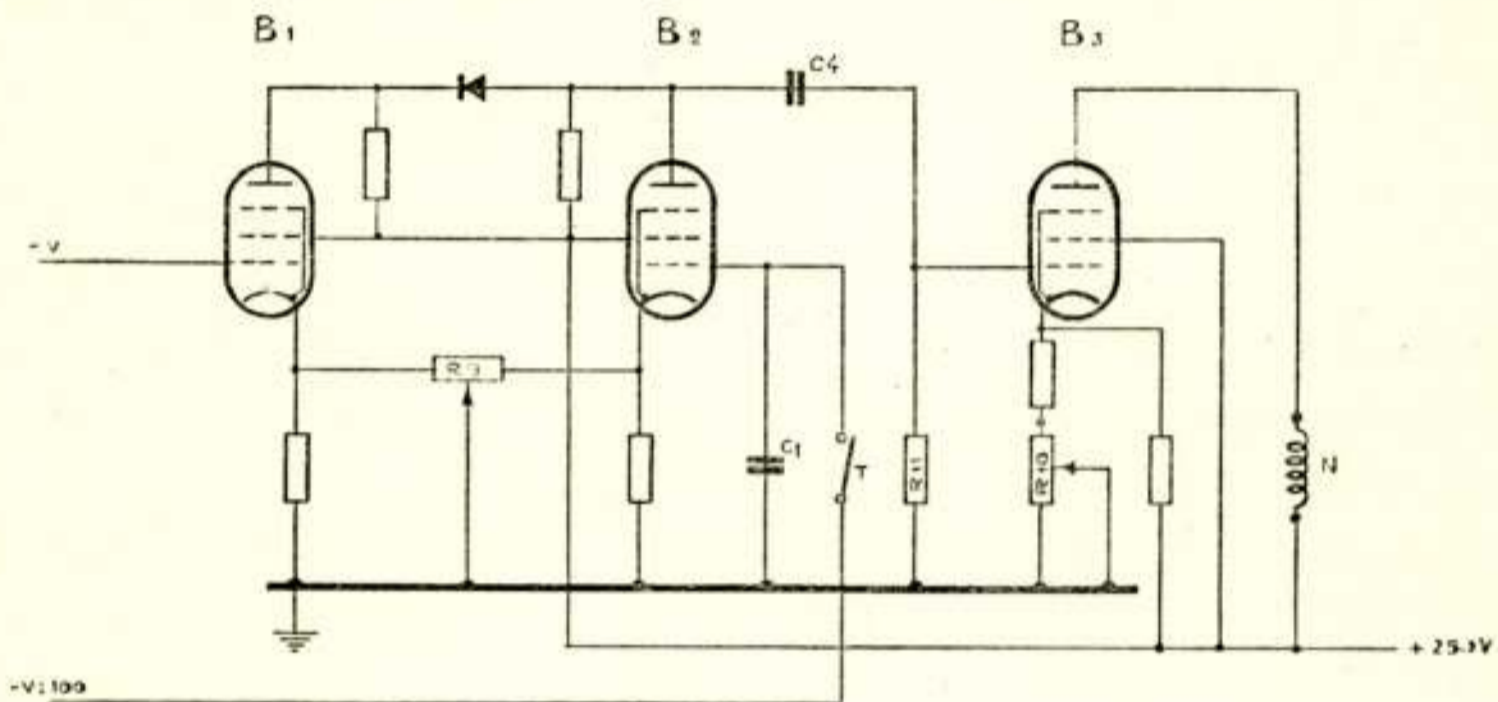


Fig. 6.

potentiometer  $R_5$ . Men gaat gemakkelijk na, dat hiermede beide asymptomen gelijktijdig evenwijdig aan zichzelf naar boven of naar beneden worden verplaatst.

De duur van de periode hangt nu overigens nog af van de tijdsconstante  $C_3 R_8$  en van de grootte van de sprong in  $V_g - V_k$ .

De weerstand  $R_8$  is in drie stappen regelbaar volgens waarden, die zich verhouden als 1 : 2 : 4 en waarmee beide perioden (in- en nagalm) kunnen worden gebracht op 2, 4 of 8 sec. Deze perioden worden uiteindelijk gezamenlijk met de potentiometer  $R_6$  ingesteld, waardoor de grootte van de sprong in  $V_g - V_k$  wordt gevarieerd. Deze instelling beïnvloedt de reeds met  $R_5$  ingestelde gelijkheid van de in- en nagalmperiode niet meer.

*40 db indicator.*

De 40 db indicator legt het tijdstip vast, waarop de geluids-

druk voor de microfoon na het uitschakelen van de luidspreker 40 db is verminderd. Het principeschema is met weglating van enkele details in fig. 6 weergegeven.

Aan de stuurroosters van twee gelijke buizen  $B_1$  en  $B_2$ , waarvan de instellingen gelijk zijn (gelijke kathode- en anodeweerstanden), zijn resp. de gelijkgerichte microfoonspanning  $-V$  en de van een spanningsdeler afgenomen gelijkspanning  $-V:100$  gelegd. Beide spanningen hebben een negatieve polariteit ten opzichte van aarde. De laatste laadt via een contact van het tijdrelais  $T$  de condensator  $C_1$  op.

Nadat dit contact is geopend en de luidspreker dus is uitgeschakeld, daalt de stuurroosterspanning aan  $B_1$ , terwijl die van  $B_2$  constant blijft. Aanvankelijk is de anodespanning van  $B_1$  hoger dan die van  $B_2$ . Een tussen de beide anoden geschakelde gelijkrichtcel laat dan niet door. Terwijl nu de anodespanning van  $B_2$  constant is, daalt die van  $B_1$ . Vanaf het tijdstip, waarop beide stuurroosterspanningen en dus ook beide anodespanningen gelijk zijn geworden, keert de polariteit van de spanning aan de gelijkrichtcel om, wordt deze geleidend, zijn beide anoden met elkaar verbonden en volgt de anodespanning van  $B_2$  de daling van de anodespanning van  $B_1$  (zij het met halvering van de versterking).

Deze spanningsdaling wordt door  $C_4$ ,  $R_{11}$  overgebracht op het stuurrooster van  $B_3$ . In de anodekring van deze buis is de spoel van het nagalmtijdrelais  $N$  opgenomen. De anodestroom van  $B_3$  is met behulp van de variabele weerstand  $R_{10}$  zo ingesteld, dat bij de geringste afname dit relais afvalt. Dit geschiedt dan ook onmiddellijk nadat de anodespanning van  $B_2$  begint te dalen, d.w.z. het geluidsniveau met 40 db is afgenomen.

Teneinde te voorkomen, dat tegen het eind van de nagalmperiode, als gevolg van storingen van laag niveau (hetzij acoustische of elektrische), een kortstondige toename van de stuurroosterspanning van  $B_1$  het nagalmtijdrelais weer zou doen opkomen, wordt bij het afvallen van het nagalmtijdrelais de stroom door de relaisspoel met behulp van een contact van dit relais geheel verbroken. Aan het begin van de ingalmperiode wordt met een contact op het tijdrelais deze stroom weer zo verhoogd, dat het nagalmtijdrelais opkomt en gereed is voor de volgende meting.

De beide laatstgenoemde voorzieningen zijn duidelijkheidshalve niet in het schema aangegeven.

*Aandrijving loongenerator.*

De variatie van de frequentie na iedere meting wordt teweeggebracht met een stappenschakelaar. De draaibeweging hiervan wordt met een buigzame as en een vertragende tandwieloverbrenging overgebracht op de afstemcondensator van de zwevingstoongenerator. Fig. 7 laat het vereenvoudigde schema zien.

De stappenschakelaar bevat drie onder  $120^\circ$  op een as gemonteerde contactarmen, die over een contactbaan met 12 contacten slepen. De contactbaan beslaat  $120^\circ$  van een cirkel, waarvan het middelpunt in de as valt. Het geheel is nog eens in

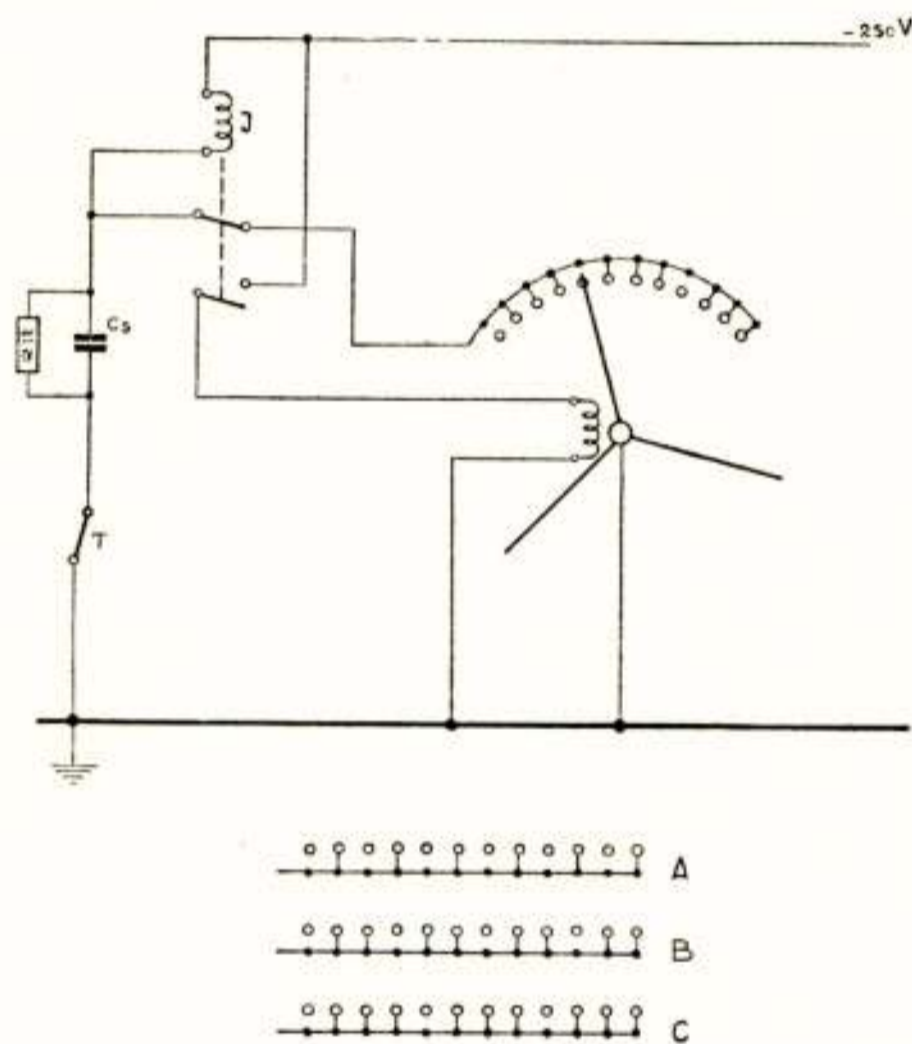


Fig. 7.

drievoud uitgevoerd en wel met een gemeenschappelijke as. Eén dergelijk systeem is in het schema getekend.

De contacten van de getekende contactbaan zijn om de vier niet aangesloten; de overigen zijn doorverbonden.

Het impulsrelais  $I$  is als een elektrische schel geschakeld en het anker geraakt in trillende beweging als het getekende contact van het tijdrelais is gesloten en een van de contactarmen van de stappenschakelaar op een aangesloten contact van de contactbaan staat. De frequentie van deze trilbeweging wordt behalve door de mechanische grootheden van het relais mede bepaald door de weerstand van de relaisspoel en de condensator  $C_5$ , die dan parallel aan het verbreekcontact staat.

Via een maakcontact van dit relais worden stroomimpulsen door de spoel van de stappenschakelaar gezonden, waardoor deze stapsgewijze wentelt. Dit gaat door, totdat een contact-arm een niet aangesloten contact ontmoet.

Komt het tijdrelais op, dan wordt het getekende contact verbroken en ontlaadt de condensator  $C_5$  zich over de weerstand  $R_{12}$ . Deze weerstand is zo groot gekozen, dat de trilbeweging van het relais er niet door wordt beïnvloed. Anderzijds is de tijdconstante  $C_5 R_{12}$  zo klein, dat bij het eerstvolgend afvallen van het tijdrelais de condensator practisch geheel ontladen is. Doordat dan echter het contact van het tijdrelais weer wordt gesloten, ontstaat een stroomstoot door de spoel van het impulsrelais, waardoor dit een moment opkomt en de stappenschakelaar over het niet aangesloten contact van de contactbaan heen helpt. Deze loopt daarna door totdat wederom een niet aangesloten contact wordt aangetroffen.

Zoals reeds opgemerkt is de stappenschakelaar drievoudig. De drie contactbanen zijn in gestrekte toestand onderaan in de figuur getekend. Door middel van een omschakelaar (niet getekend) kunnen elk van deze contactbanen, alsmede combinaties ervan, worden gekozen.

Wordt geen der contactbanen aangesloten, dan volbrengt de stappenschakelaar telkens slechts 1 stap. Wordt  $A$ ,  $B$  of  $C$  aangesloten, dan bedraagt het aantal stappen resp. 2, 3 en 4. Worden tenslotte  $A$  en  $B$  of  $B$  en  $C$  benut, dan is het aantal stappen resp. 6 of 12.

Aldus zijn alle delers van 12 mogelijk gemaakt en kunnen de frequentieintervallen naar behoefte worden gekozen.

#### *Frequentieindicator.*

De frequentieindicator constateert het moment, waarop de meetfrequentie de op de frequentiemeetbrug ingestelde waarde passeert, de brugtakspanning dus door minimum gaat.

De gelijkgerichte brugtakspanning (positief ten opzichte van aarde), is via het lid  $C_6$ ,  $R_{13}$  (zie fig. 8) verbonden met het stuurrooster van een buis, waarvan de anodestroom vloeit door de spoel van het frequentierelais  $F$ . Aanvankelijk verkeert dit in afgevallen toestand.

Als gevolg van de sprongsgewijze frequentievariatie toont de grafiek van de gelijkspanning  $V$  een stapjeskromme. Door juiste dimensionering van de tijdsconstante  $C_6 R_{13}$  ontstaat het in

de grafiek aangegeven verloop van de stuurroosterspanning  $V_g$ .

Voordat het minimum van de brugtakspanning is bereikt, treedt periodiek een kortstondige vermindering van de anodestroom op. Bij het passeren van het minimum doet echter een kortstondige toename van de anodestroom het relais  $F$  opkomen en het blijft in deze positie. Hierbij is gebruik gemaakt van het feit, dat de stroom, die het relais juist doet opkomen, een weinig groter is dan de afvalstroom.

De inmiddels geladen condensator  $C_7$  geeft hierbij een positieve spanningsimpuls door aan de frequentie-markeerinrichting,

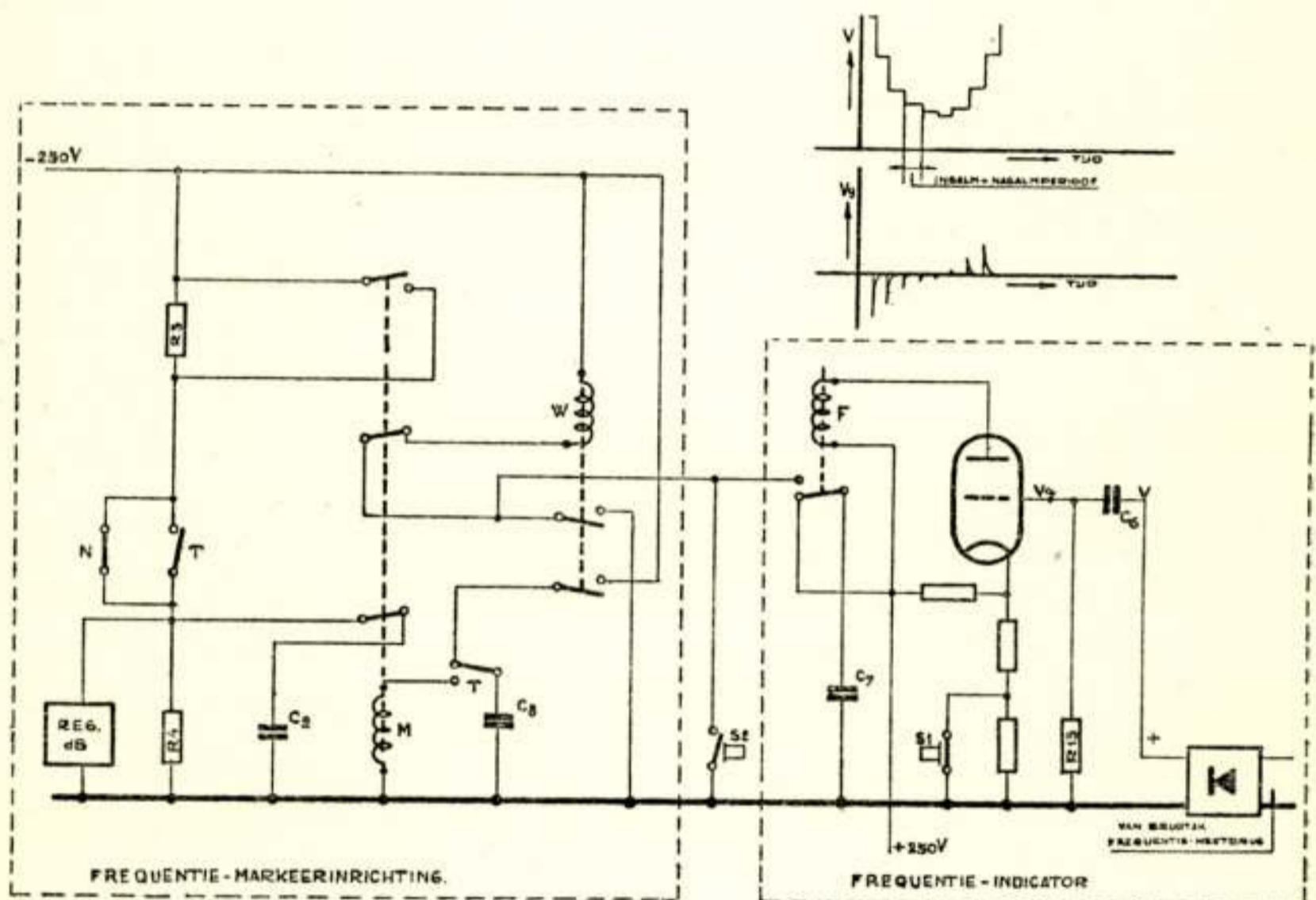
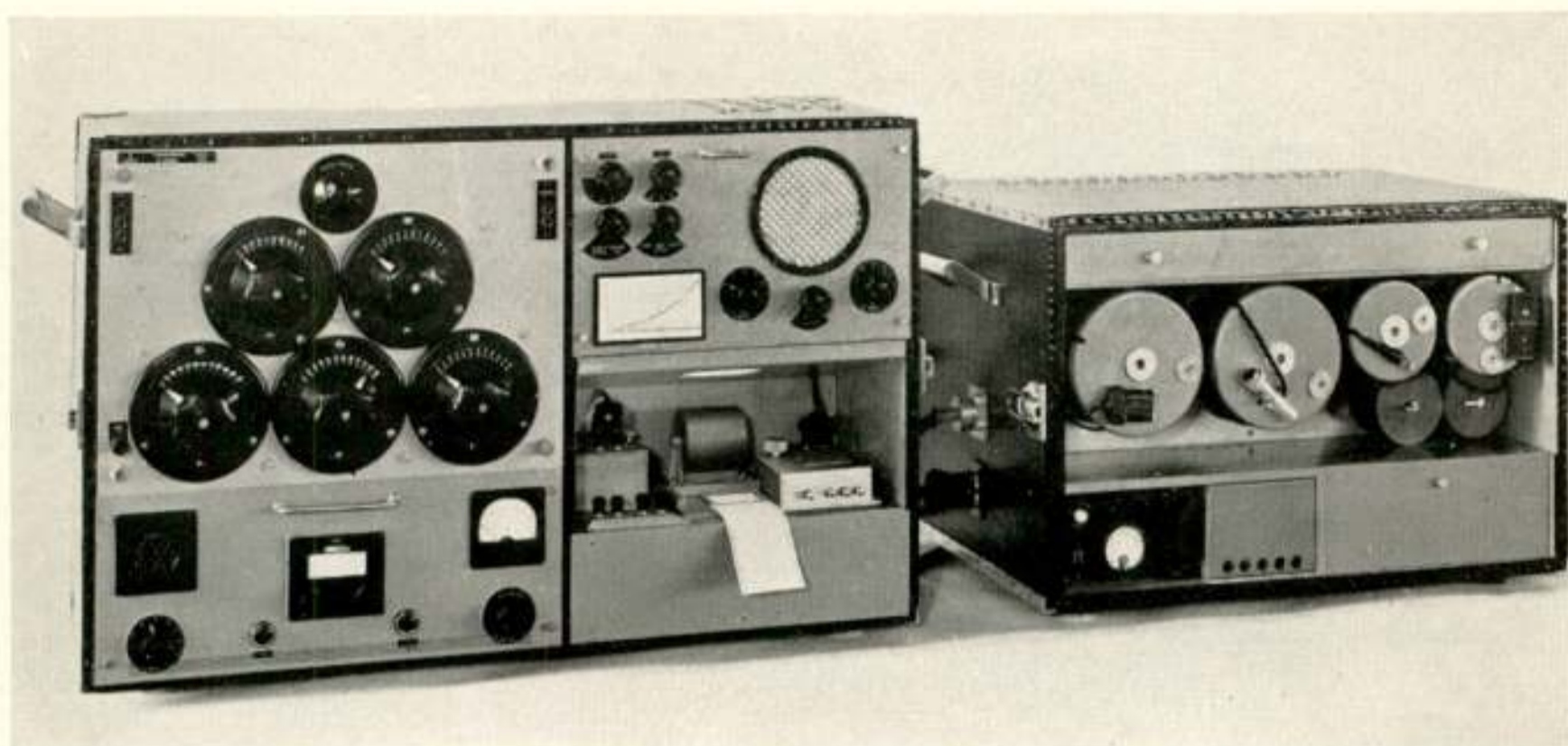


Fig. 8.

die op een hierna te bespreken wijze een frequentiemarkering op het registreerpapier doet ontstaan.

Hierna wordt met de hand de frequentiemeetbrug ingesteld op de volgende frequentie waarbij men een markering wenst en wordt de drukknopschakelaar  $S_1$  ingedrukt, waardoor het relais  $F$  weer afvalt. Aldus wordt voorkomen, dat als gevolg van de tijdens het opnieuw instellen van de frequentiemeetbrug ontstaande variaties in de brugtakspanning een ontijdige frequentiemarkering ontstaat.



Links ziet men de meetkoffer, rechts de voedingskoffer. Aan de meetkoffer onderscheidt men links boven de frequentiemeetbrug, rechts onder de registrerende *db* meter.

Het paneel links onder bevat een microfoon voor communicatie met de te meten ruimte, waaronder de regelaar van de microfoonversterker. In het midden de toongenerator met een nulinstelling en een grof- en fijnregeling. Daarnaast de buisvoltmeter, waaronder een draaischakelaar met behulp waarvan deze kan worden geschakeld achter de microfoonversterker of op de brugtak van de frequentiemeetbrug. Door deze schakelaar in te drukken wordt schakelaar  $S_1$  van fig. 9 bediend. Verder ziet men twee drukknopschakelaars; een waarmee een markering kan worden gegeven, een tweede waarmee de meetluidspreker kan worden ingeschakeld.

Het paneel rechts boven bevat een luidspreker, die via een kleine eindversterker op de uitgangscontacten van de microfoonversterker is aangesloten. Daaronder de bijbehorende sterkteregelaar, een schakelaar met behulp waarvan de bovengenoemde microfoon of de toongenerator op de luidsprekerversterker kan worden aangesloten en een sterkteregelaar voor deze versterker. Voorts 4 schakelaars met de volgende functies: instelling van het aantal stappen van de stappenschakelaar (1, 2, 3, 4, 6 en 12), instelling van het meetbereik (2, 4 en 8 sec.), meting nagalmtijd of nagalmverschijnsel en tenslotte hand-, halfautomatische- en automatische bediening.

In de voedingskoffer ziet men 4 kabelhaspels en 2 reserve rollen registreerpapier. Links onder netschakelaar, signaallampje, smeltveiligheden, kortsluitstekers voor instelling op 110, 127 en 220 V en een voltmeter voor controle van de netspanning.





*Frequentiemarkeerinrichting.*

De impuls, die door de frequentieindicator wordt afgegeven, ontstaat in het deel van de periode, waarin de frequentie van de toongenerator wordt gevarieerd; dit is noodzakelijk de nagalmperiode, daar gedurende de ingalmperiode de frequentie constant moet zijn. Dan tekent echter de *db* meter een ordinaat van de nagalmkromme op. Teneinde nu deze meting niet te verstoren wordt de frequentiemarkering uitgesteld tot aan het begin van de eerstvolgende ingalmperiode. Men gaat gemakkelijk na, dat de frequentiemarkering dan tevens op de juiste plaats langs de tijdas verschijnt.

Het uitstellen van de markering geschiedt door middel van het wachtrelais *W* (fig. 8). Komt het relais *F* op, dan wordt  $C_7$  van  $+250 V$  tot  $-250 V$  ten opzichte van aarde geladen. De hiermee gepaard gaande kortstondige stroom vloeit door de spoel van relais *W* en dit komt eveneens op. Via een maakcontact van dit relais wordt de stroom door de spoel onderhouden. Tevens wordt de condensator  $C_8$  opgeladen.

Aan het eind van de nagalmperiode komt het tijdrelais *T* op en ontlaadt  $C_8$  zich over de spoel van het markeerrelais *M*. Dit komt gedurende een korte tijd op;  $R_3$  wordt even kortgesloten en een verbinding van  $C_2$  (zie ook fig. 3) losgemaakt, de spanning aan de *db* meter wordt verhoogd en de frequentiemarkering komt tot stand. Tevens valt relais *W* af.

Daar  $C_8$  niet meer wordt opgeladen verschijnt er slechts één markering.

Tenslotte kan ook door het bedienen van een drukknop-schakelaar  $S_2$  een markering worden gegeven.

*Nog enkele bijzonderheden.*

Zoals reeds is opgemerkt, kan de duur van de in- en van de nagalmperiode worden ingesteld op 2, 4 en 8 seconden. Dit geschiedt met behulp van een schakelaar, waarmee tevens de tijdconstante  $R_4C_2$  (fig. 3) in diezelfde verhouding wordt gevarieerd. Dit beïnvloedt de snelheid, waarmee de *db* meter een ordinaat optekent en dus het meetbereik. De betreffende meetbereiken zijn resp. 2, 4 en 8 sec. nagalmtijd.

De fluctuaties in het nagalmverschijnsel, waarvan de periode klein is ten opzichte van de nagalmtijd, worden door een juiste dimensionering van de tijdconstante van de gelijkrichter, die

op de microfoonversterker is aangesloten, afgevlakt. Deze tijdconstante wordt met de hierboven besproken meetbereikschakelaar aangepast aan het gekozen meetbereik. Aldus wordt het nagalmverschijnsel enigszins geëffend, alvorens het aan de 40 *db* indicator wordt toegediend

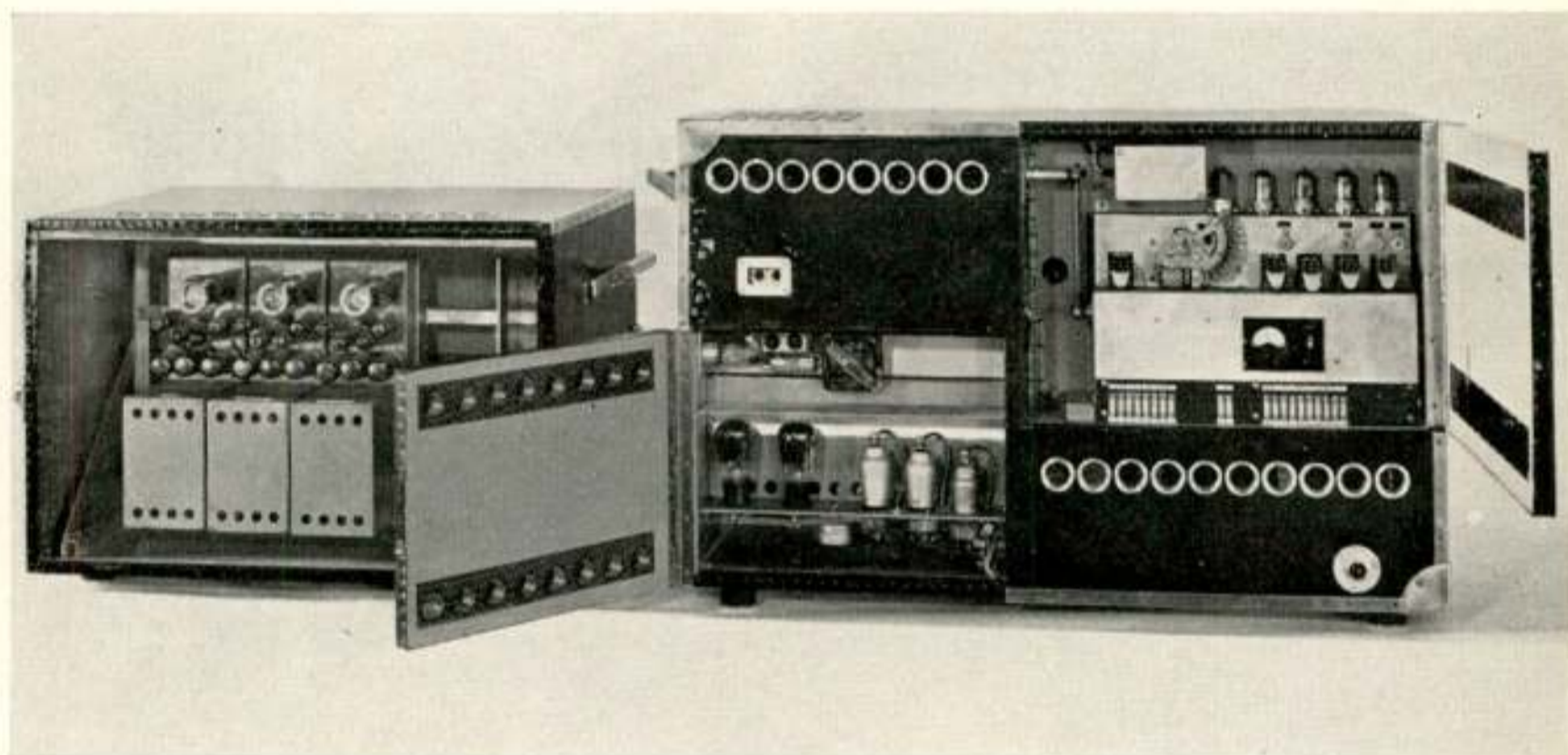
Fluctuaties in het stationnaire geluidsniveau bij opeenvolgende meetfrequenties, voornamelijk samenhangend met acoustische eigenschappen van de te meten ruimte en voor een geringer deel met de frequentiekaracteristiek van de luidspreker, zijn niet van invloed op de geregistreerde nagalmtijd. Dit maakt een voortdurend bijregelen van de aan de luidspreker toegevoerde wisselspanning onnodig. Er behoeft slechts voor te worden gezorgd, dat het niveau voldoende hoog is ten opzichte van versterkerruis en -brom en eventuele stoorgeluiden.

De maximale wisselspanning, die de microfoonversterker kan leveren is echter beperkt, terwijl het niveau, waarbij de 40 *db*-indicator functionneert naar beide zijden is begrensd. Een en ander is zo gedimensioneerd, dat een variatie van 20 *db* in de stationnaire wisselspanning, die aan het eind van de ingalmperiode door de microfoonversterker wordt geleverd, is toegestaan. Deze spanning wordt gecontroleerd met een buisvoltmeter, waarvan de schaalverdeling is voorzien van twee rode merkstrepen (factor 1 : 10) en zo nodig bijgesteld met een sterkte-regelaar, die op de microfoonversterker is aangebracht.

Behalve de nagalmkromme (nagalmtijd als functie van de frequentie) kan evenzeer per frequentie het nagalmverschijnsel (geluidsdruk als functie van de tijd) worden geregistreerd. Hiertoe wordt met een schakelaar de registrerende *db* meter geschikt gemaakt voor het registreren van wisselspanningen en verbonden met de uitgangcontacten van de microfoonversterker. Het in- en uitschakelen van de luidspreker en het variëren van de frequentie geschiedt hierbij desgewenst ook weer automatisch.

Voorts is het ook mogelijk om frequentiekaracteristieken op te nemen en wel de stationnaire geluidsdruk ter plaatse van de microfoon als functie van de frequentie bij constante spanning aan de luidspreker. Door hierop een correctie voor de frequentiekaracteristieken van de luidspreker en de microfoon aan te brengen, wordt een frequentiekaracteristiek van de ruimte verkregen bij de gegeven opstelling.

Uiteraard is het ook mogelijk om per frequentie de geluidsdrukverdeling in de ruimte te registreren door de microfoon te verplaatsen.



Bovenstaande foto toont de achterzijde van het meettoestel. Rechts boven het chassis, waarin de elementen voor de automatische meting zijn ondergebracht. Behalve een aantal relais ziet men hier de stappenschakelaar voor aandrijving van de toongenerator. Links onderaan ziet men de achterzijde van de registrerende *db* meter.

Geheel links de voedingskoffer, waarin 3 gestabiliseerde voedingsapparaten.



Tenslotte zij vermeld, dat voorzieningen zijn getroffen om de werking van enkele essentiële onderdelen, waaronder in het bijzonder de 40 db indicator, te toetsen en zo nodig door bijstellen te corrigeren.

### *Uitvoering.*

Het geheel is ondergebracht in twee koffers, de eigenlijke meetkoffer en de voedingskoffer.

De meetkoffer bevat, behalve alle in het voorgaande beschreven onderdelen, een kleine eindversterker met luidspreker, die op de microfoonversterker kan worden aangesloten en een microfoon, die kan worden verbonden met de luidsprekerversterker van fig. 3. Hiermede is communicatie in beide richtingen mogelijk tussen de plaats, waar de meetapparatuur is opgesteld en de te meten ruimte. Hiervan kan met voordeel gebruik worden gemaakt bij meting van de geluidsverdeling in een ruimte.

De voedingskoffer bevat 3 gestabiliseerde voedingsapparaten. Verder 4 kabelhaspels (luidspreker-, microfoon-, net- en aard-snoer), een autotransformator, die het toestel geschikt maakt voor netspanningen van 110, 127 en 220 V en opbergmogelijkheid voor reservebuizen, rollen registreerpapier e.d.

Teneinde het richteffect van de geluidsbron zoveel mogelijk te beperken en daardoor de meetresultaten onafhankelijk te maken van de stand ervan, is gebruik gemaakt van een luidsprekerkast, die de vorm heeft van een regelmatig viervlak tegen welks zijvlakken vier luidsprekers zijn gemonteerd. De luidsprekers zijn isofasisch aangesloten.

Voor verdere bijzonderheden zij naar de onderschriften der foto's verwezen.

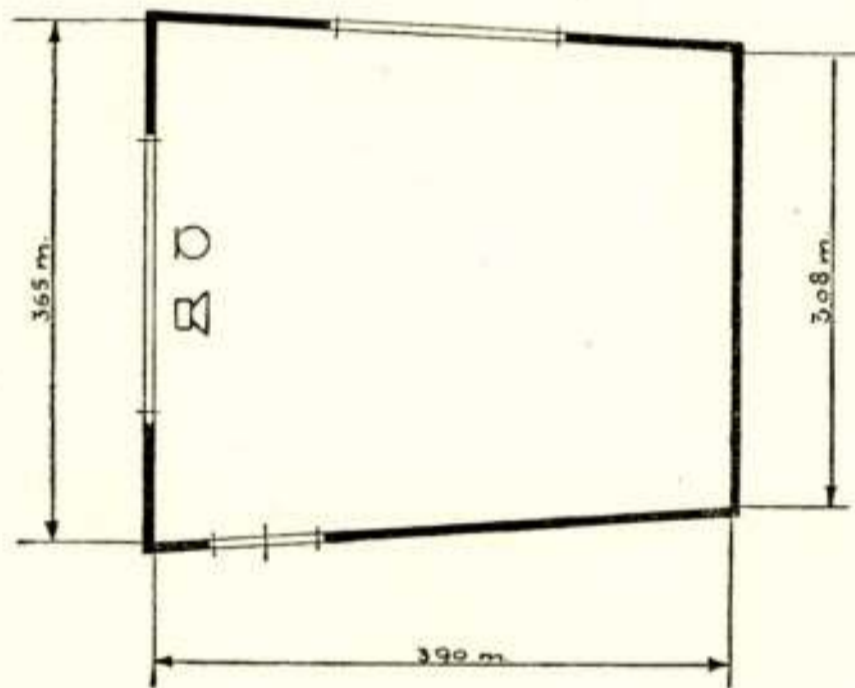
### *Meetresultaten.*

Reeds vele ruimten werden met de beschreven apparatuur onderzocht. Vooral het automatisch optekenen van de nagalmkromme bleek hierbij een zeer waardevol hulpmiddel te zijn. In korte tijd worden vele metingen verricht, die bovendien in een zeer overzichtelijke vorm verschijnen.

Behalve ruimte-resonanties als gevolg van onvoldoend gedempte eigenfrequenties, voornamelijk in het lage frequentiegebied, werden ook resonanties van vensters, verwarmingsradia-

toren, beplating van stalen kasten en schrijfbureau's geregistreerd. Hoewel de resonantiebreedte van deze resonanties vaak gering was, kwamen deze duidelijk als nagalmtijdverlengingen tot uitdrukking, dank zij de geringe frequentieintervallen, waarmee werd gemeten.

Als voorbeeld zijn twee nagalmkrommen weergegeven van een spreekstudio, waarvan de plattegrond is afgebeeld in fig. 9. De in fig. 10a afgebeelde nagalmkromme omvat 300 metingen in het frequentiegebied van 35 tot 10.000  $Hz$  en werd geschreven in 20 minuten. Tot 300  $Hz$  werd gemeten met kleine frequentie-intervallen (2 stappen van de stappenschakelaar), daar-



$$H = 3.42 \text{ m}$$

Fig. 9.

boven met grotere (12 stappen). In verband hiermede is het verloop van de uiteinden der ordinaten tot 300  $Hz$  vloeiend, terwijl daarboven een grilliger verloop is waar te nemen. Bij 100, 200, 300 en 10.000  $Hz$  is een dubbele markering aangebracht, waarvan steeds de eerste de juiste frequentie aangeeft.

In de plattegrond is de opstelling van de luidspreker en van de microfoon aangegeven. De hoogte van de luidspreker en microfoon boven de vloer bedroeg bij de nagalmkromme van fig. 10a ca. 1,20 m; die van fig. 10b werd opgenomen, terwijl beide op de vloer stonden.

Behalve een geleidelijke toename van de nagalmtijd beneden ca. 150  $Hz$ , neemt men bovendien in beide krommen enkele vrij sterk uitgesproken maxima waar. Een en ander correspondeert

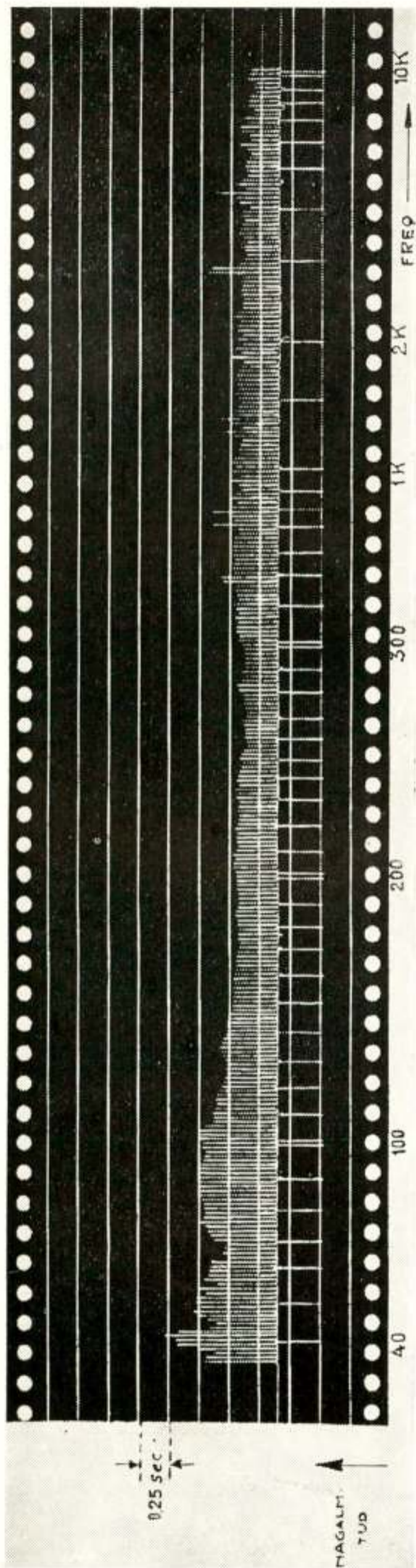


Fig. 10a.

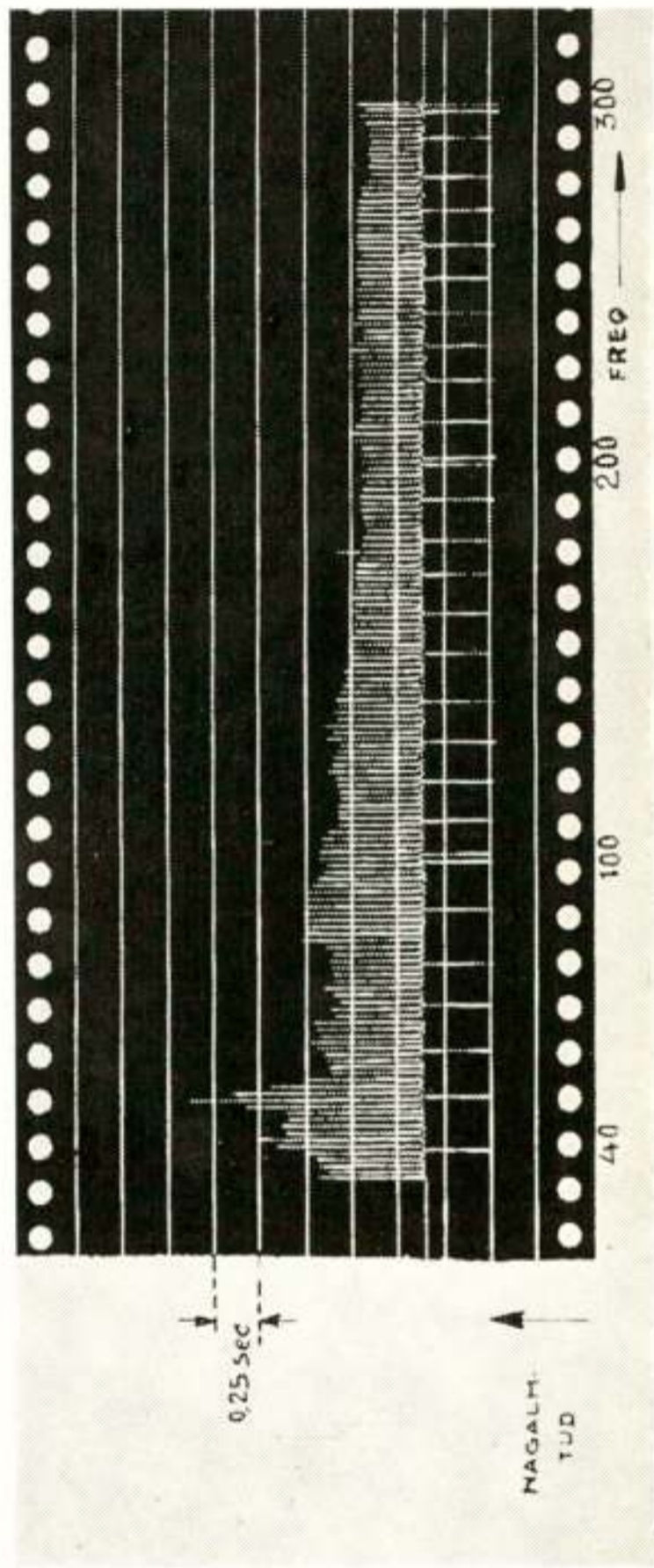


Fig. 10b.





met een met het gehoor waarneembaar onaangenaam „boemgeluid”, dat het gesproken woord begeleidt.

Enkele maxima kunnen worden verklaard uit de afmetingen van de studio. Het ligt voor de hand, dat de eigentrillingen van een rechthoekige ruimte door een geringe wijziging van de stand van twee tegenover elkaar liggende wanden zich slechts weinig zullen wijzigen. Dit geldt vooral voor die eigentrillingen, waarbij vóór de wijziging de afstand tussen die twee wanden geen rol speelde.

Met  $l_x = 3,90 \text{ m}$ ,  $l_y = 3,42 \text{ m}$ ,  $n_z = 0$  en  $c = 340 \text{ m/sec}$ . kunnen op grond hiervan met behulp van de formule, die geldt voor een rechthoekige ruimte (met volkomen vaste wanden), voor deze studio de volgende eigenfrequenties worden berekend

$n_x$	$n_y$	$f$
1	0	$43\frac{1}{2} \text{ Hz}$
0	1	$49\frac{1}{2} \text{ Hz}$
2	0	$87 \text{ Hz}$
1	1	$66 \text{ Hz}$
0	2	$99 \text{ Hz}$

Te verwachten is, dat bij deze frequenties maxima in de nagalmkrommen optreden.

In fig. 10b valt vooral het maximum bij ca.  $49 \text{ Hz}$  op (berekend  $49\frac{1}{2}$ ). Dat dit maximum in fig. 10a veel minder gepro-  
nonceerd is, is in overeenstemming met het feit, dat de trillingswijze bij deze eigenfrequentie drukbuikvlakken heeft aan plafond en vloer ( $n_x = n_z = 0$   $n_y = 1$ ) en het best wordt geregistreerd, indien de geluidsbron en de drukmicrofoon in een drukbuikvlak worden geplaatst.

In beide nagalmkrommen treedt een maximum op bij ca.  $42 \text{ Hz}$  (berekend  $43\frac{1}{2} \text{ Hz}$ ) en wel van vrijwel gelijke grootte. Deze eigenfrequentie heeft dan ook drukbuikvlakken in beide evenwijdige wanden ( $n_y = n_z = 0$   $n_x = 1$ ) en in beide gevallen waren de luidspreker en de microfoon in de nabijheid van een drukbuikvlak opgesteld.

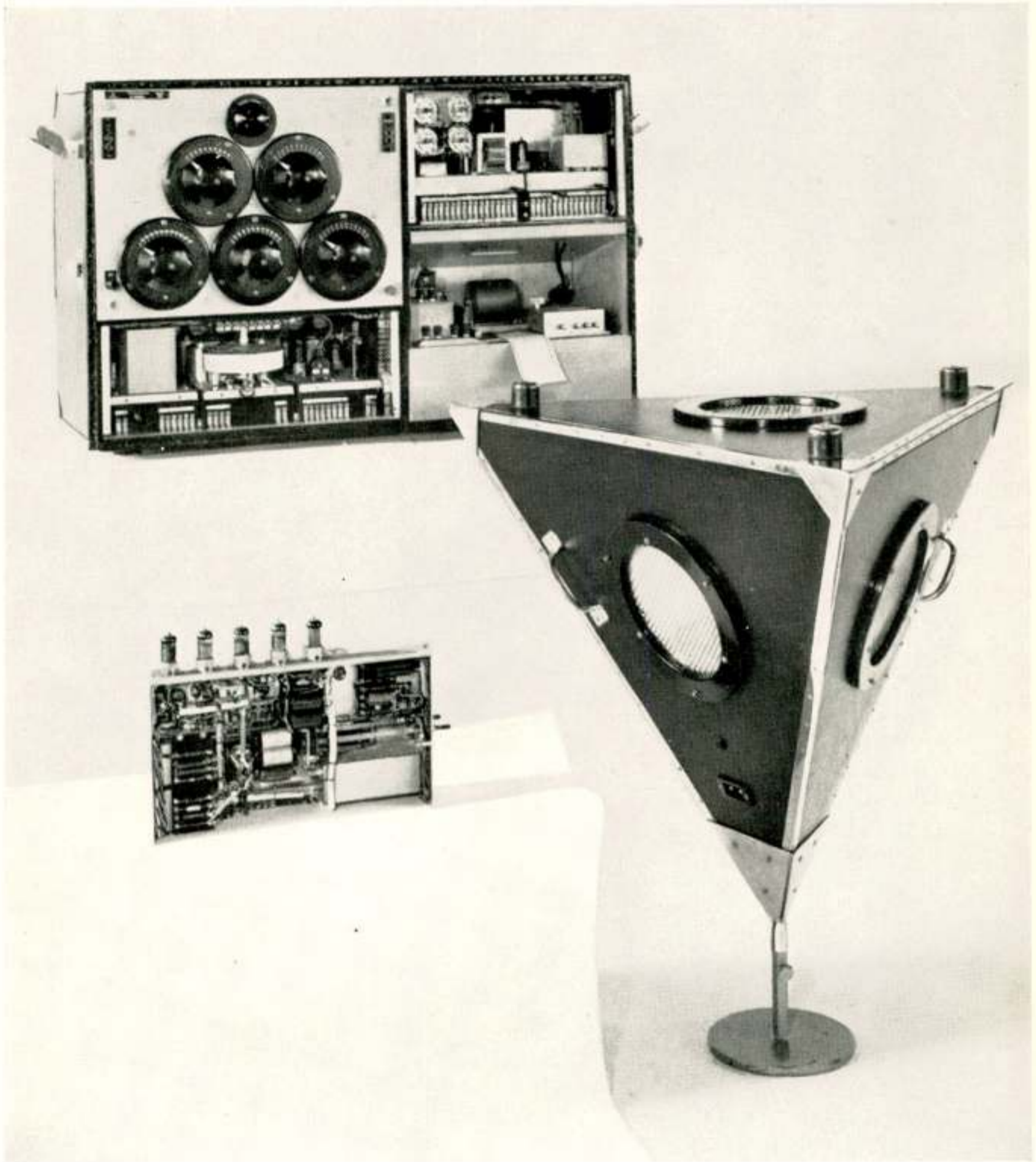
De bij de eigenfrequentie van  $66 \text{ Hz}$  behorende trillingswijze heeft drukbuiklijnen in de vier evenwijdige snijlijnen van plafond, vloer en de evenwijdige zijwanden ( $n_z = 0$   $n_x = n_y = 1$ ). Dit is weer in overeenstemming hiermee, dat bij deze frequentie slechts in fig. 10b een maximum optreedt.

Tenslotte liggen de frequenties  $87$  en  $99 \text{ Hz}$  in een gebied van vrij lange nagalmtijd, doch uitgesproken maxima zijn hier niet te bespeuren.

De acoustiek van deze ruimte zou kunnen worden verbeterd door het plafond te voorzien van een materiaal, dat vooral de frequenties  $50 Hz$  en  $100 Hz$  en de evenwijdige zijwanden van een materiaal, dat bij de frequenties  $42$  en ca.  $87 Hz$  in voldoende mate absorbeert.

Hiertoe kan gebruik worden gemaakt van buigingsabsorptie. Deze ontstaat door b.v. platen zachtboard op een latwerk aan te brengen. Bij de resonantiefrequentie van deze platen treedt als gevolg van met de buiging gepaard gaande inwendige materiaaldemping een selectieve geluidsabsorptie op. Hiervan werd in andere studio's met succes gebruik gemaakt. Ook kunnen Helmholtz-resonatoren worden toegepast.

Het bovenstaande is slechts een voorbeeld van een uitgevoerd onderzoek. Het is uiteraard niet de bedoeling, dat hiermede een recept is aangegeven, om in alle voorkomende gevallen tot verbetering te geraken. Bijna elk onderzoek stelt weer nieuwe problemen. Het is echter een voorbeeld, waaruit het nut blijkt van het in dit artikel beschreven nagalmmeettoestel.



Links boven de meetkoffer na verwijdering van de bedieningspanelen. Onder de frequentiemeetbrug ziet men de microfoonversterker, de zwevingstoongenerator en de buisvoltmeter. Boven de registrerende *db* meter bevinden zich o.a. de kleine eindversterker voor afluisteren en een 40 W eindversterker.

Links onderaan het binnen-aanzicht van het relais-chassis.

Op de voorgrond de viervoudige luidspreker met gering richteffect.



## Discussie

Ir R. Vermeulen:

1e. Is de waarde van de gemeten nagalmtijd niet meer of min toevallig een gevolg van de fluctuaties, die over de exponentiële afval zijn gesuperponeerd;

2e. Kan het verschil van 40 *db* werkelijk verkregen worden zonder onder het stoorpeil te zakken.

F. J. v. Leeuwen:

1e. De fluctuaties worden door doelmatige keuze van de tijdsconstante van de gelijkrichter uitgefilterd, zodat hiervan geen moeilijkheden te verwachten zijn (n.b. dit punt werd in de voordracht niet belicht, is thans echter in de tekst verwerkt).

2e. Gebruik wordt gemaakt van 4 luidsprekers van 6 Watt. Hiermede wordt in ruimten tot ca. 1000 m<sup>3</sup> in het algemeen een voldoende hoog geluidsniveau geproduceerd. Voor grotere ruimten is inderdaad een groter vermogen gewenst.



## Meteorologische aspecten van de voortplanting in de atmosfeer van zeer korte golven

door A. Hauer

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 27 Oct. 1950 <sup>1)</sup>

### SUMMARY

A general survey is given of the meteorological aspects of the propagation of very short radiowaves. An outline is given of the theory of refraction and scattering of radio waves in the troposphere with a short indication of the annexed meteorological conditions. Some measurements are reported.

Gedurende de laatste jaren, vooral tijdens de oorlog, is het gebruik van golflengten van enkele meters en minder zeer toegenomen. Hierdoor werd de aandacht steeds meer gevestigd op de invloed welke de meteorologische omstandigheden op de voortplanting van deze korte radiogolven hebben. Dit had tot gevolg, dat zich op het grensgebied tussen radiotechniek en meteorologie een nieuw vak: de „radiometeorologie” ontwikkelde.

Van de belangrijkste onderwerpen, waarmede de radiometeoroloog zich bezig houdt, kunnen genoemd worden:

1. De studie van de in de atmosfeer ontstane storingen, welke de radio-ontvangst beïnvloeden.
2. De wisselwerking tussen hydrometeoren (mist, wolken, regen, sneeuw e.d.) en radiogolven. Hieronder valt de studie van de verzwakking welke zeer korte golven in de atmosfeer ondergaan en hiermee samenhangend het gebruik ervan om meteorologische verschijnselen te localiseren en te onderzoeken.
3. De invloed van de atmosfeer op het voortplantingspatroon van de zeer korte golven.

In het nu volgende zal getracht worden een zo volledig mogelijk overzicht te geven van de problemen betreffende dit laatste punt, dit echter van meteorologisch standpunt.

Oorspronkelijk gold de opvatting, dat de zeer korte golven, waarbij de ionosfeer geen, of een te verwaarlozen rol speelt bij de voortplanting, communicatie slechts tot de horizon mogelijk maakten (behoudens een kleine extra afstand, welke hoofd-

<sup>1)</sup> (Iets verkort).

zakelijk een gevolg is van de wisselwerking tussen de golven en de grond en obstakels op het aardoppervlak).

De bovenste grens van de golflengte van de hier bedoelde golven is van de orde van 10 m.

Het blijkt echter, dat af en toe zeer grote afstanden worden overbrugd. Vooral bij radar werd het in de laatste oorlog herhaaldelijk geconstateerd.

Als we naar de voorwaarden vragen, waaronder deze „*non-orthodoxe*” voortplanting kan optreden, dan blijkt dit grotendeels een geometrisch-optisch probleem te zijn. De vraag welke gesteld moet worden luidt namelijk: welke voorwaarden moeten vervuld zijn, opdat een uitgezonden straal, die zich op de bolvormige aarde altijd zal verwijderen, weer naar de aarde kan terugkeren.

Beschouwen we uit een bundel evenwijdige golfstralen twee

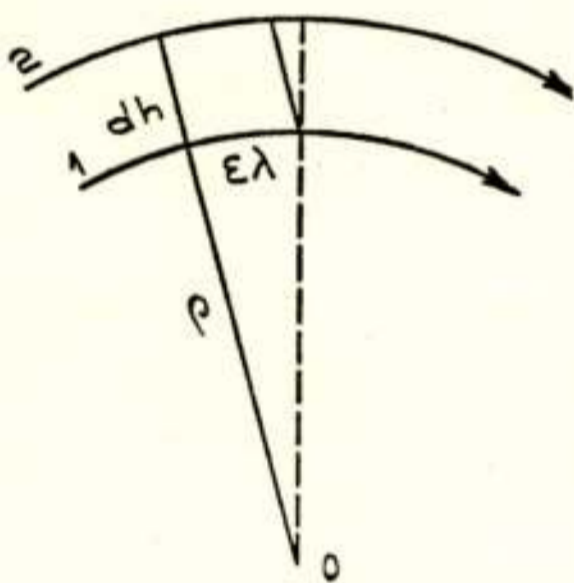


Fig. 1.

stralen 1 en 2 met gemeenschappelijk kromte-middelpunt O (fig. 1). Als  $\lambda$  de golflengte is,  $\varepsilon$  een klein getal,  $\rho$  de kromtestraal en  $dh$  de loodrechte afstand van de stralen, dan zal in een bepaald klein tijdsinterval, waarin een punt van straal 1 de afstand  $\varepsilon\lambda$  aflegt, een punt van straal 2 zich over een afstand  $\varepsilon(\lambda + d\lambda)$  verplaatsen, als  $d\lambda$  de toename van de golflengte is over de afstand  $dh$ . Dan geldt:

$$\frac{\varepsilon d\lambda}{dh} = \frac{\varepsilon\lambda}{\rho}.$$

Als we nu de brekingsindex  $n$  invoeren, die omgekeerd evenredig met  $\lambda$  is, dan volgt:

$$\frac{1}{\rho} = -\frac{dn}{n dh}.$$



Wil dus een straal naar de aarde toebuigen, dan moet voor het culminatiepunt  $H$  gelden:

$\varrho_H < r_H$ , waarin  $r$  de afstand tot het middelpunt van de aarde is.

$\varrho$  kan uitgedrukt worden in de aardstraal  $a$ , dan  $\varrho = m a$ .

Nu zal duidelijk zijn, dat voor  $m = 1$ , de straal evenwijdig aan het aardoppervlak loopt, voor  $m > 1$  buigt de straal af en voor  $m < 1$  buigt de straal naar de aarde toe.

De kromming van de stralen kan, in analogie met de optica, afgeleid worden uit de brekingswetten van Snellius. (fig. 2).

Als aangenomen wordt dat  $n$  alleen afhankelijk van  $r$  is en  $\beta_r$  de hoek welke in de laag met brekingsindex  $n_r$  de straal met de normaal maakt, dan luidt de brekingswet:

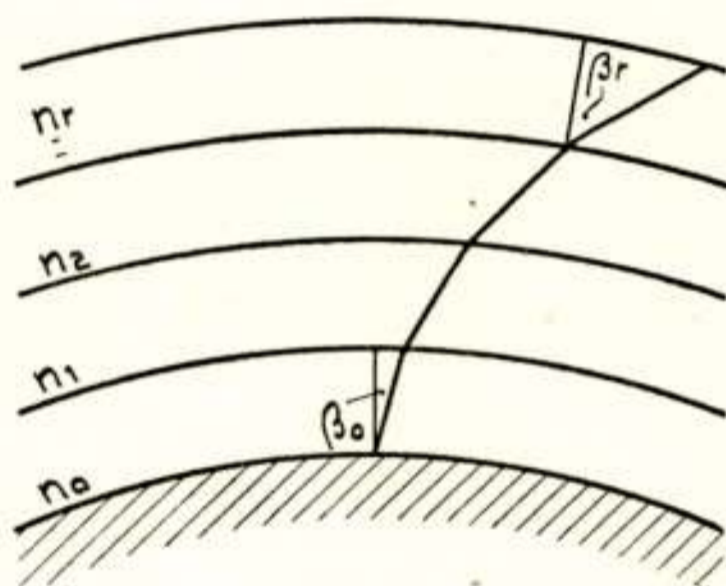


Fig. 2.

$$n r \sin \beta_r = n_0 r_0 \sin \beta_0 .$$

Schrijven we voor  $r = h + a$ , dat is de hoogte  $h$  boven het aardoppervlak plus de straal van de aarde dan:

$$n (h + a) \sin \beta = n_0 a \sin \beta_0 .$$

Een kleine vereenvoudiging geeft:

$$\left( n + \frac{h}{a} \right) \sin \beta = n_0 \sin \beta_0 .$$

In de practijk gebruikt men algemeen een grootheid  $M$ , de zogenaamde gemodificeerde brekingsindex, welke gedefinieerd is als:

$$M = \left( n + \frac{h}{a} - 1 \right) \cdot 10^6.$$

Beschouwen we thans de brekingsindex nader. Voor droge lucht is de brekingsindex voor radiogolven gelijk te stellen aan die voor licht, n.l.:

$$(n - 1) = 79 \frac{P}{T} \times 10^{-6}.$$

Hierin stelt  $P$  de druk voor in millibaren en  $T$  de absolute temperatuur.

Tengevolge van het dipoolkarakter van het watermolecuul is dit voor waterdamp anders. De brekingsindex voor radiogolven

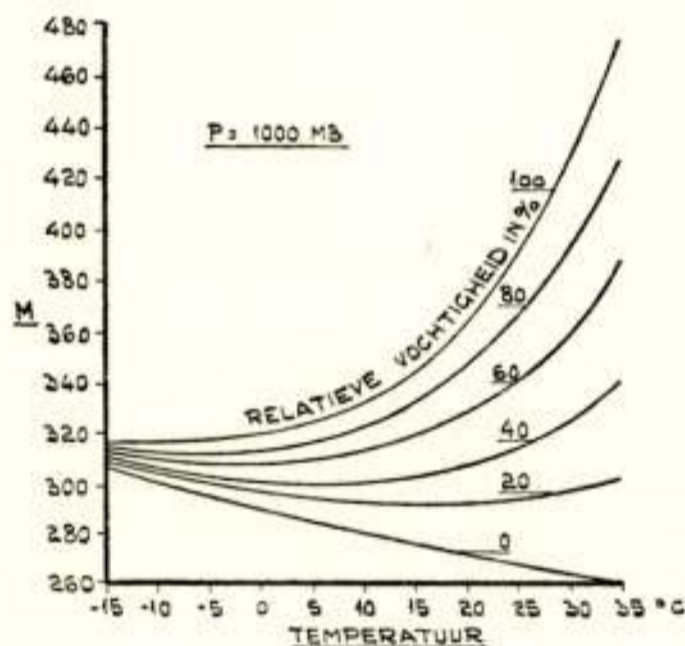


Fig. 3.

is groter dan voor de lichtgolven. Als zeer waarschijnlijke waarde voor vochtige lucht geldt:

$$(n - 1) = \frac{80}{T} \left( P + \frac{4800 e}{T} \right) 10^{-6}.$$

$P$  is nu de totale druk en  $e$  de dampdruk. In fig. 3 zijn een aantal kromme lijnen getekend, die ieder voor een bepaalde relatieve vochtigheid de veranderingen van de grootte  $(n - 1) \times 10^6$  geven als functie van de temperatuur, alles bij een druk van 1000 mb. Duidelijk blijkt de grotere invloed van de vochtigheid boven die van de temperatuur.

Om de invloed van de brekingsindex op de straalkromming na te gaan schrijven we het verband op tussen  $m$  en  $M$ .

Dit luidt:

$$\frac{dM}{dh} = \left( \frac{m-1}{m} \cdot \frac{1}{a} \right) 10^6.$$

Bij  $m = 1$  verandert  $\frac{dM}{dh}$  van teken. Het criterium van terugbuiging ligt in de verticale gradient van  $M$ , een negatieve gradient betekent een naar de aarde toe gebogen straal.

In de gemiddelde atmosfeer (de standaardatmosfeer) is de afname van  $M$ : 0.039 M/meter (voor aardstraal =  $\infty$ ). De toename, als gevolg van  $a$  in de formule, bedraagt 0.157 M/meter.

In de standaardatmosfeer is  $\frac{dM}{dh} = 0.118$ .

Een grotere gradient betekent een slechtere voortplanting dan in de standaardatmosfeer.

In navolging van Eckersley kan men in plaats van  $\frac{dM}{dh}$  een zogenaamde gereduceerde aardstraal definiëren

$$a_e = \frac{10^6}{\frac{dM}{dh}}$$

( $a_e$  en  $h$  in dezelfde lengte eenheden)

Het zal duidelijk zijn, dat dus bij daarvoor geschikte omstandigheden, ook wanneer  $\frac{dM}{dh}$  niet negatief is, de afstand welke een boven het aardoppervlak geplaatste zender kan overbruggen, groter zal zijn dan tot de horizon.

Als er werkelijk terugbuiging naar de aarde plaats vindt, dan ontstaat er een „duct”.

Stralen, die onder een voldoende kleine hoek in de laag komen, waar de gradient negatief is, buigen terug en zo ontstaat wat „superrefractie” wordt genoemd. Nu kunnen zeer grote afstanden worden overbrugd. Het verschijnsel kan echter nu niet meer zuiver geometrisch optisch bekeken worden, de golf-natuur van de stralen komt nu in het geding. Evenals bij de geleiding door holle pijpen bestaat er een verband tussen de diameter van de duct en de golflengte van de trillingen, die goed worden voortgeplant.

De theorie geeft  $\lambda_{max} = 2,5 d \sqrt{\Delta M \times 10^{-6}}$ .

Naarmate de golflengte groter wordt, moet de duct ook groter (hoger) zijn en dan komen we al gauw tot waarden welke zelden of nooit voorkomen.

We zullen nu nagaan onder welke meteorologische omstandigheden de troposfeer abnormale voortplantingscondities biedt.

Uit de theorie volgt, dat gunstig is een naar boven toe minder dan normaal afnemende temperatuur, de afname kan negatief worden, in welk geval we een *inversie* van de temperatuur hebben.

Verder is gunstig een naar boven toe sterk afnemende relatieve vochtigheid.

We onderscheiden twee gevallen :

$$1e. \quad 0 < \frac{dM}{dh} < 0,118.$$

In dit geval treedt beter dan normale voortplanting op, maar geen superrefractie.

$$2e. \quad \frac{dM}{dh} < 0.$$

In dit geval kan zich een duct vormen.

Het is niet nodig, dat de gunstige of meest gunstige laag aan het aardoppervlak is, het kan zijn, dat hij op een zekere hoogte in de atmosfeer ligt.

De verschijnselen welke bij hoger gelegen ducts optreden zijn niet geheel duidelijk.

In het algemeen geldt, dat in grote lijnen de meetresultaten overeenstemmen met wat theoretisch wordt verwacht. Een grote moeilijkheid bij de beoordeling ligt in het feit, dat in de meeste gevallen de meteorologische gegevens onvolledig en gebrekkig zijn. Op routinebasis worden op vele plaatsen metingen gedaan van het verloop van temperatuur en vochtigheid met de hoogte. Deze metingen, welke met doeleinden die door de meteoroloog worden bepaald, gedaan worden, zijn eigenlijk niet goed voor het onderzoek van ons probleem geschikt. Speciale metingen hiervoor zijn wel mogelijk (b.v. met kabelballons) en sporadisch ook wel gedaan, maar het is alles zeer kostbaar.

Een bruikbare informatie van de onderste laag kan men

verkrijgen door meetinstrumenten in een hoge mast of toren te plaatsen.

Onderzoeken we vervolgens onder welke omstandigheden het optreden van superrefractie te verwachten is. Zou men dit voldoende nauwkeurig weten, dan kan een meteoroloog hierop prognoses baseren.

De belangrijkste processen welke tot de vorming van een gunstige gradient van de brekingsindex aanleiding kunnen geven zijn:

- a. nachtelijke afkoeling.
- b. subsidentie.
- c. advectie.

*ad. a.* Als tijdens heldere nachten het aardoppervlak door straling in de wereldruimte warmte afstaat, dan daalt de temperatuur van de onderste luchtlaag en vormt zich een vrij laag gelegen, soms zeer grote temperatuurinversie, terwijl tevens de vochtigheid onder de inversie meestal hoog is.

*ad. b.* Subsidentie noemt men een zich over grote oppervlaktes uitstreckende dalende luchtbeweging, welke vooral in hoge drukgebieden voorkomt.

Door adiabatische verwarming en daarmee gepaard gaande droging vormen zich inversies en daarmee gunstige voorwaarden voor het optreden van superrefractie.

*ad. c.* advectie noemt men de horizontale verplaatsing van grote hoeveelheden lucht. Een typisch voorbeeld is in kustgebieden een afluende, meestal droge wind, die dan boven het zeeoppervlak de voor superrefractie gunstige voorwaarden schept.

Voor een groot aantal gebieden heeft men onderzocht wanneer en hoe vaak condities optreden geschikt voor abnormale voortplanting, men kan dit onderzoek „radioklimatologie” noemen.

Om tot een bruikbare *forecast* van de condities te komen, moet voor het gebied waarvoor de verwachting zal gelden de radioklimatologie behoorlijk bekend zijn en verder moeten goede, recente metingen in de onderste circa 1000 m. van de troposfeer beschikbaar zijn.

Hoewel, zoals hierboven uiteengezet, de metingen nog verre van ideaal zijn, bleek toch wel, dat niet alle waargenomen

feiten met de refractietheorie te verklaren waren. In de laatste tijd heeft men onderzocht welke mogelijkheden de eventueele verstrooiing van radiogolven in de troposfeer biedt. Hier volgt thans een overzicht van de theorie, die Booker hiervan gegeven heeft.

De atmosfeer is niet homogeen, er is altijd een zekere mate van turbulentie, deze is het gevolg van de ruwheid van het aardoppervlak en van de thermische instabiliteit, waardoor ook in de vrije atmosfeer turbulentie ontstaat.

De atmosfeer kan gevuld gedacht worden met min of meer bolvormige turbulentie wervels (door Booker „blobs” genoemd). Het bestaan ervan kan met behulp van traagheidsarme thermometers of hittedraadanemometers worden aangetoond. Op deze wijze kan een indruk van de lineaire afmetingen van de wervels worden verkregen. Men vond waarden die variëren van 10 cm. tot 10 m.

De afmetingen worden groter, naarmate de atmosfeer meer stabiel is. Booker heeft een schatting gemaakt van de afwijkingen van de gemiddelde waarde van de brekingsindex in de wervels. Het blijkt, dat  $\Delta M$  van de grootte orde van 1 tot 2  $M$ -eenheden is.

Het is mogelijk om te berekenen hoe groot de verstrooiing is, welke optreedt als radiogolven door turbulente lucht gaan.

De berekening gaat als volgt: Op afstand van een zender  $Z$  en een ontvanger  $O$  bevindt zich een volume lucht  $V$  met gemiddelde dielectrische constante  $\varepsilon$ . In  $V$  beschouwen we een punt  $P$ , waaromheen een klein gebiedje  $dv$ , waarin de dielectrische  $\Delta \varepsilon$  t.o.v. de omgeving afwijkt.

Er zal nu tengevolge hiervan van een door  $Z$  uitgezonden golf een gedeelte naar  $O$  worden verstrooid.<sup>1)</sup>

Het blijkt dan, dat de totale energie, die in een richting, die een hoek  $\Theta$  maakt met de invalrichting en een hoek  $\chi$  met de richting van het invallende electricch veld:

$$\sigma(\Theta, \chi) = \frac{\overline{\left(\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}\right)^2} \left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right)^3 \sin^2 \chi}{\lambda \left[1 + \left\{\left(4\pi \frac{l}{\lambda}\right) \sin \frac{1}{2} \Theta\right\}^2\right]^2}$$

<sup>1)</sup> Meervoudige verstrooiing wordt buiten beschouwing gelaten.

Uit deze formule zijn enkele voor de practijk belangrijke conclusies te trekken.

In de richting van het electricch veld is de verstrooiing nul, want  $\chi = 0$ .

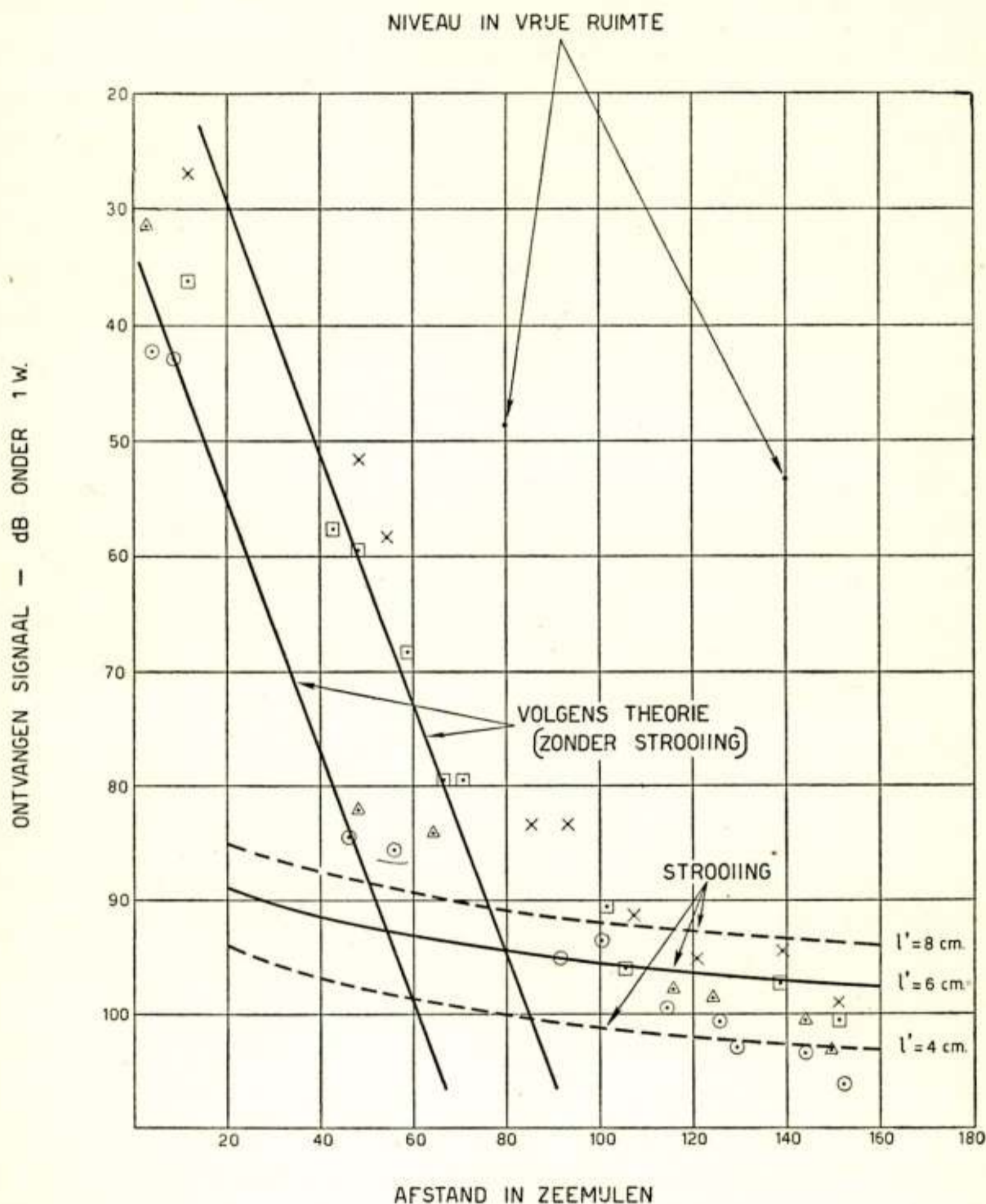


Fig. 4.

Als de schaal van de turbulentie ( $l$ )  $< \frac{\lambda}{2\pi}$ , dan kan de formule vereenvoudigd worden tot:

$$\sigma = \left(\frac{l}{\lambda}\right) \left(\frac{\overline{\Delta \epsilon}}{\epsilon}\right)^2 \left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right)^3 \sin^2 \chi.$$

In dit geval is de verstrooiing onafhankelijk van  $\theta$ . Voor

„grove” turbulentie mag de noemer niet worden verwaarloosd en vindt de grootste verstrooiing in voorwaartse richting plaats.

Uit de theorie volgt, dat de antennehoogte geen invloed heeft op ontvangst achter de horizon.

In fig. 4 zijn metingen in de Caraïbische Zee met een golflengte van 9 cm. gedaan, vergeleken met de theorie. Er zijn twee lijnen voor verschillende antennehoogten berekend, terwijl de verstrooiing voor drie verschillende afmetingen van wervels, n.l. 4, 6 en 8 c.m. is berekend. De overeenstemming is goed te noemen, het is jammer, dat de afmeting van de wervels niet door andere metingen kon worden bevestigd.

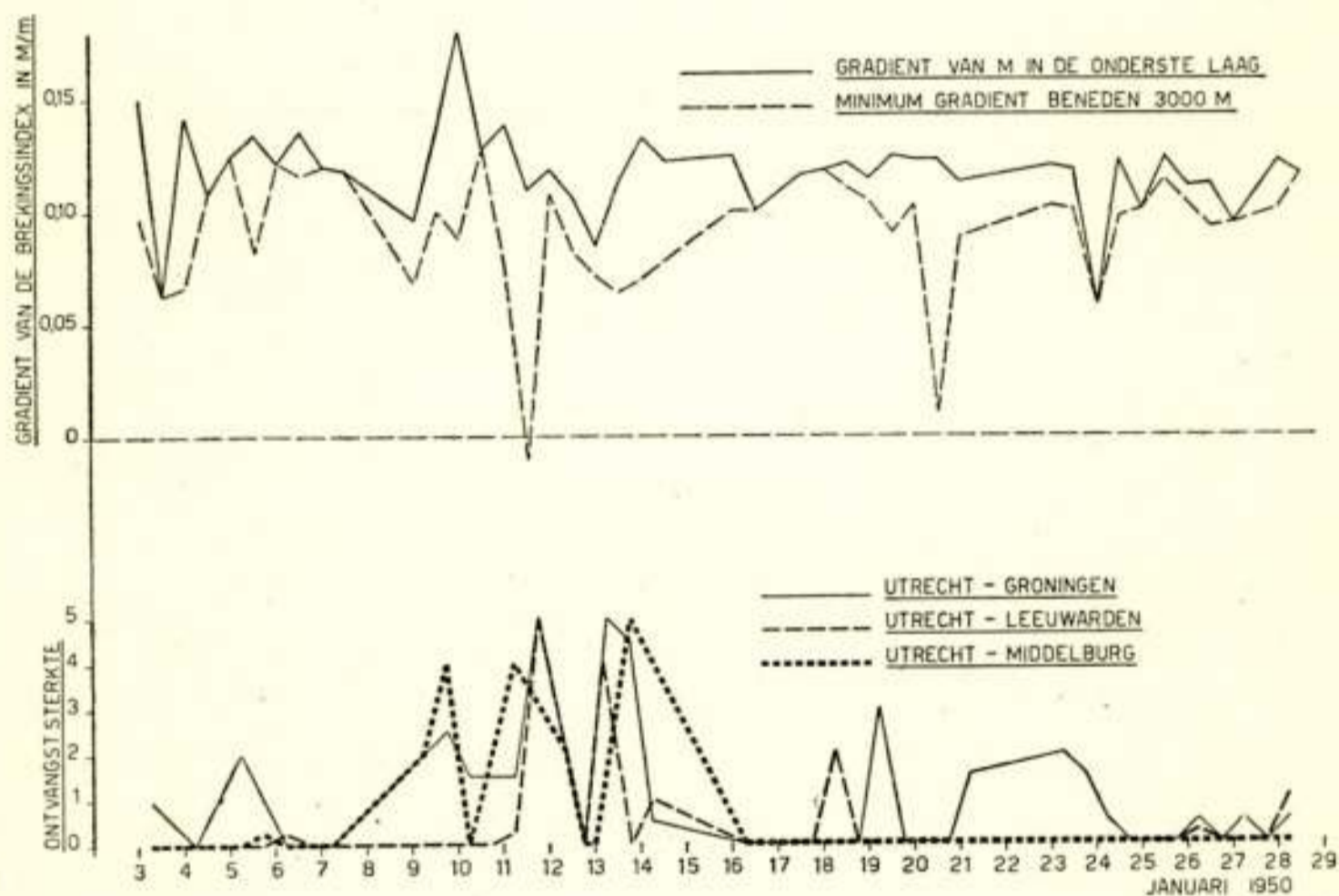


Fig. 5.

In de Bilt hebben we getracht de correlatie na te gaan tussen de kwaliteit van enkele verbindingen op een golflengte van circa 3 m. en de resultaten van de radiosondeopstijgingen. Dit onderzoek geschiedde in samenwerking met P.T.T., de Technische verbindingdienst van de politie en de P.T.I.

Van de politieverbindingdienst worden de resultaten van de dagelijkse test van de kwaliteit van de onderlinge verbindingen van de verschillende centraalposten ontvangen.

In fig. 5 is voor een willekeurige maand het resultaat van enkele lange verbindingen uitgezet. Tevens werd in de figuur uitgezet de gradient van de brekingsindex in de onderste laag



(van de grond tot het eerste markante punt) en de minimum gradient tussen twee markante punten onder 3000 m.

In fig. 6 zijn, eveneens voor een willekeurige maand, uitgezet de gradient van  $M$  in de onderste laag en de in de Bilt gemeten veldsterkte van een kleine 3 m. zender welke zich in een van de hoge masten in Kootwijk bevindt.

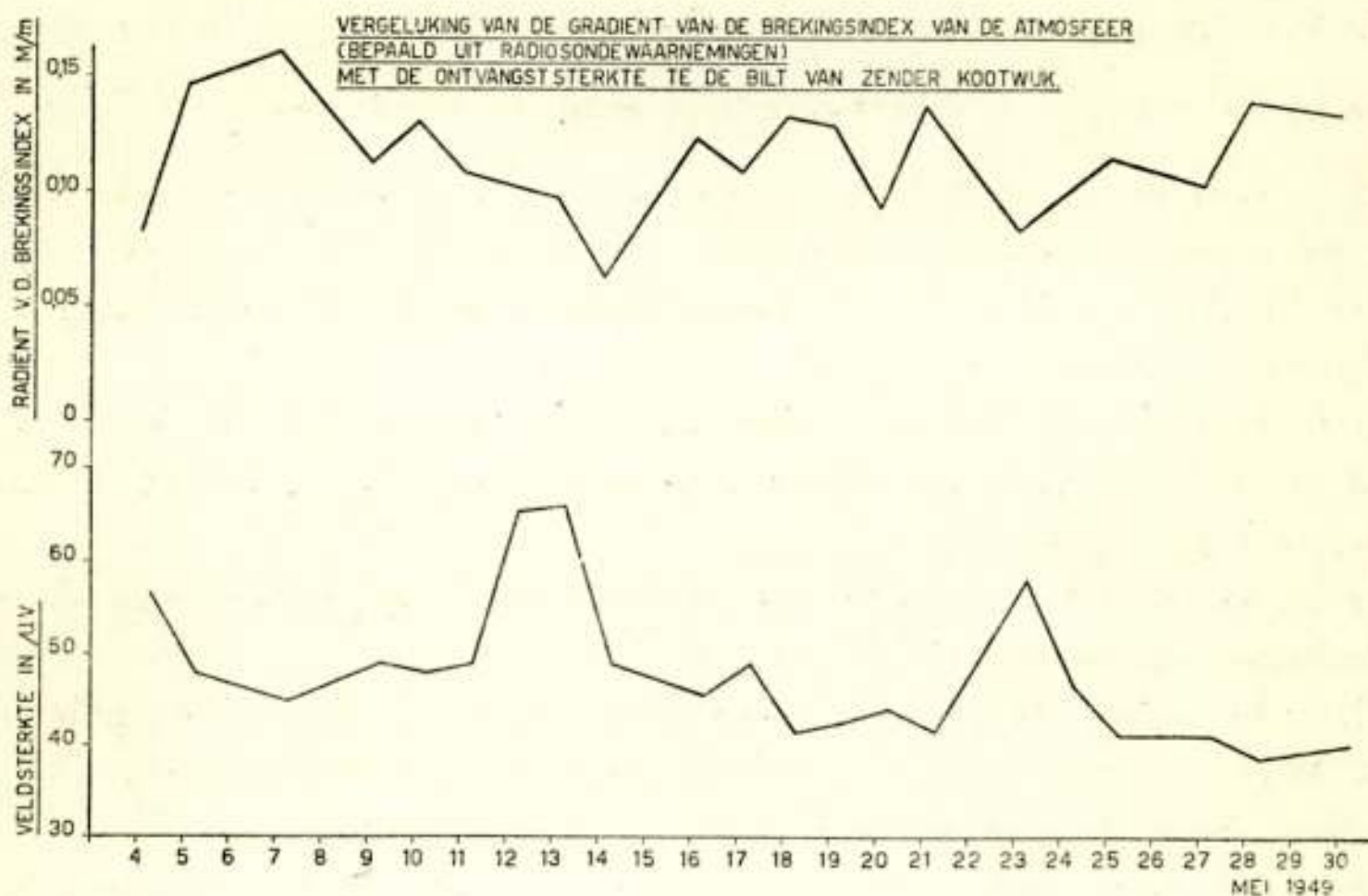


Fig. 6.

Het is zeker, dat er een correlatie is, maar het verband is niet altijd duidelijk. Naar onze mening is dit echter in de eerste plaats het gevolg van de gebrekkige metingen; ook het door omstandigheden niet te vermijden tijdsverschil tussen meting en radiosondewaarneming beïnvloedde de resultaten ongetwijfeld ongunstig.

Het is zeer gewenst om deze metingen met betere hulpmiddelen voort te zetten.

## Discussie

Ir A. H. de Voogt: Indien de turbulenties indirect de oorzaak zijn van de verstrooiing van de radio-stralen, heeft dan verschil in windsnelheid, van opeenvolgende lagen, invloed op dit verschijnsel?

Drs A. Hauer: Het genoemde verschil is een zeer belangrijke factor bij het ontstaan van de turbulentie-wervels.

d. V.: Zou uit het dagelijkse weerbericht (radiosonde waarnemingen) de waarde van  $\frac{dM}{dh}$  te berekenen zijn resp. te benaderen?

H.: Inderdaad, maar de benadering zal erg grof zijn, de nauwkeurigheid van de punten op het gestencilde kaartje is gering.

Dr Ir A. van Weel: Waarom koelt bij nachtelijke uitstraling alleen de onderste luchtlaag af?

H.: Het is de bodem welke door straling afkoelt; de lucht is vrij goed doorlatend voor de straling. Door convectie en geleiding wordt de onderste laag afgekoeld.

Ir P. H. Boukema: Welke invloed heeft de verstrooiing door de turbulenties op de polarisatie van de golf?

H.: In eerste benadering verandert volgens de theorie de polarisatie niet. Wel zou voor metergolven horizontaal gepolariseerde energie, na verstrooiing, beter ontvangen moeten worden dan verticale.

Dr Ir J. J. Geluk: Wat kan de verklaring zijn van de steeds aanwezige goede ontvangst in Hilversum van de op 250 K.M. afstand gelegen zender Keulen? Is dit superrefractie of steeds aanwezige scattering?

H.: Het is wel uitgesloten dat het superrefractie kan zijn. Een steeds aanwezige verstrooiing lijkt mogelijk. Een absolute uitspraak durft spreker niet te doen.

J. Houtsmuller: Is het niet wenselijk het geheel van het ter beschikking stellen van gegevens van de verschillende gebruikers, te coördineren?

H.: Het lijkt mij de enige manier waarop het mogelijk is dat wij, in ons land, tot de oplossing van het probleem kunnen bijdragen.

A. J. van Buitema: U hebt behandeld de invloed van refractie en diffractie. Acht U de invloed van de buiging aan meteorologische objecten verwaarloosbaar?

H.: Voor zeer korte golflengten is er zeker een wisselwerking tussen buien e.d. en de radiogolven. Voor de algemene theorie kan men dit terzijde laten; hetgeen in de voordracht ook geschied is.

v. B.: In het Archiv der Elektrische Übertragung, jaargang 1949, behandelt W. Lehfeld het werk, tijdens de tweede wereldoorlog, op dit gebied verricht in Duitsland. Hij baseert hierbij zijn theorieën op het werk van G. M. Mie betreffende verstrooiing van deeltjes. Wat is de overeenstemming tussen de theorie van Booker en die van Mie?

H.: Al het moderne werk, op het gebied van verstrooiing, bouwt

voort op het werk van Mie, dat voor het verstrooiings-probleem, fundamenteel is.

W. Metzelaar: Deze zomer werden experimenten gedaan op 60 c.m. golf. Hierbij bedroeg de gecalculerde afstand 55 k.m. De zenders en ontvangers stonden echter 60 k.m. van elkaar. Verwacht kon worden dat, zo nu en dan, verbinding mogelijk zou zijn, zij het dan onregelmatig en zwak.

Het bleek, dat de beide stations elkaar soms hoorden. Maar wanneer het ene station bij het andere doorkwam was een verbinding in de andere richting niet mogelijk. Even later was het omgekeerde het geval. Dit verschijnsel duurde langer dan een uur. Tijdens dat uur kwamen, op onregelmatige tijden, onweerswolken uit zee en er was correlatie tussen deze wolken en het verschijnsel. Er werden twee golflengten gebruikt voor de heen- en de terugverbinding, n.l. 57 en 60 cm.

Zowel zender als ontvanger waren uitgerust met een eigen antenne van hetzelfde model.

H.: Voor zover de theorie geometrisch-optisch is, moet elk verschijnsel omkeerbaar zijn. De invloed van de antenne-patronen mag echter niet verwaarloosd worden. Het is moeilijk te bewijzen dat twee verschillende opstellingen identiek zijn. Ook is het niet geheel duidelijk of bij de verstrooiing aan een bui boven een van de twee opstellingsplaatsen de omkeerbaarheid inderdaad opgaat.

## Litteratuur

- H. Bremmer, Terrestrial Radio waves, Amsterdam 1949.  
Meteorological Factors in Radio-wave Propagation. Report  
of The Physical Soc. and the Meteor Soc. London, 1946.  
Tropospheric Propagation and Radio-meteorology. Nat. Bureau  
of Standards, Washington 1946.  
H. G. Booker and W. E. Gordon, Proc. I.R.E. 1950, blz. 401.

## Mededelingen

Erkend door het N.R.G. de opleiding voor Radiotechnicus der Middelbare Technische Radioschool, Directie Rens & Rens, Snelliuslaan 8, Hilversum.

Deze erkenning blijft van kracht zolang zij niet, onder opgave van redenen, wordt ingetrokken.

Het aantal door het N.R.G. erkende Instellingen voor Opleiding bedraagt thans drie.

## Nieuwe leden

- Ir A. T. de Hoop, Nic. Tulpstraat 41, 's Gravenhage.  
J. Schuitemaker, van Leeuwenhoeksingel 23, Delft.  
Ltz. H. M. Koch, van Esveldstraat 18B, Schiedam.  
Ir H. H. van Abbe, Generaal Cronjéstraat 20, Eindhoven.  
Ir J. M. Tol, Meiland 23, Rotterdam.  
Ir J. H. Wessels, Geestbrugweg 33, Rijswijk (Z.H.).  
Ir K. Vredenburg, Bergsingel 58A, Rotterdam.  
Dr F. L. Stumpers, Nachtegaallaan 7, Eindhoven.  
Ir J. J. Schreuders, Kon. Wilhelminalaan 192C., Voorburg.

## Voorgestelde leden

- Ir A. Versnel, G. Gezellestraat 35, Eindhoven; lab. Philips.  
Ir E. Goldbohm, Voorstraat 85, Noordwijk; Ned. Radar Proefstation Noordwijk.  
Ir J. M. L. Janssen, Leeuwendaallaan 9, Rijswijk.  
Ir H. H. Schotanus à Steringa Idzerda, Oostsingel 206, Delft; beiden werkzaam: Proefstation B.P.M. te Delft.  
Drs A. Hauer, Biltse straatweg 57, de Bilt; werkzaam K.N.M.I.  
Dr H. J. Jongepier, de Lairessestraat 148, A'dam; med.-biolog. lab. RVO-TNO.  
Ir D. C. Schering, Pieter Lastmankade 38, A'dam-Z.; Nat. Luchtvaart Lab.  
Ir C. J. H. v. d. Berg, Oranje Plantage 36, Delft; Ned. Standard Electr. Mij.

Eventuele bezwaren tegen toelating als lid moeten binnen 14 dagen aan de Secretaris van het N.R.G. worden toegezonden.

## Verslag van het examen Radiotechnicus en Monteur

*gehouden in October, November en December 1950*

Het schriftelijk examen radiotechnicus en radiomonteur werd gehouden op 9 en 13 October 1950. Aangemeld hadden zich 199 kandidaten voor technicus (waarvan teruggetrokken 5) en 190 voor monteur (waarvan teruggetrokken 3). Wegens onvoldoend schriftelijk examen werden afgewezen 37 kandidaten technicus en 60 kandidaten monteur. Voor het mondeling gedeelte werden opgeroepen 77 kandidaten technicus en 127 kandidaten monteur, welk mondeling examen werd gehouden op 20, 21, 27, 28 November en 4, 5, 11, 12, 18 December 1950.

Afgewezen werden 41 kandidaten technicus en 62 kandidaten monteur.

Geslaagd zijn in totaal 36 kandidaten technicus en 58 kandidaten monteur. 7 kandidaten monteur werden voor een herexamen in aanmerking gebracht. Van de 10 kandidaten herexamen monteur slaagden er 8 benevens 1 kandidaat herexamen technicus.

Nog steeds zijn er zeer vele kandidaten, die onvoldoende voorbereid aan het examen deelnemen.

Onvoldoende theoretische kennis is in de meeste gevallen een gevolg van onvoldoende kennis van en inzicht in de wis- en natuurkundige grondslagen. Zonder behoorlijk thuis te zijn in deze vakken is goede kennis van de theorie der radiotechniek onmogelijk.

Wat het praktische gedeelte betreft geven vele kandidaten blijk, onvoldoende bedreven te zijn in het uitvoeren van de in de radiotechniek noodzakelijke metingen. Sommige kandidaten hadden zelfs zelden of nooit een meting zelfstandig uitgevoerd.

Het is dringend nodig, dat bij de opleiding aan deze twee belangrijke punten veel meer aandacht wordt geschonken dan gewoonlijk geschiedt.

## Boekbespreking

Myron C. Selby: *High-Frequency Voltage Measurements*. — National Bureau of Standards circular 481. United States Dept. of Commerce, Price \$ 0.20.

In dit werkje van 14 kloeke bladzijden wordt een overzicht gegeven van de fundamentele beginselen en techniek van hoogfrequent-spanningsmetingen.

De inhoud is voornamelijk gewijd aan metingen in het gebied van ca. 10 kHz tot ca. 100 MHz, terwijl slechts weinig wordt medegedeeld omtrent metingen tot 1000 MHz.

Selby heeft zich beperkt tot het aangeven van de principes en methodes voor het verkrijgen van een grote (1%), resp. matige nauwkeurigheid (5%), en behandelt speciaal die, welke op het Bureau of Standards ontwikkeld zijn en alle als min of meer conventioneel kunnen worden beschouwd.

De volgende metingen worden besproken:

- a. Metingen van grote nauwkeurigheid gebaseerd op gelijkspanning-, resp. gelijkstroomvergelijkingsmethoden (thermistor, bolometer, weerstand in serie met een stroommetend instrument, afbuiging van een electronenstraal).
- b. Metingen van matige nauwkeurigheid, waarbij gebruik gemaakt wordt van thermionische en andere gelijkrichters.
- c. Impuls-topspanningsmetingen.
- d. Andere methoden (vonkbrug, glimontlading, heterodyne, electrostatisch).

Het boekje bevat een waardevolle literatuurlijst met 62 opgaven van tijdschriftartikelen die over dit belangrijke onderwerp handelen. Helaas misten wij hierin enkele Engelse publicaties speciaal over spanningsmetingen bij zéér hoge frequenties (10.000 MHz).

Het boekje is van belang voor allen die met dit onderwerp te maken hebben en speciaal voor studerenden, aangezien het veel informatie bevat die men niet in conventionele leerboeken vindt.

## Octrooien

In de maand November zijn geen octrooiaanvragen openbaar gemaakt, die belangrijk zijn voor deze rubriek.

*Openbaar gemaakt 15 December 1950.*

O.A. 131903, kl. 95g. N.V. Philips. Passieve elektrische vierpool, waarvoor het reciprociteitstheorema niet geldt en schakeling met deze vierpool (Gyrator).

O.A. 127207, kl. 21 a<sup>49</sup>c. The Sperry Corp. Afstemmechanisme voor een H.F. toestel, dat uit een versterkerbuis van het snelheidsmodulatietype bestaat en tenminste één daarmee samengebouwde afstembare trilholte met een buigzaam wandgedeelte.

O.A. 136250. kl. 97f3b. Bell Telephone. Radiokoersbaken met quadrantidentificatie.

He.

## Ontvangen Tijdschriften enz.

*Journal of the Franklin Institute*, Nov., Dec., 1950.

*Wireless Engineer*, Oct., Nov., Dec. 1950.

*Ericsson Review*, Nr 3, 1950.

*Annales des Télécommunication*, Tome 5, 10, 11, 12, 1950.

*Nat. Bureau of Standards*, Basic Radio Predictions for Maart, April 1951.

*U.R.S.I. Special Report* Nr 1. Solar and Galactic Radio Noise.

*Ursigrammes*. Circulaire Nr 5 du Laboratoire Nat. de Radioélectricité. Observations du rayonnement Radioélectrique en Provenance du Soleil.

*Reprints from the New Zealand Science Congress, 1947*. Dielectric Properties of Chrystal Quartz at high Frequencies by B. N. Harden.

Synchronized Feed-Back in Scale of 2 Electronic Counters by C. H. Vincent.

Some Aspects of Experimental Nuclear Physics. Burbridge.

Acoustical Analysis by Variable Density Sound Film. D. Brown.

*Reprint from the Australian Journal of Scientific Research*.

Improving the Accuracy of Growth Indices by the Use of Ratings. Mc Intyre and Williams.

*List of Scientific Papers Published in the Middle-East*. June 1950. Nr 5.

*Radio Revue*. Dec. 1950. Jan. 1951.

*De Ingenieur*, Jrg 62 Nrs 19—52. Jrg. 63 Nrs 1—5.

*Tijdschrift voor Radiotechniek*, Jrg. 4 Nrs 11—12.