

Televisie met geprojecteerd beeld

door J. Haantjes en J. J. P. Valeton

Laboratorium voor Wetenschappelijk Onderzoek der N.V. Philips'
Gloeilampenfabrieken Eindhoven - Nederland

Voordracht gehouden voor het Nederlandsch Radiogenootschap op Vrijdag
18 Februari 1949 door J. J. P. Valeton

In het algemeen wordt tegenwoordig in een televisieontvanger het beeld gevormd op het luminescerende scherm van een kathodestraalbuis. Deze buis wordt meestal zo in het apparaat opgesteld dat het scherm zelf zichtbaar is. Men spreekt dan van directzicht-ontvangers. Het scherm van een directzichtbuis moet steeds enigszins gekromd zijn om voldoende mechanische sterkte te verkrijgen. Dit heeft tot gevolg dat het beeld in de hoeken vertekend wordt. Zou men het venster vlak willen maken, dan zou het glas zeer dik moeten worden wat technische moeilijkheden geeft (overgang naar dunnere delen) en de buis veel zwaarder maakt. Dit zal direct duidelijk zijn als men zich even herinnert dat de atmosfeer op de wand van een vacuumbuis een druk van 1 kg/cm^2 uitoefent en dus op een rond scherm van 30 cm diameter een kracht van ongeveer 700 kg.

Het formaat van het beeld wordt bij een directzichtontvanger beperkt door de afmetingen van de buis. Gebruikelijke schermdiameters zijn 22 en 31 cm. Op een scherm met 22 cm diameter kan een beeld van ongeveer 14×18 cm worden gevormd. Een groter formaat n.l. 18×24 cm kan men verkrijgen op de buis met 31 cm diameter. Hoewel deze beelden zeer acceptabel kunnen zijn, zijn de formaten nog te klein om met een groter gezelschap dan 3 à 4 personen een televisieuitzending te volgen.

Ook afgezien van het aantal toeschouwers vindt men het over het algemeen prettiger naar een wat groter beeld te kijken.

Natuurlijk zou men, om grotere beelden te krijgen, grotere directzichtbuizen kunnen maken. Inderdaad wordt dit door sommige Amerikaanse fabrikanten gedaan, die daarbij gaan tot een diameter van 50 cm.

Het fabriceren van dergelijke buizen brengt echter grote bezwaren mee, waarvan enkele hier genoemd zullen worden. Er zijn grotere hoeveelheden glas nodig terwijl door hun gewicht de buizen moeilijk te hanteren zijn. Door de grote afmetingen worden ook zeer grote ovens voor het langzaam spanningsvrij gloeien vereist. Vervoer en opslag van dergelijke buizen worden problemen op zichzelf. De gevolgen van een eventuele implosie zullen ernstiger kunnen worden dan bij kleinere buizen. De kast van het apparaat waarin een dergelijke grote buis gemonteerd moet worden neemt eveneens onpractisch grote afmetingen aan.

Door de genoemde oorzaken wordt deze oplossing duur, terwijl men het nadeel van het enigszins bolle beeldvlak houdt.

Hierom heeft men bij Philips gezocht naar een andere methode om grotere beelden te maken. Het lag daarbij voor de hand te denken aan optische vergroting, waarbij een zeer lichtsterk beeld van een kleine kathodestraalbuis geprojecteerd wordt op een scherm van de gewenste afmeting. Dit scherm zou dan tevens vlak kunnen zijn.

De moeilijkheden die zich hierbij voordoen zijn hoofdzakelijk
1e: het verkrijgen van voldoende scherpte
2e: het verkrijgen van voldoende lichtsterkte.

Beide voorwaarden stellen hoge eisen aan de kathodestraalbuis en aan de te gebruiken optiek, terwijl het projectiescherm ook een belangrijke rol kan spelen. Voor de problemen die hier rijzen zijn oplossingen gevonden, door samenwerking van specialisten op verschillend gebied.

Over ieder van de onderdelen van de apparatuur zoals die tenslotte in productie gebracht is, zal in het volgende iets gezegd worden.

De projectiebuis MW 6 - 2

Bij het ontwikkelen van de projectiebuis moest rekening gehouden worden met een aantal tegenstrijdige eisen.

Om te beginnen zou men de afmeting van het scherm zo klein mogelijk willen kiezen om die van de benodigde optiek klein te houden. Bij een afbeelding met een lens is dit duidelijk. In het

algemeen neemt immers de diameter van een zeer lichtsterke lens toe met de afmetingen van het zonder te grote aberraties te verwerken beeldvlak. Om deze reden zou men dus de diameter van het luminescerende scherm klein willen hebben.

Kiest men het echter te klein, dan wordt het moeilijk de diameter van de lichtvlek zo klein te maken dat de lijnen waaruit het raster opgebouwd is elkaar niet gaan overlappen, wat nadelig zou zijn voor de scherpte van het beeld. Bovendien wordt het moeilijk de dan benodigde zeer hoge oppervlaktehelderheid te verkrijgen, in verband met de eigenschappen der phosphoren.

Als compromis werd een buis met een diameter van 6 cm gekozen waarop een beeld van 36×48 mm kan worden gevormd. Als dit uit ongeveer 500 beeldregels is opgebouwd, is de regelafstand ongeveer 70μ . De electronenbundel moet dus in een vlekje, dat ongeveer deze diameter heeft op het scherm geconcentreerd worden. Als men de vlek diameter d definieert als de middellijn van de cirkel waarop de helderheid de helft is van die in het centrum, kan men hiervoor de volgende formule afleiden

$$d = C \left(\frac{I_a}{V_a J_k} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Hierbij is I_a de straalstroom, V_a de aangelegde anodespanning, J_k de stroomdichtheid aan de kathode en C een constante.

Uit deze formule volgt dat men een kleine vlek diameter verkrijgt bij lage stroomsterkte en hoge anodespanning. De helderheid van de lichtvlek, die we ook zo groot mogelijk wensen te maken, is in eerste instantie evenredig met het product $I_a \times V_a$. Dit wijst dus in de richting van hoge V_a , waarin we echter om begrijpelijke redenen ook weer niet te ver kunnen gaan, willen we de buis en bijbehorende apparatuur klein houden. Gekozen is een versnellingsspanning van 25 kV, wat bij de huidige stand van de techniek nog een handelbare spanning is. De maximale dissipatie van het scherm bedraagt ongeveer 5 Watt, wat overeenkomt met een gemiddelde stroom van $200 \mu A$. De buis kan in de hoge lichten van een beeld aanzienlijk grotere stromen leveren (tot $500 \mu A$) met bijbehorende zeer hoge helderheden.

Uit de genoemde formule voor de vlek diameter volgt verder verder nog dat deze omgekeerd evenredig is met de wortel uit de stroomdichtheid aan de kathode. Om deze stroomdichtheid groot te maken werd het rooster met een zeer kleine opening (ca 0,5

mm diameter) vlak voor de kathode opgesteld, en werd voor deze opening een sterk versnellend veld aangebracht.

De belasting van de kathode is plaatselijk dus zeer hoog, wat aan het materiaal daarvan zware eisen stelt.

Zou men in zijn ijver om de vlekdiаметer klein te maken te ver gaan met het vergroten van de stroomdichtheid, dan zou dit een verkorting van de levensduur van de kathode en dus van de buis ten gevolge hebben.

Behalve de drie genoemde electroden (kathode, rooster en anode) bevat het kanon geen verdere onderdelen die voor de straalvorming van belang zijn; de buis is dus een triode. (fig. 1) De z.g. vonkvanger is een geaarde ring die dient om rooster en kathode te vrijwaren voor beschadiging door een eventuele overslag.

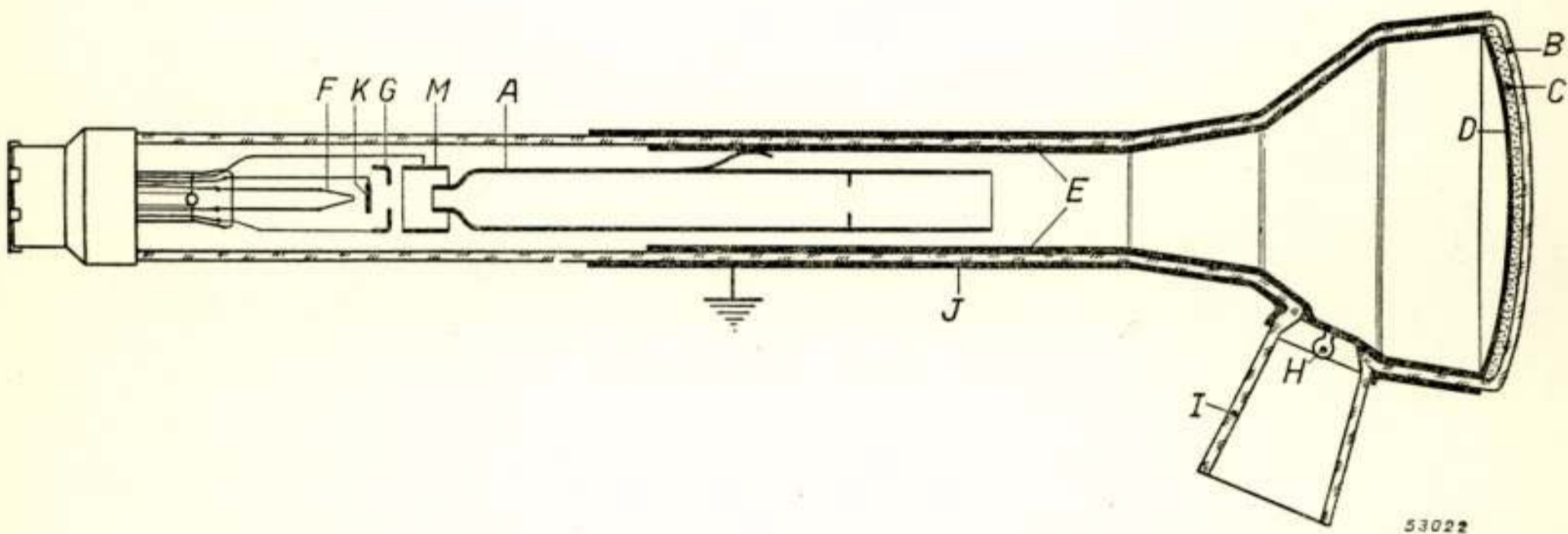


Fig. 1.

Doorsnede van de kathodestraalbuis MW 6-2. F=gloeidraad, K=indirect verhitte kathode, G=rooster, A=anode, B=bolvormig gekromd venster, C=luminescerend scherm, D=reflector, E=geleidende laag, H=anode aansluiting, I=isolator, J=geaarde buitenbekleding, M=vonkvanger.

(De vorm van de electroden is slechts schematisch weergegeven.)

De focussing van de electronenbundel op het luminescerende scherm gebeurt magnetisch, evenals de afbuiging in horizontale en verticale richting.

De magnetische focussing is gekozen om zijn eenvoud en goede kwaliteit. Door electrostatische focussing toe te passen zou het kanon van de buis ingewikkelder worden, terwijl men toch niet een zo goede concentratie van de bundel zou verkrijgen als met magnetische focussing. Voor de fabricage is de eenvoud van het kanon een zeer belangrijk punt.

De lichtopbrengst van de buis wordt behalve door de span-

ning en de straalstroom ook beïnvloed door het lichtrendement van de gebruikte luminescerende stof. In de normale direct-zichtbuizen worden sulfiden gebruikt. Deze zijn echter voor de projectiebuis niet bruikbaar daar ze bij de vereiste zeer hoge lichtintensiteiten een aanzienlijk verzadigingseffect vertonen, waardoor de helderheid niet meer evenredig is met de straalstroom, en waardoor het lichtrendement te veel daalt.

De chemici van ons laboratorium vonden inmiddels echter andere luminescerende stoffen die wel geschikt waren voor dit doel, namelijk silicaten. Deze vertonen weinig of geen verzadiging en hebben een goed lichtrendement. Bovendien zijn ze chemisch stabiel, wat voor de fabricage van de buizen een voordeel is.

Voor het MW 6-2 scherm is dan ook een mengsel van 2 silicaten toegepast, namelijk een geel en een blauw lichtende component, welke samen nagenoeg wit licht geven.

Om de helderheid van het scherm, gezien van de voorkant van de buis, nog te vergroten, heeft men achter de luminescerende laag een metaallaag aangebracht, welke spiegelen is. Zonder deze reflector wordt het licht dat door de phosphor geëmitteerd wordt, zowel naar voren als naar achteren uitgestraald. Het in achterwaartse richting gestraalde licht wordt nu (zij het ook met enig verlies) door de phosphor heen naar voren gereflecteerd, wat een verhoging van de lichtopbrengst met 70 à 80% tengevolge heeft. Het aanbrengen van een dergelijke metaallaag is geen eenvoudige zaak. Ten eerste moet deze zo dun zijn, dat de electronenbundel er practisch ongehinderd doorheen kan schieten. Ten tweede moet hij enigszins glad zijn om te kunnen spiegelen. Opdampen van een metaallaagje op het korrelige scherm geeft dan ook niet het gewenste resultaat. Daarom wordt over het scherm eerst een laagje van een organische stof aangebracht. Op het nu gladde oppervlak wordt de metaalspiegel gedampt, waarna de organische stof weer uitgestookt wordt. Het metaallaagje blijft dan hangen aan de toppen van de korrels.

Als metaal kiest men aluminium omdat dit een hoge reflectiecoëfficiënt heeft, goed doordringbaar is voor electronen (laag atoomgewicht), gemakkelijk te verdampen is, en omdat het oxyde doorzichtig is en de rest van het aluminium beschermt tegen aantasting tijdens het fabricageproces.

De laag is ongeveer 0,5 μ dik, is daardoor ondoorzichtig, terwijl 25 kV - electronen er nog zonder noemenswaardig energieverlies doorheen gaan.

Een verder voordeel van de reflector, die geleidend met de anode is verbonden, is dat het luminescerende scherm nu aan het hele oppervlak een gefixeerde potentiaal heeft (25 kV).

Zonder de aluminiumlaag zou de scherm potentiaal beneden 25 kV kunnen dalen doordat de coëfficiënt van secundaire emissie bij beschieting met electronen van deze snelheid kleiner is dan 1 en het scherm dus door de electronenstraal een negatieve lading krijgt. Dit zou een verlies aan versnellingsspanning, dus verlies aan lichtopbrengst ten gevolge hebben.

De ondoorzichtigheid van de reflector is verder nog van belang voor het te bereiken contrast in het beeld. Licht dat naar achteren uitgestraald zou worden, zou in het inwendige van de buis kunnen reflecteren en dan door de phosphorlaag heen weer naar buiten kunnen treden, ook op plaatsen waar het scherm juist donker zou moeten zijn.

Doordat het scherm bol is, zouden de lichte delen ook direct de donkere delen kunnen bestralen.

Door het aanbrengen van de reflector worden deze beide oorzaken voor contrastvermindering weggenomen.

Tenslotte moet nog een moeilijkheid worden vermeld waarop men is gestuit bij de ontwikkeling van de MW 6-2.

Bij de proeffabricage bleek dat het glas van het scherm, op de plaats waar het beeld gevormd wordt, na enig gebruik sterk kleurde. Het gevolg was verlies aan helderheid en een gelige kleur van het beeld. Na onderzoek bleek dat deze kleuring op twee manieren kon ontstaan, namelijk door de inwerking van röntgenstraling die, hoewel zwak, bij 25 kV versnellingsspanning toch al optreedt, en doordat electronen tussen de korrels van het scherm door het glas binnendringen.

Specialisten op glasgebied zijn erin geslaagd een glas te vinden, dat ongevoelig is voor deze effecten. Het buisvenster van de MW 6-2 wordt nu van deze speciale glassoort vervaardigd en vertoont dan ook geen kleuring.

De vorm van het buisvenster komt ter sprake bij de behandeling van de optiek.

De Optiek.

Wanneer men denkt aan optische vergroting, stelt men zich meestal het eerst voor een afbeelding door middel van een lens, omdat deze ons door fotografie en filmprojectie zo vertrouwd is (fig. 2a). Een ander vergrotend optisch instrument is de holle

spiegel, (fig. 2b) die, vooral wanneer het grote, lichtsterke optieken betreft, grote voordelen boven de lens heeft. In de astronomie geeft men dan ook veelal de voorkeur aan spiegels. Voor televisieprojectie is een optiek met zo groot mogelijke openingsverhouding nodig, terwijl aan de kwaliteit van de afbeelding hoge eisen gesteld worden. Een lens zou derhalve een grote diameter moeten hebben, bovendien voor diverse afbeeldingsfouten gecorrigeerd moeten zijn. Een dergelijke lens zou een zeer kostbaar onderdeel van het televisie-apparaat worden. De holle spiegel heeft de volgende voordelen.

Ten eerste heeft hij geen chromatische aberratie. (Kleurfouten).

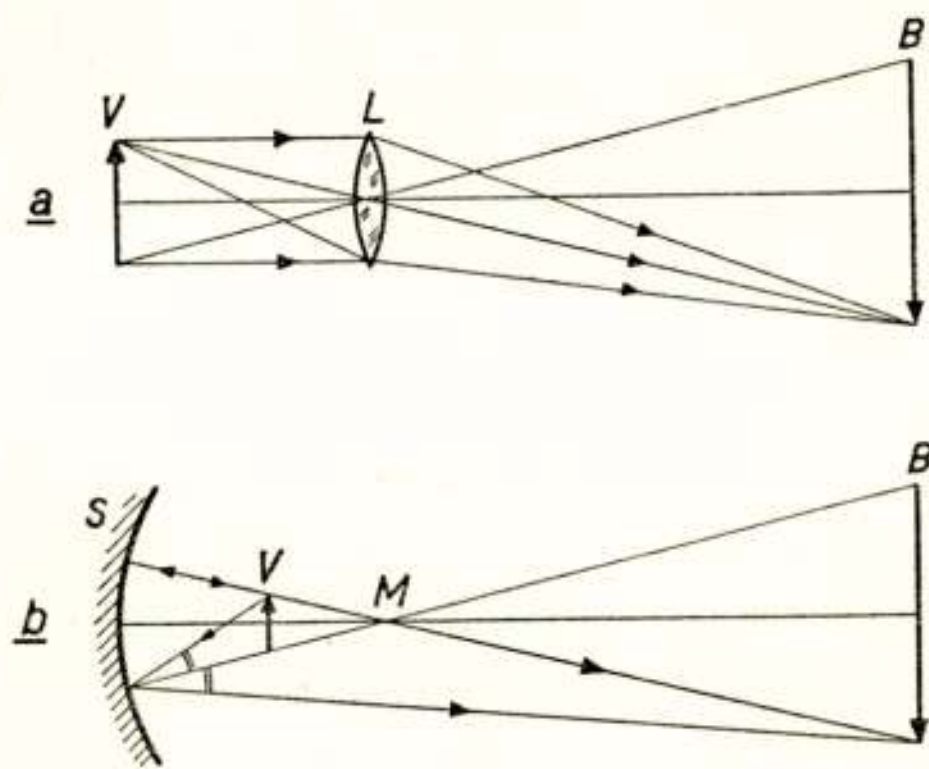


Fig. 2.

a) Afbeelding met behulp van een lens.

b) Afbeelding met behulp van een holle spiegel.

V=voorwerp, B=beeld, L=lens, S=spiegel met krommingsmiddelpunt M.

Verder behoeft de spiegel niet uit optisch glas vervaardigd te worden en heeft hij slechts één geslepen en gepolijst oppervlak, wat de prijs gunstig beïnvloedt.

Het enige nadeel van een reflecterende optiek is het feit, dat het voorwerp in de stralengang staat en dus een deel van het licht, dat het beeld, vormt, onderschept. Aan dit bezwaar is door een geschikte opstelling van de onderdelen zoveel mogelijk tegemoetgekomen. Het hier toegepaste spiegelsysteem is het zogenaamde Schmidt-systeem, bestaande uit een holle sferische spiegel en een asferische correctieplaat. Plaatst men bij het kromtemiddelpunt van een holle spiegel (fig. 3) een diafragma en beschouwt men bundels evenwijdige stralen, die uit verschillende richtingen invallen, dan ziet men dat alle bundels op dezelfde

wijze gereflecteerd worden. De as van iedere bundel kan namelijk als optische hoofdas beschouwd worden. De brandpunten van alle bundels liggen op een bol die concentrisch is met het spiegeloppervlak.

Ook als de stralen niet van het vlak op oneindig komen, maar van een dichterbij gelegen vlak voorwerp, wordt een scherpe afbeelding op een boloppervlak gevormd. De omgekeerde stralengang is natuurlijk identiek.

Van de beeldveldkromming ondervindt men geen hinder als het luminescerende scherm van de projectiebuis de juiste bolvorm heeft. Het glas van het buisvenster moet dan ook een nauwkeurig voorgeschreven vorm hebben.

Maken we in bovenbeschreven voorbeeld de diafragma-opening groter, dan blijkt dat de stralen niet allemaal door hetzelfde punt

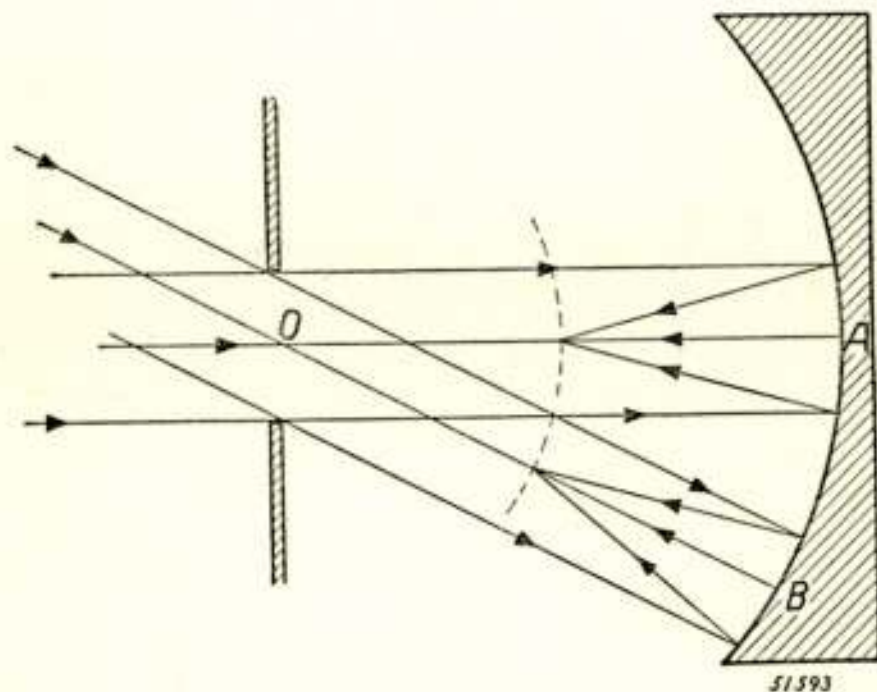


Fig. 3.

Een bolvormige holle spiegel met diafragma in een vlak door het krommingsmiddelpunt O . De beelden, gevormd door de bundels evenwijdige stralen A en B , liggen op een bolvormig oppervlak met O als middelpunt en met $\frac{1}{2} R$ als straal, indien R de straal van de spiegel is.

gaan, wat te wijten is aan de bekende sferische aberratie. Zie fig. 4a. Deze afbeeldingsfout kan gecorrigeerd worden door in de diafragma opening een asferische correctieplaat te plaatsen zoals in fig. 4b weergegeven is. In fig. 4 is de stralengang zonder en met correctieplaat geteekend, terwijl fig. 5 twee fotografische opnamen weergeeft die duidelijk het effect van de correctieplaat demonstrenen.

De correctieplaat wordt uit gelatine gegoten op een vlakke glasplaat, met behulp van een metalen mal.

De vorm van het benodigde asferische oppervlak wordt berekend. Aan de hand van die berekening wordt de mal ver-

vaardigd, waarbij echter de dikteverschillen die de lens moet hebben, in de mal een factor 5 te groot gemaakt worden. De mal wordt vervolgens gevuld met een warme 20% gelatineoplossing, waarna de glasplaat er op gelegd wordt. Na koeling

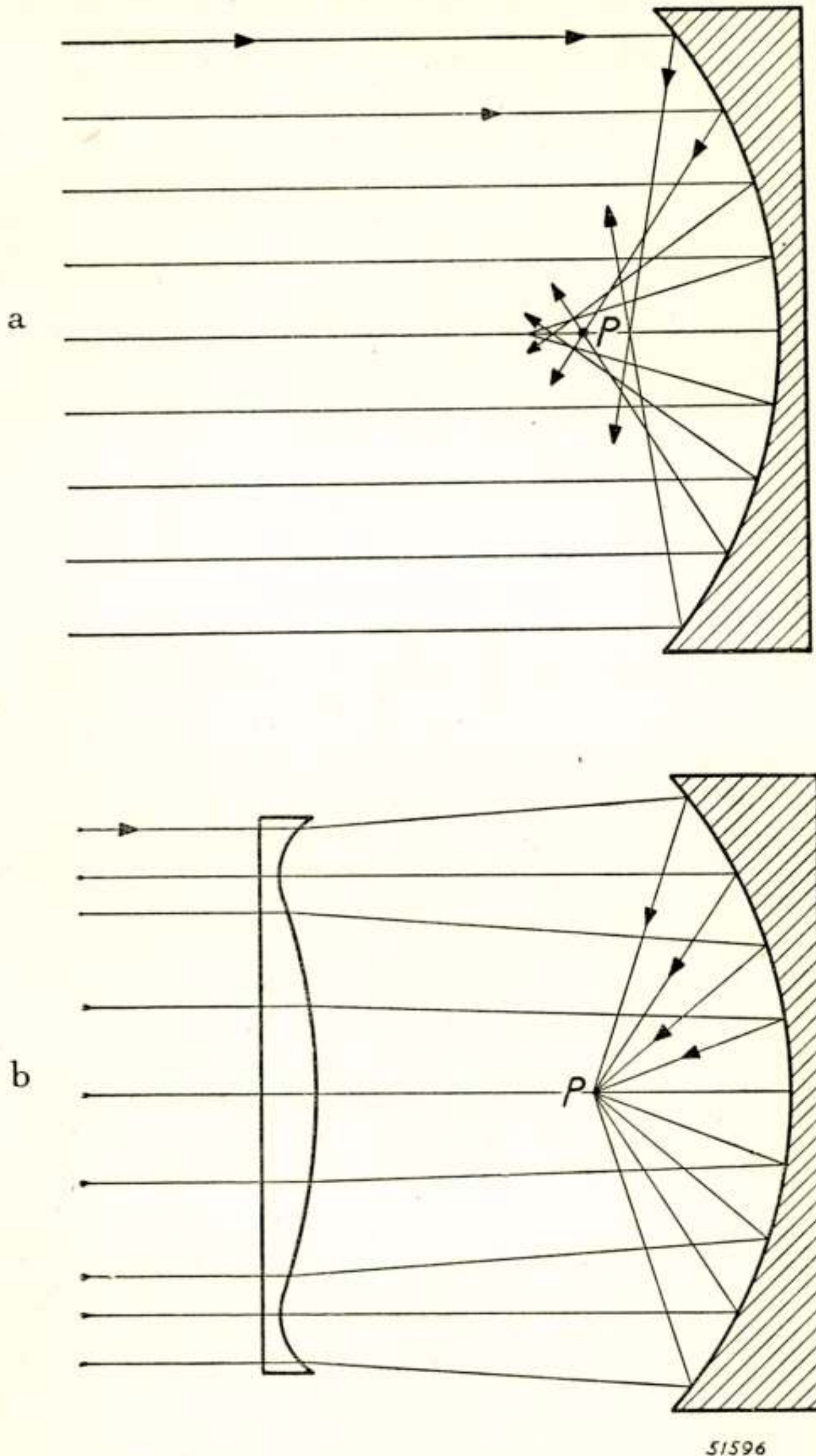


Fig. 4.

- a) Bij een sferische spiegel convergeren de stralen van bundels met verschillende afstanden tot de optische as naar verschillende punten.
 b) De correctieplaat bewerkstelligt dat alle evenwijdige stralen naar eenzelfde brandpunt P convergeren.

wordt de gelatine stijf en kleeft aan het glas. Men laat de verkregen correctieplaat nu indrogen, waarbij de gelatine een factor 5 inkrimpt, waardoor de gewenste dikte wordt verkregen.

Hoewel de mal met de grootst mogelijke nauwkeurigheid gemaakt moet worden, wordt toch niet eenzelfde gladheid van oppervlak geëist als de te vervaardigen correctieplaat moet hebben, dank zij het feit dat alle onregelmatigheden ook een factor 5 worden verkleind.

Bij een opstelling volgens fig. 6, waarbij de buis door de correctieplaat heen steekt, wordt van stralen die van de rand van het beeld uitgaan, een gedeelte onderschept door de hals van de buis en de daarop bevestigde afbuig- en focusseer-spoelen. Deze oorzaak van vignettering wordt sterk verminderd door toepassen van een vlakke spiegel die het licht

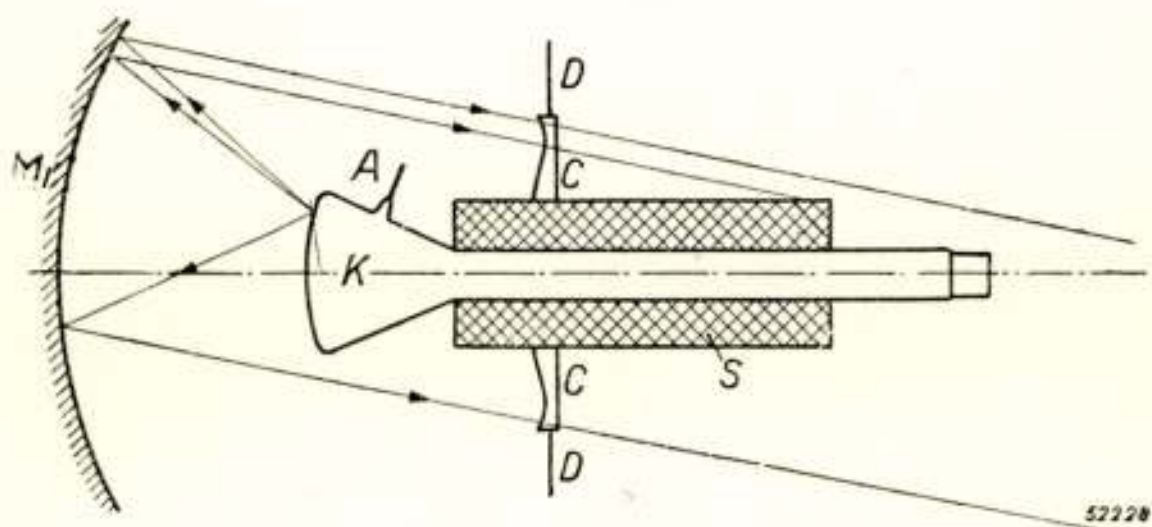


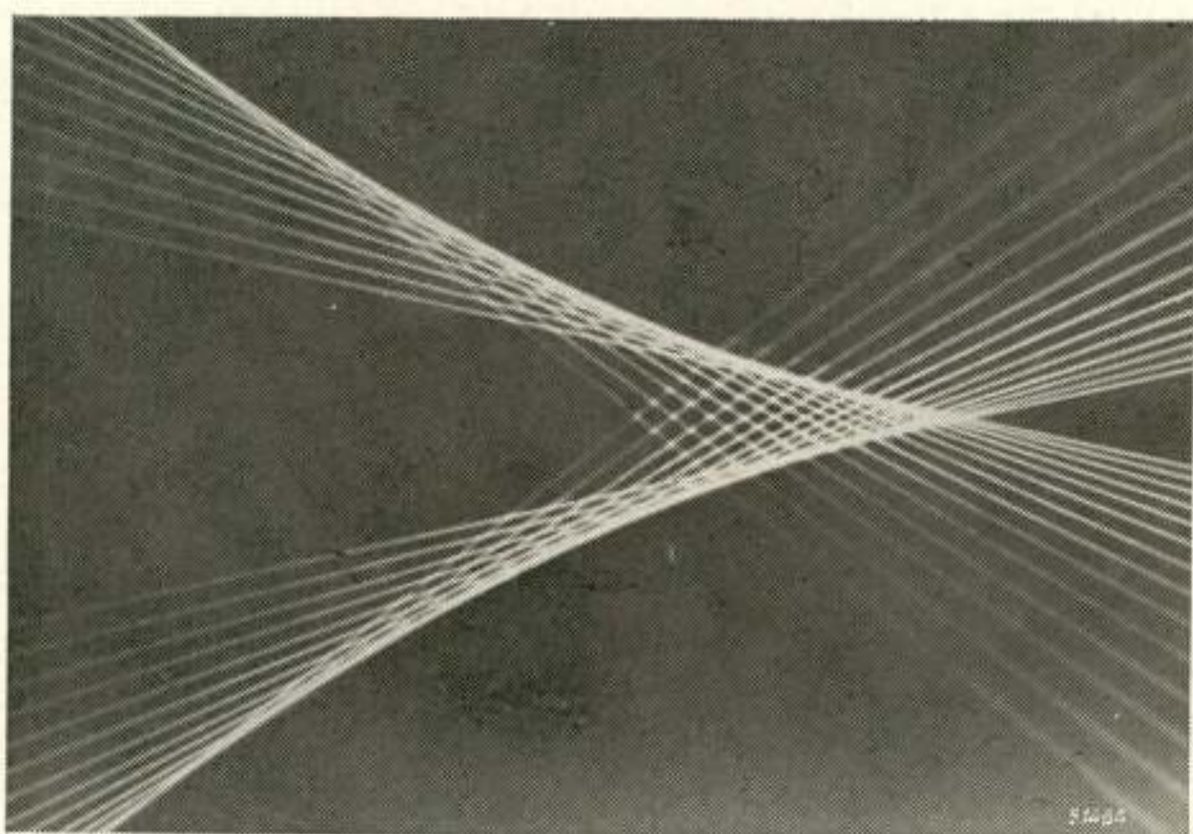
Fig. 6.

Eenvoudige projectie-optiek voor televisie. K=kathodestraalbuis met anode-aansluiting A en focusserings- en afbuigspoelen S. M=sferische spiegel, C=correctieplaat volgens Schmidt, D=diafragma.

zijdelings wegbuigt (fig. 7). Het is nu praktisch alleen de door deze spiegel heenstekende kop van de buis zelf die lichtverlies veroorzaakt.

Om de gewenste vergroting te krijgen (van 36×48 mm. naar 30×40 cm., dus lineair ongeveer $8,5 \times$) is een afstand van 75 cm. nodig tussen correctielens en projectiescherm. Om redelijke kastafmetingen te krijgen kan men in een ontvangapparaat de optische box onderin plaatsen met de correctieplaat boven (fig. 8.) De lichtbundel wordt hierbij door een tegen de deksel bevestigde vlakke spiegel naar voren gereflecteerd tegen de achterkant van een zogenaamd doorzichtscherf. Dit scherm is bijvoorbeeld een matglazen plaat, waarop men aan de voorkant het beeld waarneemt.

a



b

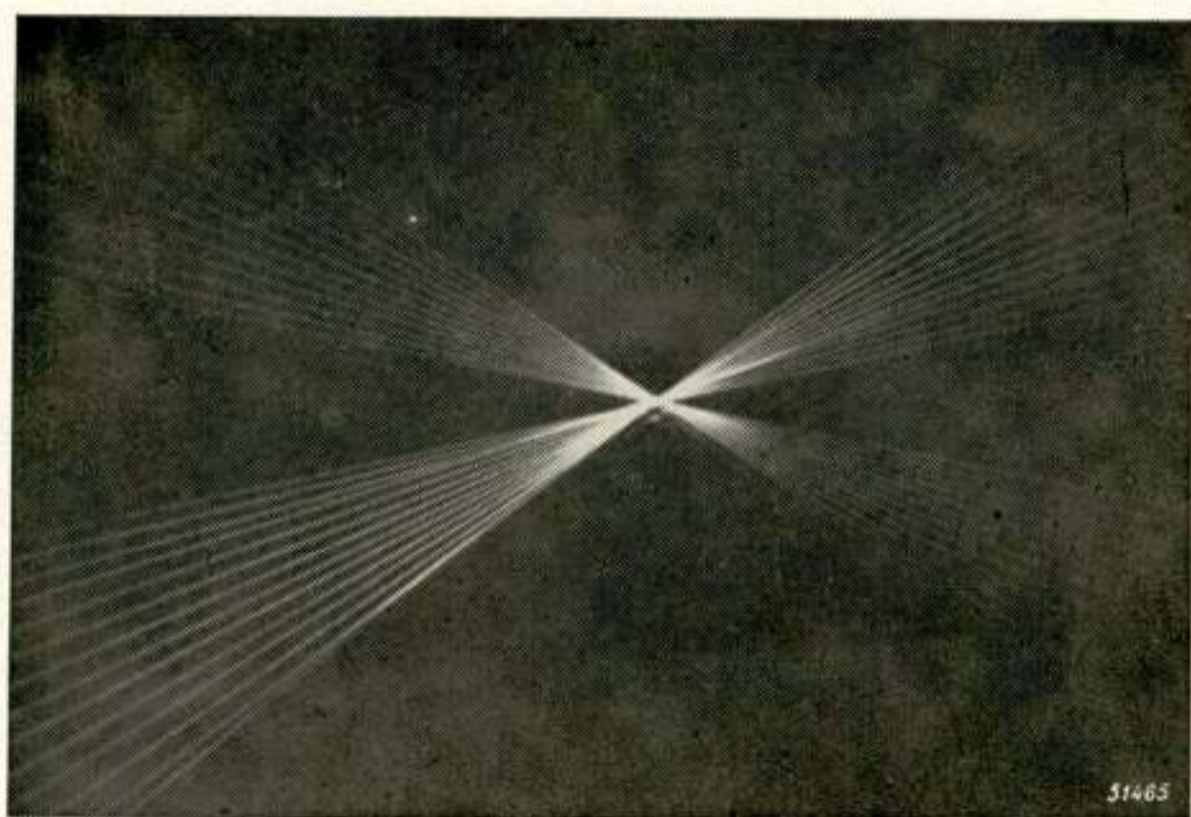


Fig. 5a en b.

a) Stralengang zonder correctieplaat.

b) Stralengang met correctieplaat.

In beide gevallen bevindt de holle spiegel, die de stralen teruggekaatst heeft, zich links. De opnamen werden gemaakt met een scheefstaande fotografische plaats in het brandpunt van het spiegelsysteem. De centrale stralen werden onderschept.

Met deze Schmidt-camera wordt een kwalitatief zeer goede afbeelding verkregen terwijl de helderheid van het beeld groter is dan van een bioscoopbeeld.

Het beeldformaat van 30×40 cm. lijkt ons zeer geschikt voor normale huiskamers.

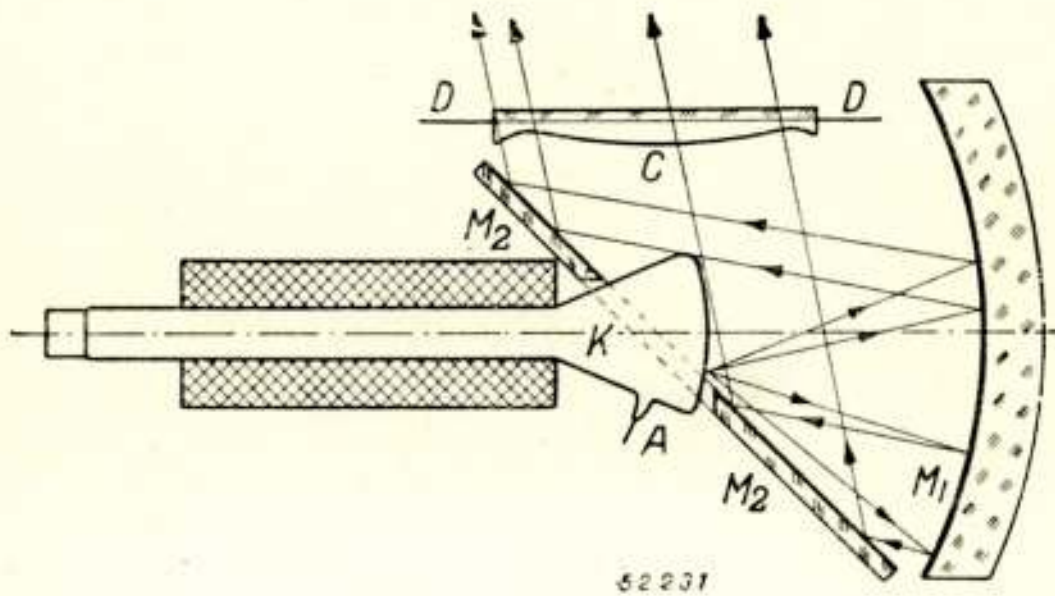


Fig. 7.

Projectieoptiek voor televisie met een extra vlakke spiegel M_2 .

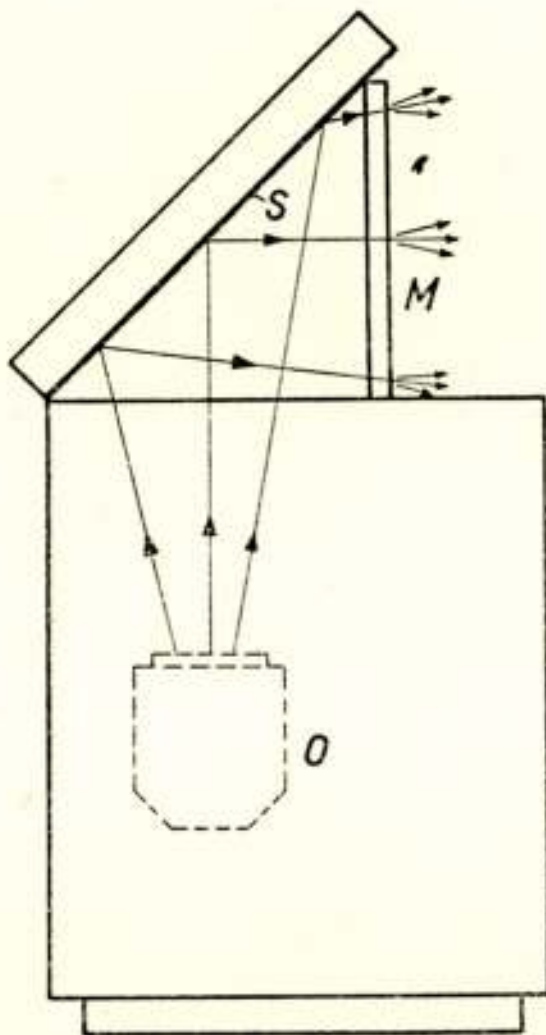


Fig. 8.

Console-model televisie apparaat met optiek O, tegen de opgeklapte deksel bevestigde vlakke spiegel S en matglazen scherm M.

Wanneer geen televisie-uitzending ontvangen wordt kan de deksel neergeklapt worden.

Het projectiescherm.

Wanneer een beeld geprojecteerd wordt op een wit doek of een wit vel papier, wordt het licht in alle richtingen gereflecteerd, ook naar plaatsen waar zich nooit toeschouwers zullen bevinden.

Een dergelijk scherm reflecteert nagenoeg diffuus, volgens de wet van Lambert, zodat het diagram van de lichtsterkte in de verschillende richtingen een cirkel is. Voor doorvallend licht heeft zogenaamd melkglas nagenoeg een dergelijk diagram (fig. 9a).

Matglas echter is selectief verstrooiend d.w.z. in de richting

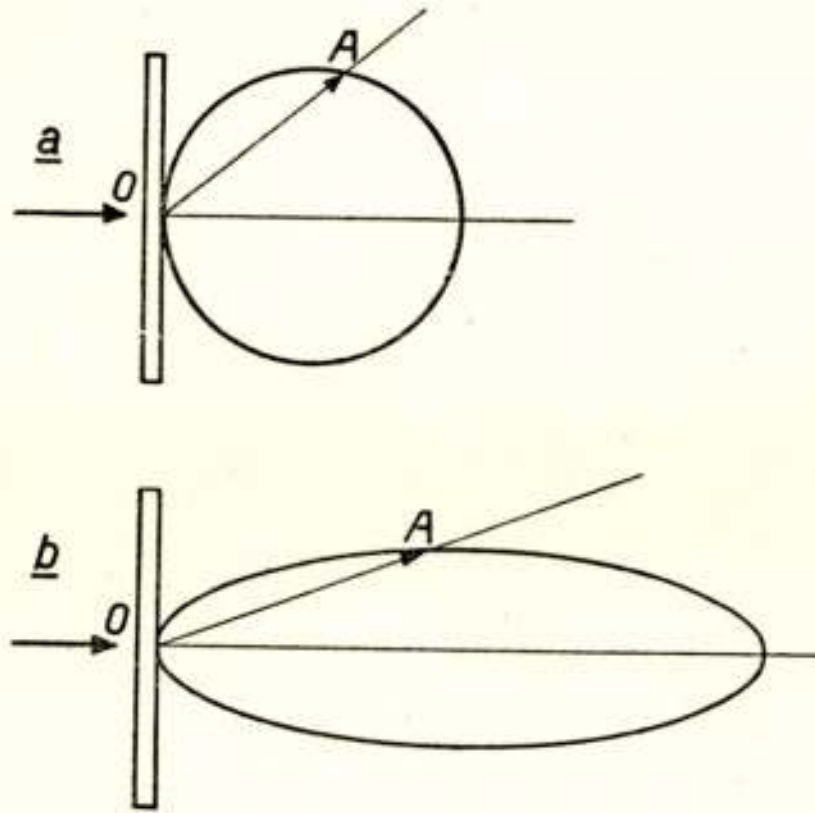


Fig. 9.

a) diffuse verstrooiing.

b) verstrooiing als bij matglas.

De lengte van de vector OA is een maat voor de hoeveelheid licht die door de eenheid van schermoppervlak in de richting OA gestrooid wordt.

van de invallende stralen treedt de grootste lichtsterkte op. Het diagram is lusvormig (fig. 9b) en door de mate van mattering heeft men de lengte-breedte verhouding van de lus in de hand. De versterking in de straalrichting ten opzichte van een volkomen diffuse verstrooiing noemen we de versterkingsfactor. Een matglas met 4-voudige versterking bijvoorbeeld geeft in de praktijk goede resultaten.

Toch voldoet een matglazen scherm niet aan alle eisen die men aan een televisiescherm zou willen stellen. Gaat men na aan welke eisen zulk een scherm zou moeten voldoen dan blijken

behalve de versterkingsfactor nog andere overwegingen een rol te spelen. Het is misschien interessant hierop even wat verder op in te gaan.

Gaan we eens na welke positie de toeschouwers ten opzichte van het scherm innemen. Net als in een bioscoop moet de afstand van toeschouwer tot scherm minstens 4 à 5 maal de beeldhoogte zijn (hier dus ongeveer 1,5 meter), anders is het beeld niet meer in zijn geheel rustig te overzien.

Op die minimum afstand wil men bijvoorbeeld twee personen naast elkaar het beeld goed laten zien. Verder naar achteren kunnen dan meer personen naast elkaar plaats nemen.

Houdt men ook nog rekening met zittende en staande personen en normale lengteverschillen, dan komt men tot een zekere gewenste spreiding van het licht in horizontale en ver-

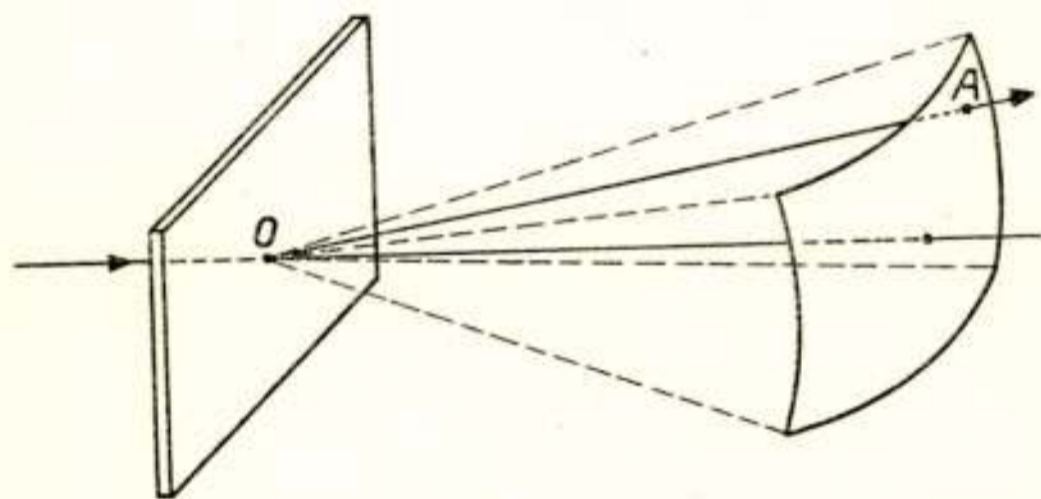


Fig. 10.

Het ideale verstrooiingsdiagram voor een televisiescherm.

ticale richting. Het zal duidelijk zijn, dat het ideale verstrooiingsdiagram in horizontale richting breder moet zijn dan in verticale en de vorm van een bolsector moet hebben (fig. 10).

Binnen de kegel waarin de toeschouwers zich bevinden, moet iedereen het hele beeld ook met gelijkmatige helderheid waarnemen. De assen van de strooiingsdiagrammen van alle punten van het scherm moeten dus ongeveer evenwijdig zijn, eigenlijk iets convergeren in de richting van het publiek. (fig. 11a)

Het tegengestelde is echter het geval bij een matglazen scherm. Immers, de as van de verstrooiingskegel ligt hier steeds in het verlengde van de invallende stralen, en deze divergeren (fig. 11b). Het gevolg is dat men, links in de kamer zittend de rechterkant van het beeld minder helder ziet dan de linkerkant.

Een verbetering zou verkregen worden door de divergerende invallende stralen eerst door een convergerende lens op de juiste wijze te laten richten. Deze lens zou dan vlak tegen het scherm moeten worden aangebracht, en zou even groot moeten zijn als het scherm. Voor de praktijk is dat echter geen aanvaardbare oplossing. Wel bereikt men die met behulp van een zogenaamde Fresnel-lens. Dit is een platbolle lens die in con-

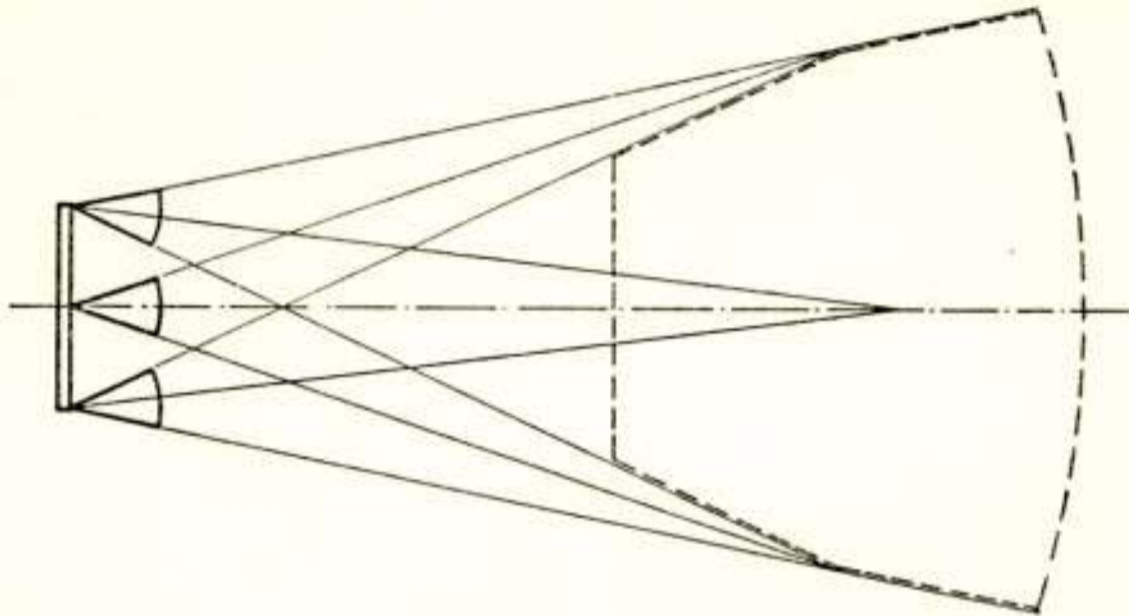


Fig. 11a.

De juiste oriëntering van de verstrooiingsdiagrammen in het horizontale vlak.
Het met stippellijnen omgeven gedeelte is de toeschouwersruimte.

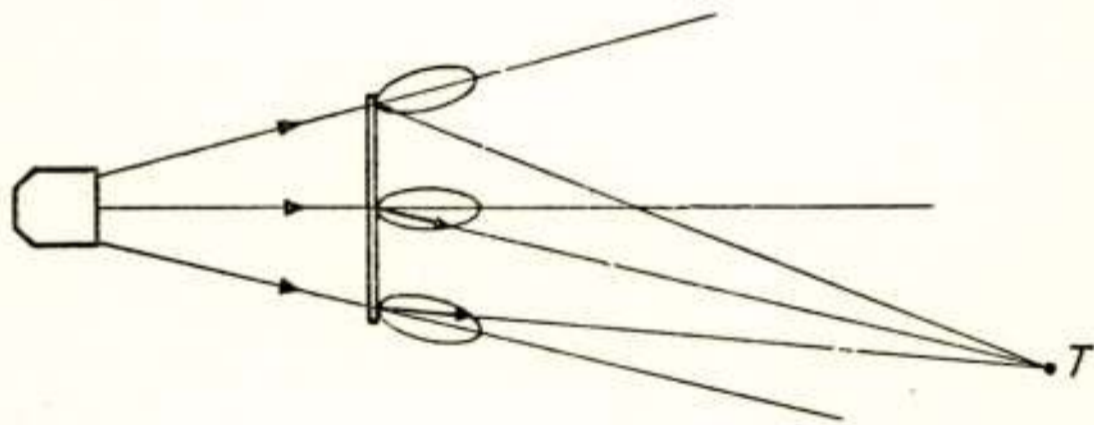


Fig. 11b.

De oriëntering van de verstrooiingsdiagrammen in het horizontale vlak bij een matglas-scherm, waarop aan de achterzijde een beeld wordt geprojecteerd.

centrische ringen is gesneden die alle ongeveer gelijke dikte gekregen hebben (fig. 12). Men ziet ze dikwijls toegepast in vuurtorens. Een dergelijke Fresnel-lens kan vervaardigd worden door in een plaat plexiglas of iets dergelijks cirkelvormige of spiraalvormige groeven te snijden.

Optisch behoeft het geen goede lens te zijn, daar geen afbeelding, maar alleen bundeling van het licht wordt gevraagd.

Wel moeten de groeven liefst zeer fijn zijn opdat de ringstructuur niet te veel zichtbaar wordt.

De vorm van de strooiingskarakteristiek van het matglas is, zoals we zagen, ook niet ideaal. Ten eerste heeft hij een vrij scherpe top, inplaats van een vlakke en ten tweede is hij radiaal symmetrisch rond zijn as, in plaats van minder hoog dan breed.

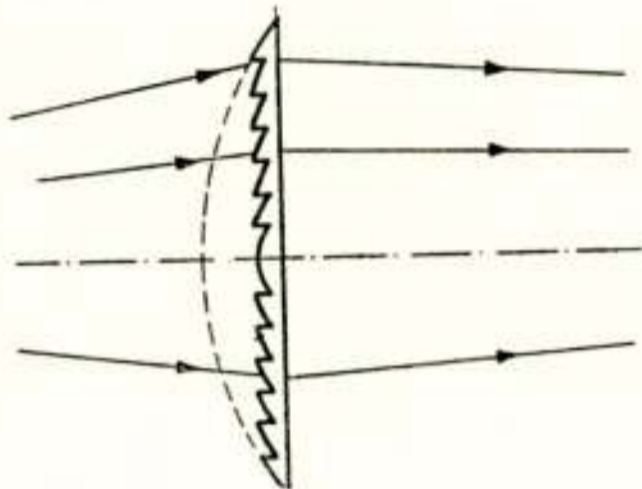


Fig. 12.
Een Fresnel-lens.

In plaats van door strooiing door een matglazen scherm kan men ook het licht spreiden met behulp van een scherm vol kleine lensjes (fig. 13). Op ieder lensje valt een lichtbundeltje van nagenoeg evenwijdige stralen. Deze gaan door het brandpunt van het lensje en verspreiden zich dan binnen een ruimte-

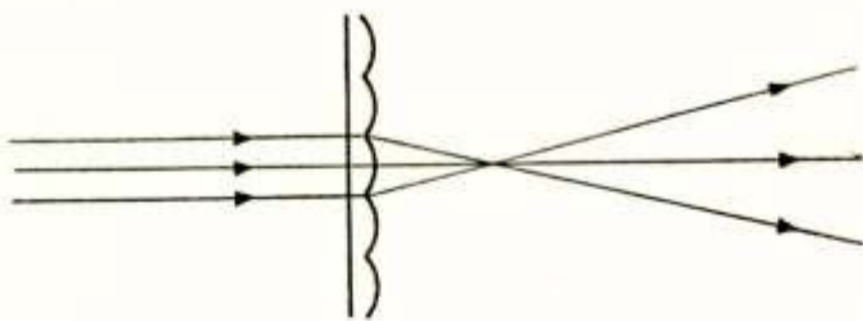


Fig. 13.
Spreiding van het licht door kleine lensjes.

hoek, die men naar believen groter of kleiner kan maken door bijvoorbeeld de brandpuntsafstand anders te kiezen. Om de spreiding in het horizontale en verticale vlak verschillend te maken, kan men de lensjes in deze vlakken verschillende kromtestralen geven. Optische eisen worden er practisch niet aan gesteld; wel moeten de lensjes klein zijn ten opzichte van de details in het beeld.

Het is duidelijk, dat het vervaardigen van zulk een lensjes-scherm geen eenvoudige opgave is.

Iets eenvoudiger wordt het wanneer men de spreiding in het horizontale en verticale vlak gaat scheiden. Beide kan men namelijk bewerken met een stelsel cilinderlenzen, dat verwezenlijkt kan worden door evenwijdige groeven met het gewenste profiel in een plaat te snijden.

Twee dergelijke platen plaatst men dan met de bewerkte oppervlakken tegen elkaar (eigenlijk moet alles immers in één vlak, namelijk het beeldvlak, gebeuren).

Om de uitvoering nog iets compacter te maken, kan men beide spreidingen weer combineren door bijvoorbeeld verticale groeven (voor de horizontale spreiding) met variërende diepte (voor verticale spreiding) te snijden met een wippende beitel. De groeven worden daarbij niet in de plaat zelf gesneden, maar in een matrijs, waarvan het scherm een afdruk is in een geschikt materiaal. In de andere kant van dit scherm wordt op dezelfde wijze een Fresnel-lens geperst.

Een belangrijk punt is verder nog hoe het contrast in het beeld beïnvloed wordt door verlichting in de kamer. In een bioscoop kijkt men naar het doek in een praktisch donkere zaal. In een verlichte zaal zou het witte doek niet meer zwart zijn op de plaatsen waar dat gewenst wordt en de contrasten zouden dus sterk worden verminderd. Liet men zonlicht in de bioscoop toe, dan zou het beeld vaak niet eens meer te zien zijn. Iets minder erg, maar toch analoog is het bij het televisiebeeld op een direct-zicht-buis. In een verlicht vertrek is het scherm immers wit. De zwarte partijen in een beeld kunnen dus nooit donkerder zijn dan dit „wit“.

In een bioscoop accepteert men de verduistering, het licht gaat prettig langzaam uit, en na de film weer aan. In de huiskamer echter zit men niet graag in het volslagen duister te kijken. 's Zomers zou men alle gordijnen moeten gaan sluiten, 's winters het licht moeten uitdraaien om na afloop van het programma in het donker naar het knopje te moeten zoeken en knipperend met de ogen weer aan het licht te wennen. Bovendien wil men tijdens de voorstelling wel eens een kopje thee kunnen drinken. Ook kan het zijn dat iemand zich niet voor het gebodene interesseert en liever in een hoek van de kamer een boek gaat zitten lezen. Het zal dus een groot voordeel zijn als een matige verlichting van de kamer de kwaliteit van het beeld niet nadelig beïnvloedt.

Het matglas van een projectie-ontvanger is in een verlichte ruimte lichtgrijs doordat het licht dat er van voren opvalt min of meer diffuus gereflecteerd wordt. Het ideale projectie-scherm zou echt zwart moeten zijn als de ruimte er achter zwarte wanden heeft.

In de praktijk is dit ideaal nog niet helemaal bereikt doch het kunstmatige scherm is toch al een verbetering ten opzichte van het matglas.

Aan ieder oppervlak treedt enige reflectie op en op het gegolfde oppervlak van een lensjesscherm kunnen gemakkelijk zeer vele kleine glimlichtjes ontstaan door een lamp of een raam.

Wat dit betreft, zou dus nog een verbetering mogelijk zijn door geen licht doorlatend, doch een reflecterend scherm te gebruiken. Een dergelijk scherm wordt dus aan dezelfde kant be-

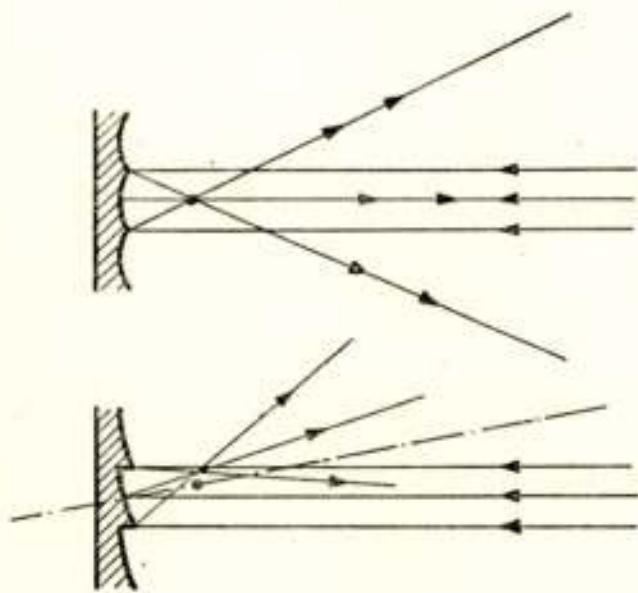


Fig. 14.

Spreiding van het licht door kleine holle spiegeltjes met verschillende oriëntatie ten opzichte van de invallende lichtstralen.

keken, als waarop het beeld geprojecteerd wordt, en inplaats van uit vele kleine lensjes moet het bestaan uit vele kleine spiegeltjes, ook weer met verschillende kromtestralen om in het horizontale en verticale vlak de juiste spreiding te bereiken. Het effect van de Fresnel-lens zou dan ook in de oriëntatie van de spiegeltjes kunnen worden gevonden, wat geen eenvoudige opgave is bij de vervaardiging (fig. 14).

Ook hier zou men groeven als cilinderspiegels kunnen toepassen.

In Amerika heeft men al met al met dergelijke schermen geëxperimenteerd, echter nog niet met veel succes. Zulk een reflecterend scherm zou dan bijvoorbeeld aan de binnenkant van de opklapbare deksel van het televisie-apparaat bevestigd kunnen worden. Theoretisch reflecteert een dergelijk scherm voorname-

lijk licht afkomstig uit de richting van de optische box, naar de toeschouwers, zodat men van verlichting in de kamer weinig hinder zou moeten hebben. Wanneer men echter bedenkt dat het beeld scheef op het scherm geprojecteerd moet worden, toch rechthoekig en overall scherp moet zijn, waarvoor het o.a. nodig is dat het beeld op de projectiebuis trapeziumvormig is, zal men begrijpen dat de uitvoering van deze op het eerste gezicht aantrekkelijke oplossing nog niet zo eenvoudig is.

Het Hoogspanningsapparaat

Tenslotte zal hier nog kort een electrotechnisch onderwerp worden behandeld, namelijk het opwekken van de voor de projectiebuis benodigde hoogspanning.

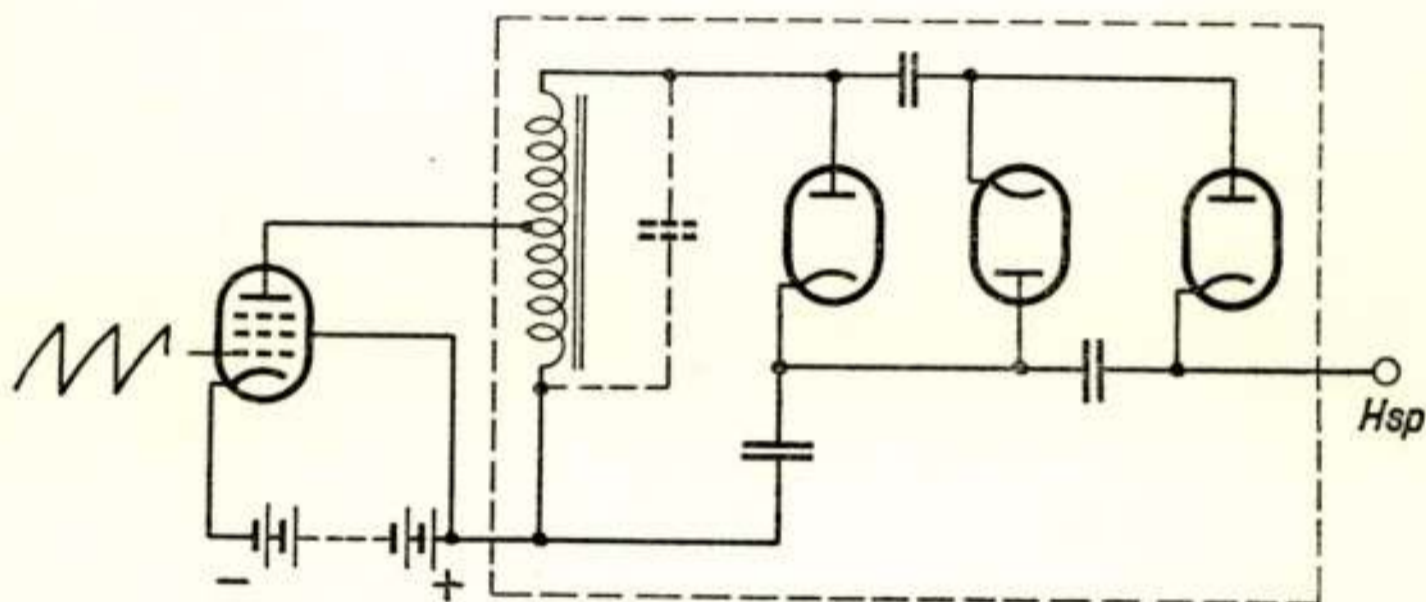


Fig. 15.

Vereenvoudigd schema van het hoogspanningsapparaat.

Het hoogspanningsapparaat moet een spanning van 25 kV en een maximale gelijkstroom van $200 \mu A$ kunnen leveren.

Het principe waarop de werking van het apparaat berust is eigenlijk gelijk aan dat van de bekende Ruhmkorff. Een vereenvoudigd schema in fig. 15 weergegeven.

Een stroom door een spoel wordt namelijk met regelmatige tussenpozen onderbroken. De spoel gaat dan met de steeds aanwezige parallelcapaciteit trillen, waarbij de topspanning over deze trillingskring gemakkelijk 10 kV kan bedragen. Na een halve trillingstijd is de in het magnetisch veld van de spoel aanwezige energie $\frac{1}{2} Li^2$ overgegaan in de elektrische veldenergie van de capaciteit $\frac{1}{2} Cv^2$. Door C zo klein mogelijk te houden, kan men bereiken dat v groot wordt bij gegeven L en i . Als schakelaar dient hier geen trillercontact, doch een electronenbuis, die plotseling „afgeknepen” wordt.

Met de beschikbare batterijspanning kan het electromagnetische veld het voordeligst opgebouwd worden door de stroom lineair van 0 tot de maximale waarde te laten toenemen. Dan geldt namelijk $V = L \frac{di}{dt}$, waarbij V het verschil is tussen de batterijspanning en de anodespanning van de buis. Men gebruikt hiervoor een penthode-eindbuis en laat de anodespanning zo laag worden als verenigbaar is met de maximaal benodigde anodestroom (volledige spanningsuitsturing). Er is dan een zaagtandvormige stuurspanning op het eerste rooster nodig, die geleverd wordt door een zaagtandgenerator, bijvoorbeeld van het type zelfblokkerende oscillator.

De opgewekte spanningspieken worden met de bekende vermenigvuldigingsschakeling volgens Greinacher gelijkgericht. Hier wordt verdrievoudiging van de spanning toegepast.

Zonder bijzondere maatregelen zou de spanning van een dergelijk apparaat bij belasting te veel dalen. Daarom is een automatische regeling aangebracht. Aan het stuurrooster van de buis wordt een regelspanning toegevoerd die zorgt dat deze buis meer energie in de spoel aflevert, wanneer de belasting toeneemt.

Bij $200 \mu A$ belasting is de buis volledig uitgestuurd, zodat bij verder toenemende belasting de spanning snel daalt.

Overbelasting, zelfs kortsluiting van dit hoogspanningsapparaat heeft daardoor geen nadelige gevolgen.

Ook uit veiligheidsoogpunt is dit een voordeel, daar aanraking van de hoogspanning niet dodelijk is. Toch is, zoals vanzelf spreekt, alles goed afgeschermd.

De spoel en de gelijkrichtschakeling zijn in een met olie gevulde en dichtgesoldeerde bus gemonteerd, van waaruit de hoogspanning via een speciaal kabeltje met geaarde mantel naar de projectiebuis gevoerd wordt. Dank zij de toepassing van olie is het gelukt het geheel in een voor een dergelijk apparaat zeer kleine afmeting uit te voeren.

Eindhoven, 2 Juni 1949.

Een eenvoudig koersbaken

door J. W. Alexander

N.V. Philips Telecommunicatie Industrie, v.h. N.S.F.
Hilversum

Voordracht gehouden voor het Nederlandsch Radiogenootschap op 22 Maart 1949

SUMMARY

An analysis of the system of the SCS 51 localiser gives indication for a simple realisation without mechanical modulation. A short description of the realisation is followed by an examination of the course sharpness and the course width and the relation is given between these and the meter reading.

A satisfactory agreement exists between calculated and measured values.

The requirements that must be put to the localiser show that the modulation depths of middle and outer antennas are determinative, and not the ratio of amplitudes of the two modulation frequencies in a certain direction as is usual. The PICAQ requirements are studied furthermore and other requirements are formulated.

I. *Inleiding.*

Bij het ontwerpen van een koersbaken dat hetzelfde presteert als de SCS 51, is het gewenst dit baken eerst nader te onderzoeken en de werking ervan te analyseren.

Dit baken bestaat uit 2 gedeelten, n.l. een koerslijn-baken en een glijwegbaken. Het eerste bepaalt een vlak, loodrecht op de aarde, gaande door de startbaan. Wanneer een vliegtuig zich bij dalen in dit vlak bevindt, blijft de meter van de vliegtuigontvanger in de nulstand staan, d.i. de middenstand. Komt het vliegtuig buiten dit vlak, dan slaat de meter uit, naar links of naar rechts, afhankelijk van de positie van het vliegtuig t.o.v. de koerslijn. Het glijwegbaken geeft een indicatie in het vliegtuig van de landingslijn, gelegen in genoemd vlak. Buiten deze lijn ontstaat er een meteruitslag in het vliegtuig.

In het volgende zullen wij ons beperken tot het koerslijn-baken.

In principe is dit opgebouwd volgens het blokschema fig. 1.

Een kristalgestuurde zender, werkend in een frequentiegebied van 108 tot 112 MHz, werkt op een mechanische modulator, die twee antenne-uitgangen heeft. In principe voedt de modulator een antennesysteem 1, dat een stralingskarakteristiek heeft, overeenkomend met een raam, en een systeem 2, dat een

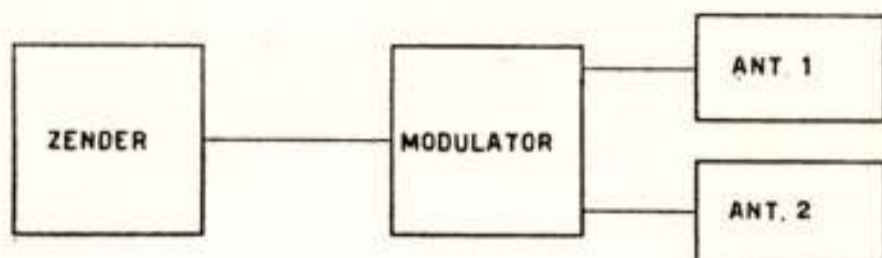


Fig. 1.

Principeschema bakenzender SCS 51.

ongerichte karakteristiek vertoont. Door de combinatie van beide systemen ontstaat een hoogfrequent veld, dat in geen enkele richting nul wordt.

De meteruitslag in het vliegtuig is dan ook geen maat voor het hoogfrequentveld, maar is afhankelijk van het verschil van twee modulatiespanningen van ongelijke frequentie (90 en 150 p.p.s.) De antennesystemen worden zodanig gemoduleerd, dat alleen in de koerslijn de modulatiespanning van 90 Hz gelijk is aan die van 150 Hz. In dit geval staat dus de meter in het vliegtuig op nul.

II. Analyse.

De opbouw van het hoogfrequentveld vindt nu als volgt plaats:

Het antennesysteem 2 (zie fig. 2) met zijn ongerichte karak-

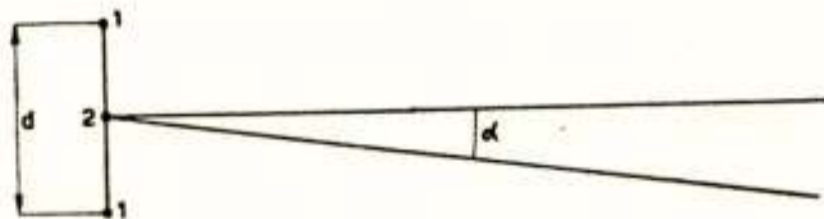


Fig. 2.

Opbouw antennesysteem met raamantenne 1 en middenantenne 2.

teristiek is geplaatst midden tussen het systeem 1, en wordt daarom verder de middenantenne genoemd. Deze geeft een met de beide frequenties $p = 90$ en $q = 150$ p.p.s. gemoduleerde hoogfrequent-spanning;

$$\sin \omega t (1 + m_{mp} \sin pt + m_{mq} \sin qt)$$

Het systeem 1, met zijn gerichte karakteristiek, gevormd door in principe een stel stralers op afstand d , worden gemoduleerd met dezelfde frequenties, echter met onderdrukt draaggolf. Dit raamsysteem geeft in een richting Θ met de asrichting van het raam (dus loodrecht op het raam) een veld, dat evenredig is aan $\sin \Theta$, waarin

$$\Theta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \alpha, \text{ als } \lambda = \frac{2\pi c}{\omega}.$$

Het veld wordt dus:

$$\sin \omega t (m_{rp} \sin pt + m_{rq} \sin qt) \sin \Theta.$$

Het totale veld is dus:

$$\sin \omega t \{1 + (m_{mp} + m_{rp} \sin \Theta) \sin pt + (m_{mq} + m_{rq} \sin \Theta) \sin qt\}$$

Dit hoogfrequentveld wordt in het vliegtuig opgevangen, hoogfrequent versterkt, omgezet in een middenfrequentspanning en gedetecteerd.

Na detectie ontstaat dan het laagfrequent signaal

$$c_1 \{(m_{mp} + m_{rp} \sin \Theta) \sin pt + (m_{mq} + m_{rq} \sin \Theta) \sin qt\}$$

waarin c_1 een constante van de ontvanger voorstelt.

Na deze detectie worden de twee laagfrequent signalen gescheiden in frequentie. De aldus verkregen spanningen worden gedetecteerd en tegengeschakeld, en naar een meter gevoerd, die dus een aanwijzing geeft evenredig met:

$$\begin{aligned} c_2 \{(m_{mp} + m_{rp} \sin \Theta) - (m_{mq} + m_{rq} \sin \Theta)\} = \\ = c_2 (m_{mp} - m_{mq}) + c_2 \sin \Theta (m_{rp} - m_{rq}) \end{aligned}$$

waarin c_2 een tweede ontvangerconstante.

In de koerslijn is $\Theta = 0$. Dan staat de meter op nul als

$$m_{mp} = m_{mq} = m_m.$$

Teneinde op de koerslijn de meter inderdaad op nul te krijgen, is het dus noodzakelijk, dat de beide laagfrequentspanningen, waarmee de middenantenne gemoduleerd wordt, gelijk zijn. Het is duidelijk dat hierbij de modulatiespanningen van de raamantenne geen rol spelen, want op de koerslijn is door het richteffect van het raam het hoogfrequentveld juist gelijk nul, zodat ook de modulatie daar geen rol speelt.

III. *De SCS 51-uitvoering.*

Bij de SCS 51 wordt de modulatie verkregen door een mechanische modulator, werkend op een hoogfrequent Lecher systeem, dat de antennes voedt uit de zender. Dit geschiedt volgens fig. 3, die het principe van de modulator weergeeft.

De zender is aangesloten in *A* en werkt op een brugstelsel *B*, waardoor twee van elkaar onafhankelijke kanalen ontstaan, waarop de mechanische modulator werkt. Dit bestaat uit twee tandwielen met een verschillend aantal tanden op een gemeenschappelijke as *C*, waardoor ieder der beide takken resp. met 90 en 150 p. p. s. gemoduleerd wordt. Vervolgens wordt een tweede brugstelsel *D* toegepast, waaruit de middenantenne *E* en de beide raamantennes *F* en *G* gevoed worden. Door toepassing van het eerste brugstelsel wordt bereikt, dat de beide mo-

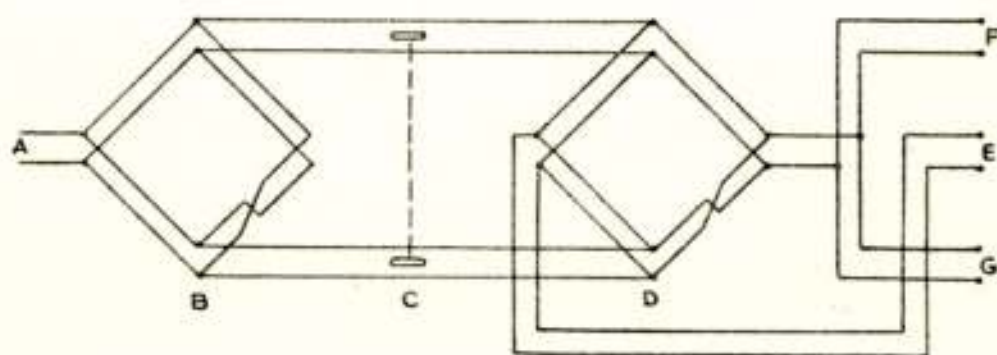


Fig. 3.

Modulatiesysteem SCS 51.

dulaties onafhankelijk van elkaar zijn; in het tweede systeem worden de beide kanalen opgeteld voor de middenantenne en afgetrokken voor de raamantennes, waardoor deze een veld geven, waarvan de draaggolf onderdrukt is. Deze schakeling heeft het voordeel, dat er geen buizen in gebruikt worden; maar het nadeel dat, ook indien de mechanische instelling volkomen stabiel zou blijven, de instelling volkomen star is. Bovendien zijn de modulaties voor raam- en middenantenne gelijk, wat zoals uit het volgende zal blijken, minder gewenst is.

Verandering van modulatiespanning is met dit systeem praktisch onmogelijk, maar toch zijn er allerlei extra afstemmidelen aangebracht om het gehele systeem in electrisch evenwicht te brengen en te houden. Bovendien gaat in deze brugschakeling een groot deel van het vermogen verloren. De antennes *E*, *F* en *G* zelf worden gevormd door horizontaal geplaatste ramen, zodat een horizontaal gepolariseerd veld uitgestraald wordt.

In de praktische uitvoering zijn er echter geen 3, maar minstens 5 ramen, waarvan de laatste 2 ook gevoed worden uit de brug D , maar via een phase-draaiend lid. Hiermee wordt praktisch de koers zuiver ingesteld. Dit vereist echter een extra kast, want bij dit mechanische systeem is een eenvoudige elektrische instelmogelijkheid niet aanwezig.

IV. Principe van de N.S.F.-uitvoering.

Het hiervoor beschreven werkingsprincipe behoeft niet met een mechanische modulator uitgevoerd te worden, maar kan op zeer eenvoudige wijze elektrisch verkregen worden volgens fig. 4.

De beide laagfrequent modulatiespanningen met de frequenties p en q worden toegevoerd aan de transformatoren A en B ,

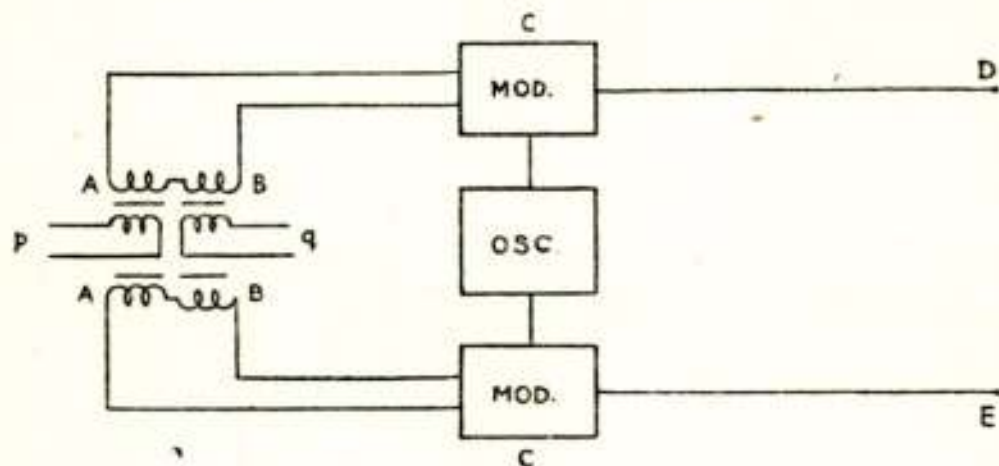


Fig. 4.

Principeschema N.S.F. uitvoering.

die beide spanningen sommeren resp. aftrekken. Deze laagfrequent spanningen worden toegevoerd aan de modulatoren C , die hun hoogfrequentspanning verkrijgen van een kristalgestuurde oscillator. De ene modulatoretrap levert de spanning aan de middenantenne D , en de andere modulatoretrap (met onderdrukt draaggolf) aan de raamantenne E .

Zolang de beide laagfrequentspanningen gelijk zijn, heeft een eventueel verlopen van de modulatoren geen invloed op de ligging van de koers. Aan deze voorwaarde kan gemakkelijk voldaan worden, zodat een omslachtige mechanische modulator niet nodig is.

V. Uitvoering van de zender.

In fig. 5 wordt een beeld gegeven van een praktische uitvoering. De gehele zender met voeding is op een enkel rek opgebouwd met uittrekbare panelen. Het onderste gedeelte bevat de voeding met een bedieningspaneeltje.

Daarboven is het modulatiepaneel aangebracht, met een meter voor het controleren van de amplitudes en de bijbehorende regelknoppen.

Hierboven is het oscillatorpaneel met meter en omschakelaar voor het controleren van de verschillende anode-schermrooster- en roosterstromen.

Het volgend paneel bevat de beide modulatrappen voor de midden- en raamantenne.

Hierboven is het antenne-aansluitpaneel met controle-oscillograaf. Figuren 6 en 7 geven een beeld van de achterzijde van de zender, met afgenomen kap, waaruit het betrekkelijk geringe aantal onderdelen blijkt.

De volgende fig. 8, geeft de achterzijde van een op Schiphol geplaatst houten huisje weer, hetwelk de omschreven zender en antennes bevat. Op het in het verlengde van een landingsbaan gelegen huisje zijn obstakellichten aangebracht.

VI. Koersscherpte, meteruitslag en koersbreedte.

Zoals uit de hiervoor op p. 121 gegeven berekening volgt, is de meteruitslag:

$$c_2 \sin \Theta (m_{rp} - m_{rq})$$

waarbij dan de modulatie van de middenantenne zodanig gekozen wordt dat $m_{mp} = m_{mq} = m_m$.

Uit de verdere beschrijving van de zender is al gebleken, dat de schakeling zodanig gekozen wordt, dat $m_{rp} = -m_{rq} = m_r$, zodat de meteruitslag u evenredig is met

$$u = 2 c_2 m_r \sin \Theta.$$

Deze meteruitslag is dus onafhankelijk van de modulatie van de middenantenne m_m .

Hieruit is te vinden de meteruitslag bij een bepaalde hoek uit de koers, dus bij een bepaalde hoek.

Deze bevat dus behalve de raammodulatie m_r ook nog een ontvangerconstante. Hieruit zou de scherpte van het baken gedefinieerd kunnen worden, als de meteruitslag bij een vaste hoek, maar dan wordt er een ontvangerconstante in betrokken.

Getracht is een definitie te vinden, die alleen betrekking heeft op de zender, en hiervoor is gangbaar de amplitude-verhouding tussen de beide laagfrequent-modulaties bij een bepaalde koersafwijking.

Volgens de berekening op p. 121 is deze verhouding v :

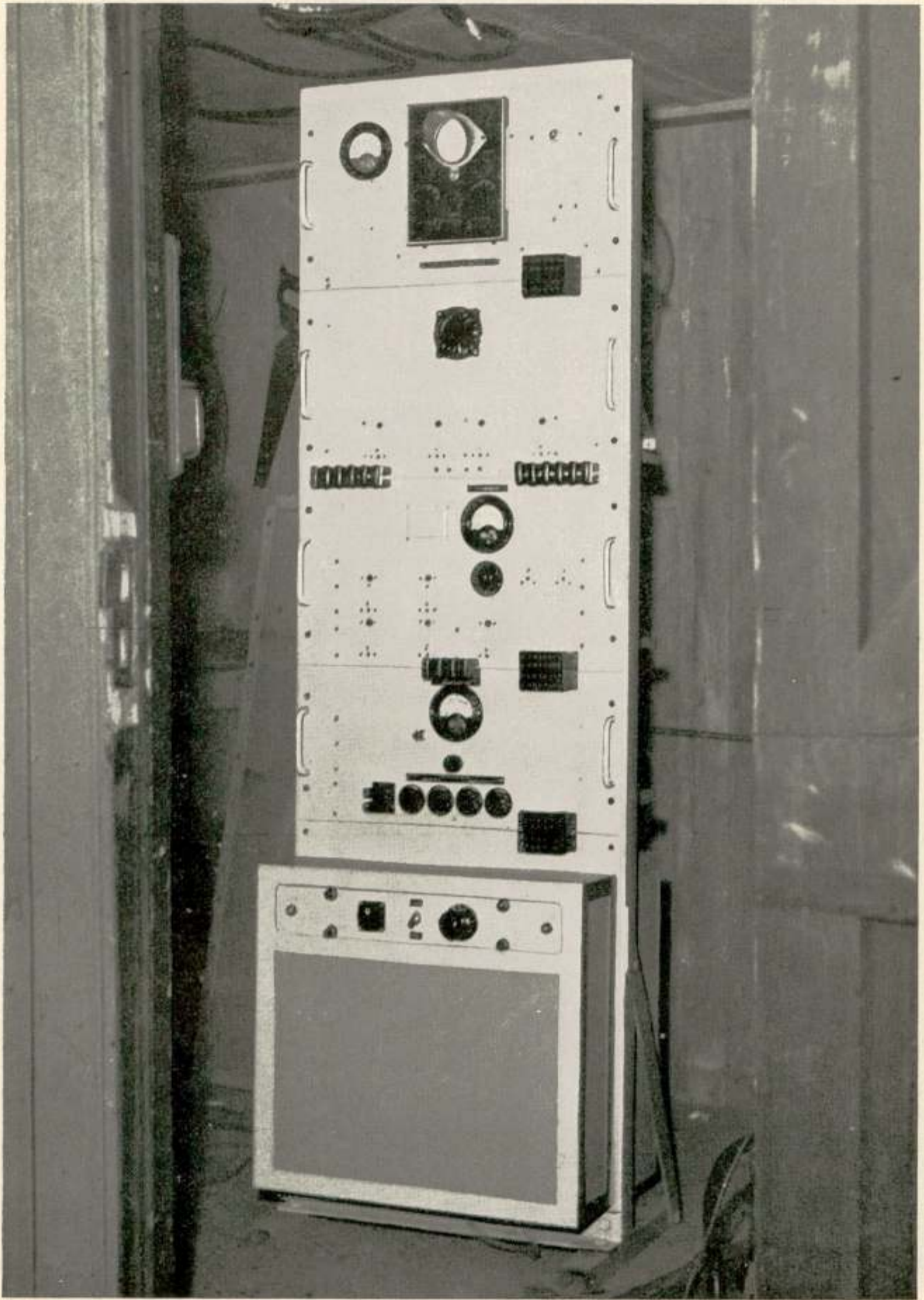


Fig. 5.
Vooraanzicht bakenzender.

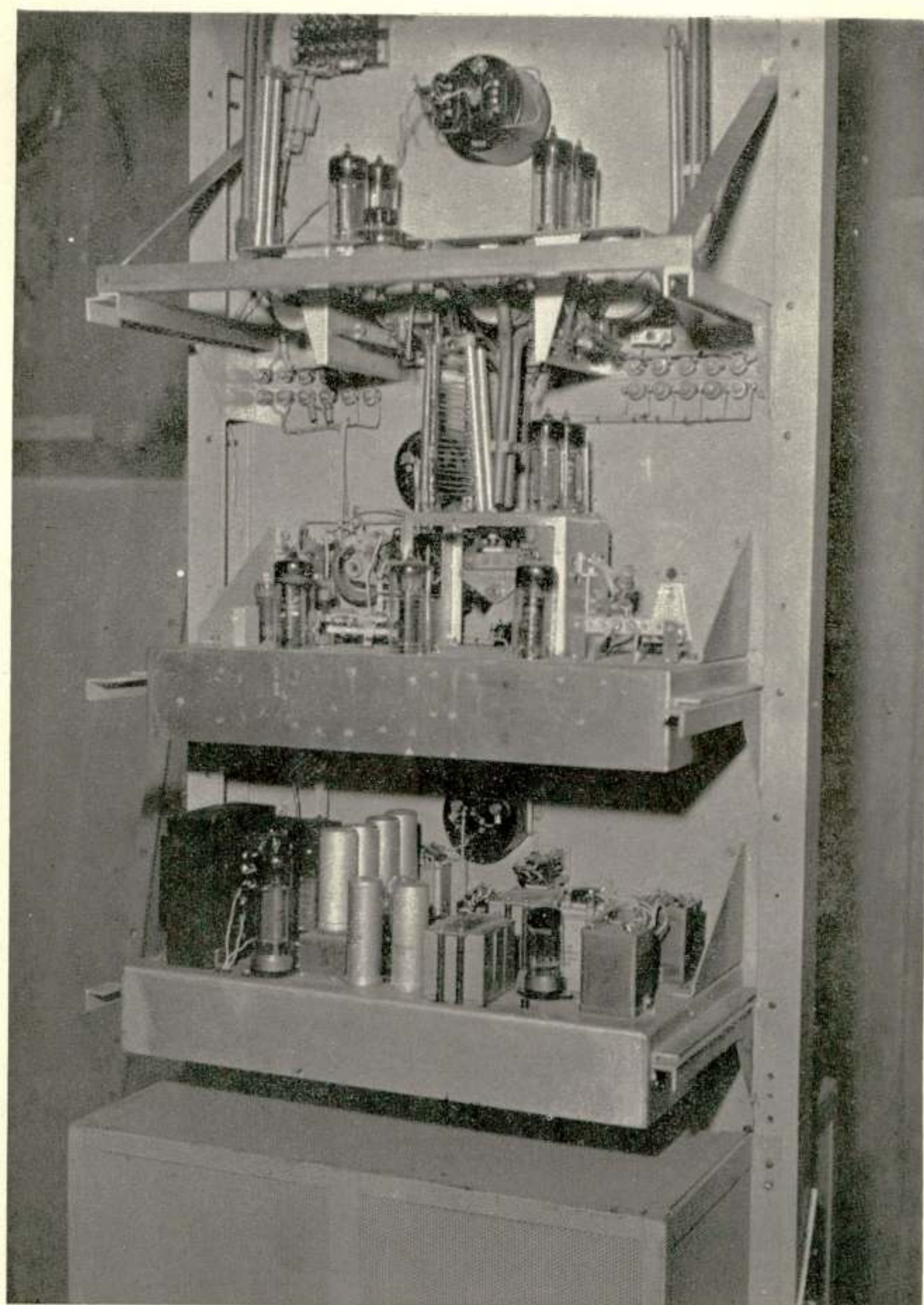


Fig. 6.

Achteraanzicht zender met antenne-aansluitpaneel, modulatiepaneel en oscillatorpaneel met afgenomen beschermkap.

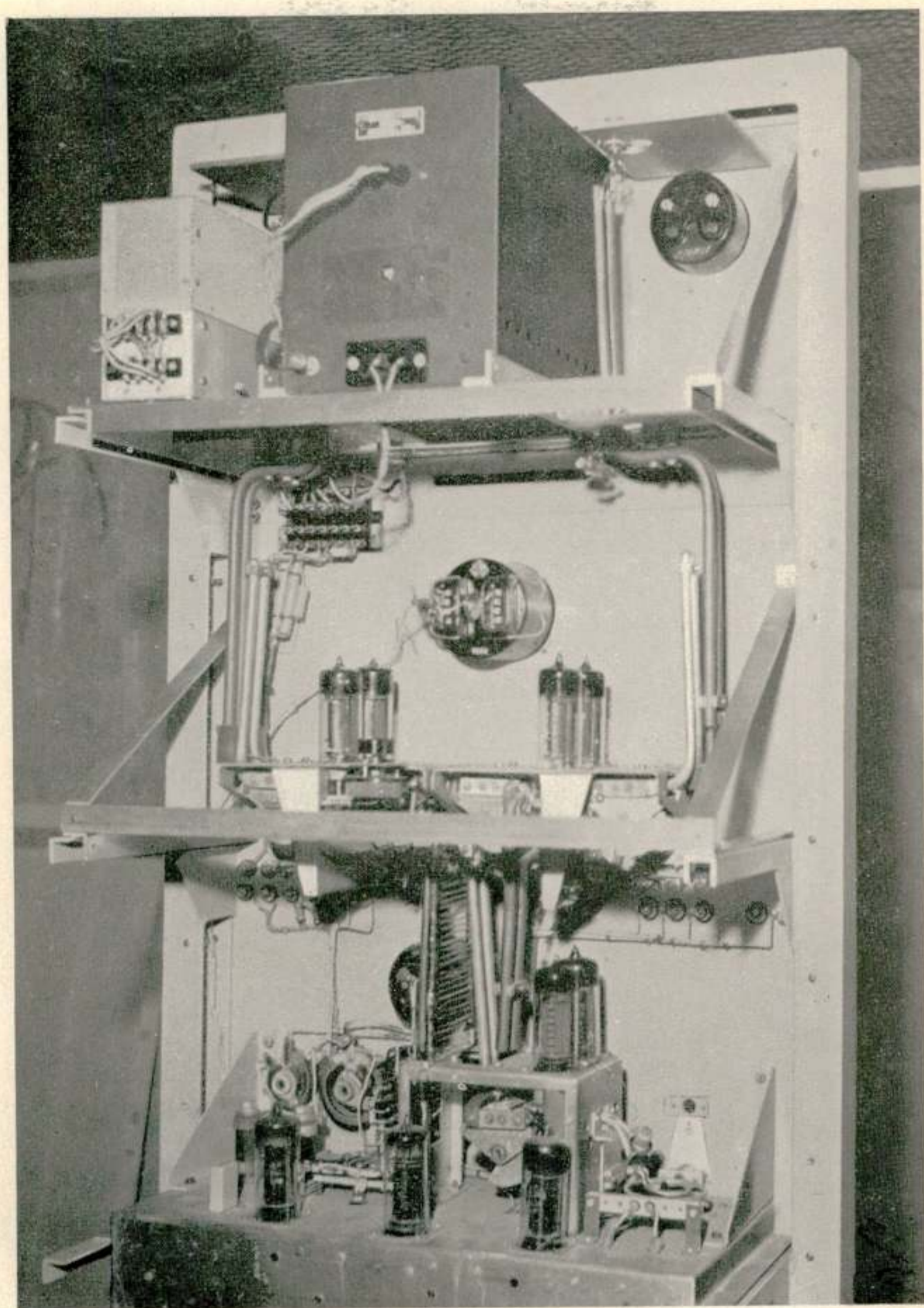


Fig. 7.
Oscillatorpaneel en modulatorenpaanel en gedeelte
van voedingspaneel.



Fig. 8.
Achterzijde van zender- en antenne-huis op Schiphol.

$$v = \frac{m_m + m_r \sin \Theta}{m_m - m_r \sin \Theta}$$

waarbij gesubstitueerd is dat $m_{mp} = m_{mq} = m_m$ en $m_{rp} = -m_{rq} = m_r$.

In deze verhouding komt dus geen toestel-constante voor, maar wel verschijnt er naast de raammodulatie ook nog de modulatie van de middenantenne m_m .

Het is mogelijk de meteruitslag u en de amplitudeverhouding in elkaar uit te drukken:

$$u = 2c_2 m_m \frac{v - 1}{v + 1}$$

$$v = \frac{2c_2 m_m + u}{2c_2 m_m - u}$$

Indien dus v bij een bepaalde hoek gekozen is, dan hangt de meteruitslag u ook nog af van de m_m en van de ontvangerconstante c_2 . Het gevolg kan dus zijn dat één vliegtuig op 2 verschillende bakens met dezelfde v zijn meter anders ziet bewegen omdat m_m verschillend kan zijn, of dat 2 verschillende vliegtuigen (met verschillende c_2) niet hetzelfde zien op één baken.

Het is dus noodzakelijk dat de ontvanger gedefinieerd wordt. Volgens de Civil Aeronautica Administration (C.A.A.) en de Radio Technische Commissie of Aeronautica (R.T.C.A.), wordt de standaard ontvanger gedefinieerd door de volgende gegevens:

Bij een input van $1000 \mu v$ met een modulatie van 20% van 90 p.p.s. en 20% van 150 p.p.s., en een belasting van 3 instrumenten van 1000 parallel, moet de stroom in één van deze bij een 4 dB verhouding van de modulaties (dus de verhouding van de modulatiespanning van 90 tot die van 150 p.p.s. of omgekeerd) zijn $90 \mu a$, terwijl de volle uitslag van het instrument bereikt wordt met $150 \mu A$.

Deze waarden gesubstitueerd in de uitdrukking voor de meteruitslag:

$$u = 2c_2 m_m \frac{v - 1}{v + 1}$$

geeft:

$$c_2 = \frac{u}{2m_m} \frac{v + 1}{v - 1} = \frac{90 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,2} \frac{1,58 + 1}{1,58 - 1} = 10^{-3} A$$

Met deze waarde van de constante c_2 wordt dus de meter-uitslag:

$$u = 2 m_r \sin \Theta 10^{-3} A$$

Indien op deze wijze de ontvangerconstante bepaald is, en alle ontvangers aan deze eis voldoen, is de ontvangeraanwijzing nog afhankelijk van de uitvoering van de zender, want uit de laatste formules blijkt, dat de uitslag u nog afhangt van m_r of van m_m , indien v gegeven is.

VII. Meetresultaten.

Een overzicht over de berekende en de gemeten waarden geeft de volgende tabel:

| α | $\sin \alpha$ | Θ | $\sin \Theta$ | v | v in dB | v gemeten |
|----------|---------------|----------|---------------|------|-------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 1 | 0,017 | 0,048 | 0,048 | 1,48 | 3,5 | 3,7 - 4,4 |
| 5 | 0,087 | 0,247 | 0,24 | 49 | 34 | |
| 10 | 0,17 | 0,48 | 0,46 | 3,36 | 10,5 | 11 - 12,8 |
| 20 | 0,34 | 0,96 | 0,82 | 1,87 | 5,5 | |
| 30 | 0,5 | 1,42 | 0,98 | 1,69 | 4,6 | 4,4 - 6 |
| 40 | 0,64 | 1,81 | 0,97 | 1,69 | 4,6 | |
| 60 | 0,86 | 2,45 | 0,63 | 2,92 | 9,5 | 10,4 - 10,4 |
| 90 | 1 | 2,83 | 0,3 | 11 | 20,8 | 11 - 20 |

Deze waarden zijn gemeten bij $m_m = 0,2$ en $m_r = 0,8$. Bovendien was $\frac{d}{\lambda} = 0,9$, dus $k = 0,05$.

Uit het feit dan $v = \infty$ voor 5° , volgt dat

$$m_m = m_r k 5$$

$$k = \frac{0,2}{0,8 \cdot 5} = 0,05$$

hetgeen dus klopt met de berekening.

Verder volgt uit de metingen, dat er bij ongeveer 30° een minimum van v optrad van $4,4$ dB . Dit is als volgt te verklaren: Zoals hiervoor is aangegeven is de verhouding

$$v = \frac{m_m + m_r \sin \Theta}{m_m - m_r \sin \Theta}$$

Voor zeer kleine hoeken, dus voor $\Theta \rightarrow 0$ nadert dit tot 1, bij toenemende Θ wordt $m_r \sin \Theta$ even groot als m_m , waarbij dus $v = \infty$ wordt. Bij verder toenemende hoeken neemt v weer af en bereikt een minimum waar $m_r \sin \Theta$ een maximum bereikt, dus waar $\sin \Theta = 1$.

Hieruit volgt dus:

$$\Theta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\text{of } \alpha = 0,58 = 33^\circ.$$

Bij deze hoek is

$$v = \frac{m_m + m_r}{m_m - m_r} = \frac{0,2 + 0,8}{0,2 - 0,8} = \frac{1}{0,6} = 4,4 \text{ dB}$$

hetgeen klopt met de meting.

De overeenstemming tussen de laatste kolom met de gemeten waarden rechts en links van de koerslijn met de berekende, is bevredigend te achten.

Verder blijkt uit de meting dat over het gehele traject van 5° tot 90° de meter in de hoek blijft. Hiermede wordt duidelijk gedemonstreerd, dat het verloop van de v absoluut geen inzicht geeft in het verloop van de meteruitslag.

Dit blijkt ook nog uit het volgende:

Vlak bij de koerslijn wordt nog eens een verhouding van 4,4 dB bereikt, n.l. bij een uitslag:

$$u = 2c_2 m_m \frac{v - 1}{v + 1} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \frac{1,66 - 1}{1,66 + 1} = 100 \mu A.$$

Hieruit blijkt dus hoe misleidend de verhouding v is voor de beoordeling van het baken, waar eigenlijk alleen de meteruitslag maatgevend moet zijn.

VIII. Uitslag van de meter buiten het koersgebied.

In de berekening van de stroom door de meter op p. 121, zijn voorwaarden aangenomen, waaraan niet altijd vervuld hoeft te zijn. Volgens p. 121 is n.l. de spanning voor de frequentie q vóór de 2e detector:

$$(m_{mq} + m_{r_q} \sin \Theta) \sin qt = (m_m - m_r \sin \Theta) \sin qt.$$

Na detectie levert dit een gelijkspanning, die gelijk is aan de amplitude, dus

$$|m_m - m_r \sin \Theta|$$

Voor zeer kleine hoeken is de eerste term groter dan de tweede, dus hiervoor geldt de vroeger berekende waarde

$$u = 2 c_2 m_r \sin \Theta .$$

Maar voor grotere hoeken Θ , die groter zijn dan $b_g \sin \frac{m_m}{m_r}$, levert de detector een gelijkspanning:

$$m_r \sin \Theta - m_m .$$

In dit geval wordt de meteruitslag:

$$u = c_2 \{ (m_m + m_r \sin \Theta) - (m_r \sin \Theta - m_m) \} = 2 c_2 m_m .$$

Er zijn dus 2 gevallen te onderscheiden, n.l.:

$$1^\circ . m_r \sin \Theta > m_m$$

$$2^\circ . m_r \sin \Theta < m_m .$$

In het eerste geval is de meteruitslag evenredig met m_m ; in het tweede geval met $m_r \sin \Theta$ en dit was kleiner dan m_m . In het eerste geval is dus de meteruitslag het grootst, zodat het gunstig is om dit geval te kiezen, waarbij de meteruitslag (buiten het koersgebied) zo groot mogelijk en constant is.

Indien voor kleine hoeken $u = 2 c_2 m_r \sin \Theta$ en voor grote hoeken $u = 2 c_2 m_m$, dan vertoont de meter juist dat verloop dat gewenst is. Want dit is nl. het volgende:

Op de koerslijn moet de meteruitslag nul zijn, voor hoeken in het koersgebied met de uitslag u lineair met de hoek toenemen, bij een bepaalde hoek moet de meter zijn maximale waarde bereiken; voor grotere hoeken moet de meter in de maximale stand blijven, om pas terug te keren in de buurt van de tegengestelde koers. Dit is weergegeven in fig. 9. De belangrijke hoek voor het baken is dus de hoek, waarbij de maximale u bereikt wordt. De som van die beide hoeken links en rechts van de koerslijn wordt de *koersbreedte* B genoemd.

Hiervoor geldt dus dat:

$$u_{max} = 2 m_r \Theta 10^{-3} = 2 m_r k \frac{B}{2} 10^{-3}.$$

omdat deze hoek zo klein is en k een antenne-constante voorstelt. (in ons geval $\pi \frac{d}{\lambda} \frac{2\pi}{360}$ als B in graden.) Dus

$$B = \frac{u_{max}}{m_r k} 10^3 = \frac{150 \cdot 10^{-6}}{m_r k} 10^3$$

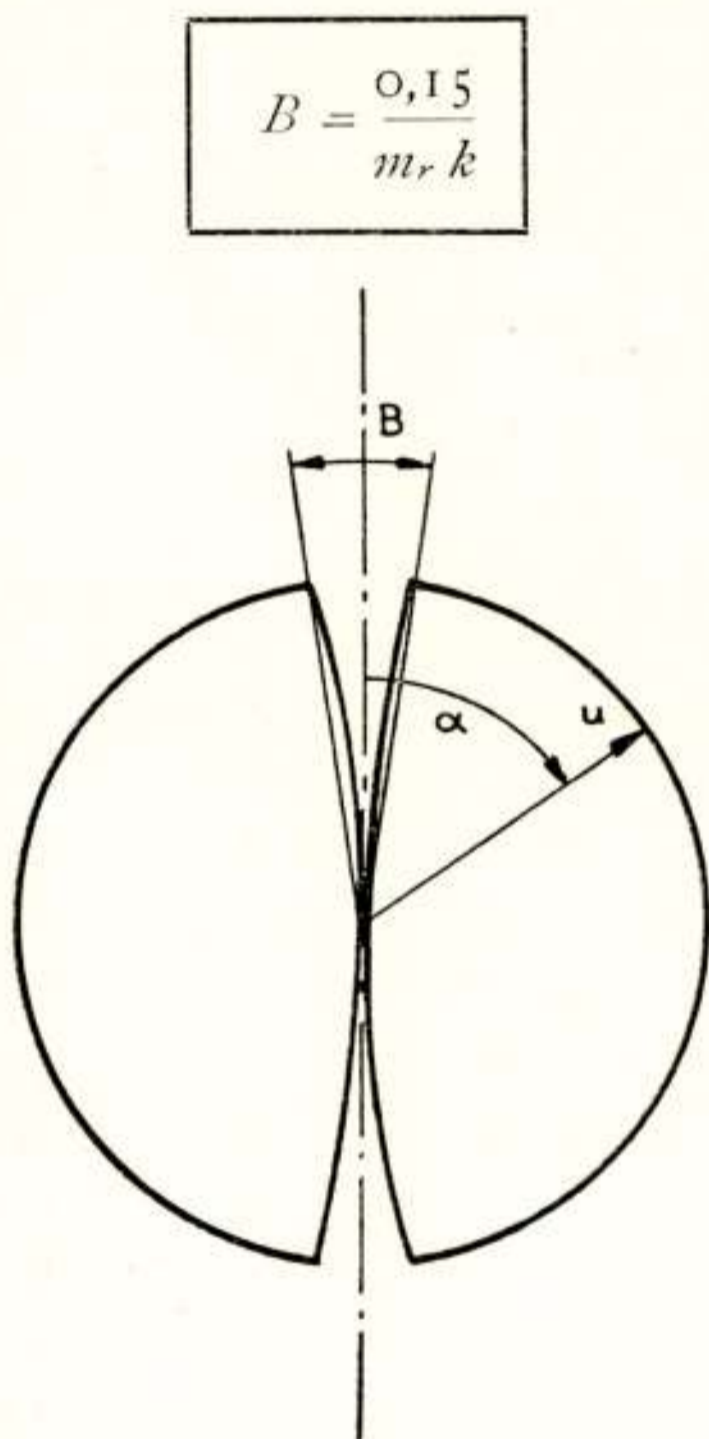


Fig. 9.

Ideale zenderuitslag u als functie van hoek α met de koerslijn.

Fig. 10 geeft een ander beeld van de hier beschreven situatie. Hier is weergegeven $m_r \sin \Theta$ als functie van α van 0 tot 90° en m_m . Zolang m_m groter is dan $m_r \sin \Theta$, vertoont de meteruitslag het verloop van $m_r \sin \Theta$, dus van A tot B . Voor grotere hoeken is $m_m < m_r \sin \Theta$, en volgt de meter het verloop van m_m , dus van B naar C . Was m_m groter gekozen, bijv. m_m in de figuur, dan zou de meter het verloop hebben $A - B' - C' - D'$; de meter heeft dus de neiging om in de buurt van 90° terug te komen, dus suggereert een valse koerslijn. Het is daar-

om beter m_m zo klein te kiezen dat ook daar $m_r \sin \Theta > m_m$ is.

Hierbij kan nog opgemerkt worden, dat v het verloop heeft, zoals de krommen met v aangeduid in dezelfde figuur; bij het knikpunt B (en B' , C') wordt v (resp. v') oneindig, terwijl het maximum van van $m_r \sin \Theta$ valt op de plaats waar v (resp. v') een minimum vertoont. Het verloop van v is dus totaal anders dan v' , terwijl de meter practisch hetzelfde doet. Hier wordt dus nogmaals gedemonstreerd, dat het verloop van v in het geheel niet aangeeft hoe het verloop van de meteruitslag zal zijn.

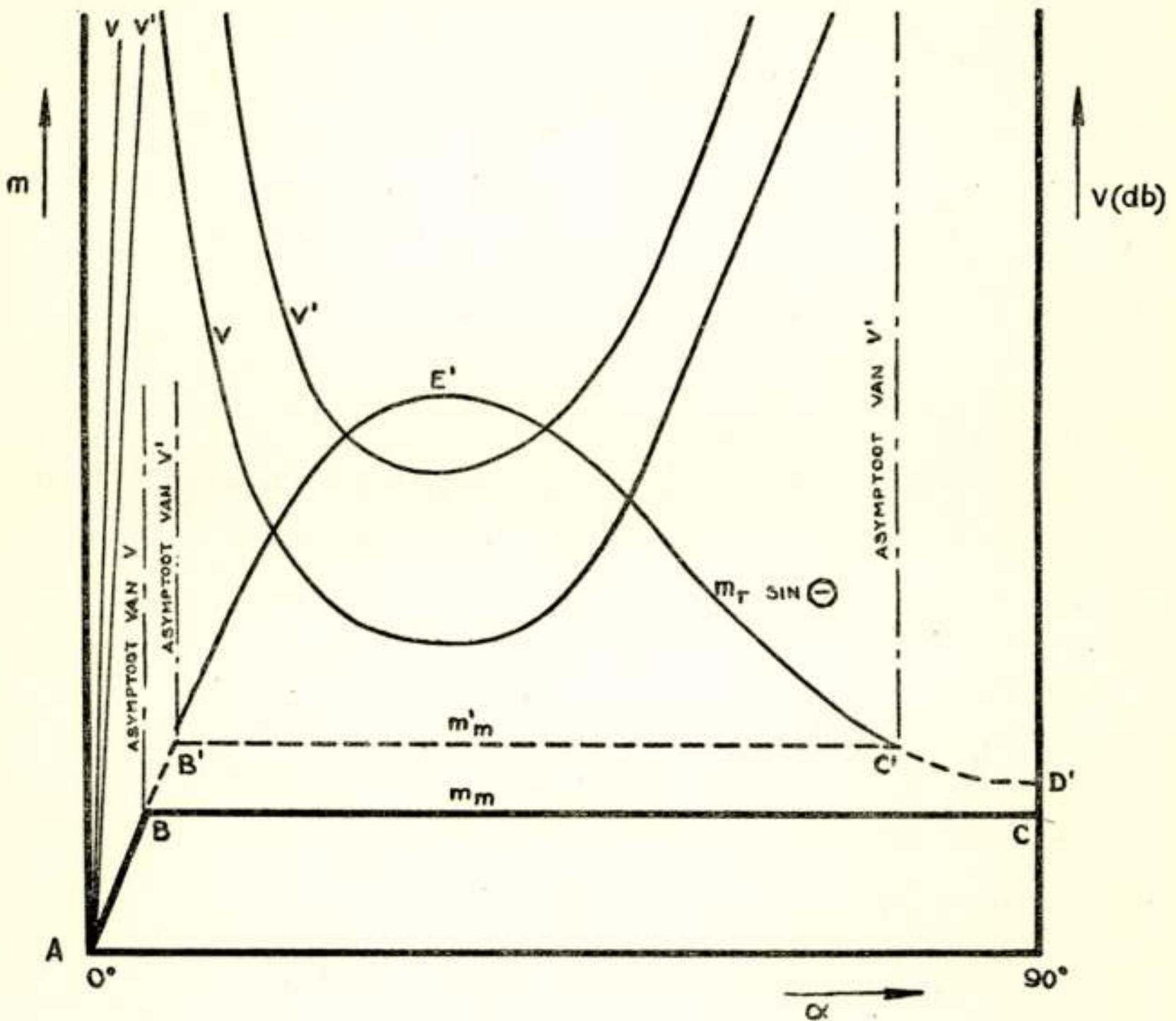


Fig. 10.

Het modulatie diepte-diagram en het modulatieverhoudingsdiagram.

IX. Keuze van verschillende constanten.

In het volgende zal worden aangetoond, dat uit de geeiste koersbreedte B van het baken en de eigenschappen van de ontvanger, de verschillende constanten bepaald worden.

Allereerst volgt uit de vergelijking voor de meteruitslag voor hoeken buiten het koersgebied:

$$u = 2 c_2 m_m .$$

Deze uitslag moet groter zijn dan $u_{max} = 150 \cdot 10^{-6}$, dus

$$m_m > \frac{u_{max}}{2c_2} \quad \text{dus} \quad > \frac{150 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-3}} \quad \text{of} \quad m_m > 7,5\%$$

Hiermede is dus een grens gesteld voor de modulatie diepte van de middenantenne.

Het verdient echter aanbeveling om voor m_m te kiezen 20%, omdat dan in het belangrijke koersgebied de ontvanger juist gebruikt wordt in de toestand waarop hij geijkt is.

Uit de voorwaarde dat de meteruitslag ook gehandhaafd blijft bij $\alpha = 90^\circ$, dus loodrecht op de koerslijn, volgt

$$m_r \sin\left(\frac{\pi d}{\lambda} \sin 90^\circ\right) > m_m$$

Nu is $k = \frac{\pi d}{\lambda} \frac{2\pi}{360}$ volgens p. 121, dus

$$\frac{\pi d}{\lambda} = k \frac{360}{2\pi} = \frac{0,15}{m_r B} \frac{360}{2\pi}$$

als de formule voor B van p. 130 gesubstitueerd wordt, dus

$$m_r \sin\left(\frac{0,15}{m_r B} \frac{360}{2\pi}\right) > m_m$$

Daar de hoek Θ in de buurt van π ligt, mogen we voor de sinus schrijven het argument van een hoek, die gelijk is aan $\pi - \Theta$, dus

$$m_r \left(\pi - \frac{8,6}{m_r B}\right) > m_m$$

$$m_r > \frac{8,6}{B\pi} + \frac{m_m}{\pi}$$

$$m_r > \frac{2,73}{B} + \frac{m_m}{\pi}$$

Voor een breedte van 5° wordt dit bijv.:

$$m_r > 55\% + \frac{m_m}{\pi}$$

moet dus minstens 60% zijn.

Een geschikte praktische waarde was dan ook 80%.

Is nu m_r gekozen, dan volgt uit de breedte verder de antenneconstante, waarbij op te merken valt, dat nog enigszins rekening is te houden met de onderlinge koppeling tussen de midden- en raamantennes, waardoor een kleine afwijking ontstaat.

X. *Verband tussen koersbreedte en koersscherpte.*

Als koersscherpte wordt gedefinieerd de verhouding tussen de modulatie-diepte (in dB gemeten) bij een bepaalde koersafwijking.

Nu geldt voor kleine hoeken:

$$v = \frac{m_m + m_r k a}{m_m - m_r k a}$$

Is de koersbreedte v zodanig dat voor een hoek α_0 de verhouding v gelijk is aan v_0 , dus

$$v_0 = \frac{m_m + m_r k \alpha_0}{m_m - m_r k \alpha_0}$$

dan is

$$m_r k = \frac{m_m v_0 - 1}{\alpha_0 v_0 + 1}$$

zodat

$$B = \frac{0,15 \alpha_0 v_0 + 1}{m_m v_0 - 1}$$

Hieruit volgt

$$v_0 = \frac{B m_m + 0,15 \alpha_0}{B m_m - 0,15 \alpha_0} = \frac{1 + \frac{0,15 \alpha_0}{B m_m}}{1 - \frac{0,15 \alpha_0}{B m_m}}$$

Indien

$$v_0 = \frac{1 + x}{1 - x}, \text{ dan is}$$

$${}^{10}\log v_0 \approx 2 \cdot x \cdot 0,43 \text{ als } \frac{x^2}{3} \ll 1$$

$$20 {}^{10}\log v_0 = 20 \cdot 2 \cdot 0,43 x = 1,73 x$$

$$v_0 \text{ (in } dB) = 17,3 \frac{0,15 \alpha_0}{B m_m}$$

zodat

$$B \cdot m_m v_0 \text{ (dB)} = 2,6 \alpha_0$$

of

$$B \cdot m_m \cdot S = 2,6$$

Hierbij is B uit te drukken in graden en de koersscherpte $S = v$ in dB per graad.

Uit deze betrekking is de constante k verdwenen, zodat deze algemeen geldig is, onafhankelijk van het gebruikte antennesysteem.

Uit deze formule die de eigenschappen van het baken vastlegt, volgt dus dat bij de gegeven ontvanger slechts 2 factoren gekozen kunnen worden, waardoor de 3e vastligt.

XI. *Critiek op de PICAO-eisen.*

Deze eisen luiden dat voor $m_m = 30\%$, v van 6 tot 8 dB bij $1\frac{1}{2}^\circ$ koersafwijking en $v > 6$ dB voor hoeken groter dan $1\frac{1}{2}^\circ$.

Dit betekent, dat $S = 4$ tot 5,3 dB, zodat volgens bovenstaande formule

$$B = \frac{2,6}{0,3 : 4 \text{ tot } 5,3} = 2,16^\circ \text{ tot } 1,64^\circ.$$

Dit is praktisch veel te klein, want volgens de praktijk moet B van de orde van 5° zijn.

Voor hoeken die groter zijn dan $\frac{B}{2}$ is de eis voor v in het geheel niet maatgevend, mits maar gezorgd wordt dat de raammodulatie m_r voor alle hoeken $> \frac{B}{2}$ groter is dan m_m .

De eisen zouden dus m.i. moeten luiden:

1°. Modulatiediepte voor de middenantenne $m_m = 20\%$.

2°. Modulatie van de raamantenne $m_r > m_m$ voor alle hoeken

$> \frac{B}{2}$ (d.i. de hoek waarbij de meter in de maximale stand komt).

3°. Koersbreedte B , zoals hierboven gedefinieerd moet een waarde hebben van 5° .

Rest mij nog hier mijn dank te uiten aan de heren Wesselink en Zwaal voor hun aandeel in de opzet, uitwerking en beproeving van het baken.

Discussie

Ir S. J. Hellings: Is het effect nagegaan op de ontvanger voor een spanning met een modulatie diepte van 20% van de middenantenne en 80% van de raamantenne.

Ir Alexander: Inderdaad is hier een mogelijkheid tot overmodulatie aanwezig. Een nadere beschouwing langs grafische weg, juist van dit geval, heeft geleerd dat er momenten zijn dat de amplitude van de gemoduleerde hoogfrequent spanning kleiner dan nul kan zijn (overmodulatie), echter treedt dit slechts hoogstens 7% van de tijd op, en bovendien is de amplitude dan betrekkelijk klein. De fout, ontstaan bij verwaarlozing van dit gedeelte, is dan ook niet groot, wat door de metingen bevestigd wordt.

Ir Picket: Heeft de door U ideaal genoemde meteraanwijzing niet het nadeel, dat men buiten de koerslijn geen aanwijzing heeft, hoe ver men uit de richting is?

A.: Dit is geen nadeel, want het richtingsbepalen t.o.v. het vliegveld vindt met andere middelen plaats. Voor een dergelijk landingsbaken is naast de scherpe aanwijzing van de landingskoers een dringende eis het vermijden van valse koerslijnen. Tegen deze eisen valt de richtingsbepaling in het niet.

Octrooien

Openbaar gemaakt 16 Mei 1949:

- O.A. 108302 kl. 95i1d. Telefunken. Draadloze overdraaginrichting met één of meer tussenstations, waarbij de ontvangers de zenders automatisch opzoeken.
- O.A. 97761, kl. 95n3a. Bell Telephone. Antenneinrichting voor het in een horizontaal vlak ongericht uitstralen van horizontaal gepolariseerde golven.
- O.A. 111260, kl. 95n3c. Julius Pintsch. Inrichting voor het uitzenden of ontvangen van een, ook wat de polarisatie betreft, omwentelingssymmetrische bundel ultrahoogfrequente energie, waarbij de straler gevormd wordt door een geleidend oppervlak, voorzien van een ringvormige spleet.
- O.A. 111487, kl. 95m2a. N.V. Philips. Over een zeer breed frequentiegebied afstembare inrichting voor het opwekken van hoogfrequente trillingen, waarbij de locale oscillatorfrequentie gevormd wordt als de som- of verschilfrequentie van twee trillingen, waarvan de een continu instelbaar is en de ander in stappen.
- O.A. 101336, kl. 21a⁴⁹c. Western Electric. Hoogfrequent inrichting met een electronenbuis, waarin snelheidsbesturing van de electronenstraal plaats vindt en deze na afbuiging door een langsspleet in een golfgeleider beweegt, zodanig dat aan de golf in deze geleider maximale energie wordt afgestaan.
- O.A. 100501, kl. 95i1. S. Y. White. Radio-ontvangtoestel, dat automatisch een bepaald station opzoekt.
- O.A. 103875, kl. 95d2b2a. Western Electric. Werkwijze voor het verminderen van de vervorming door even harmonischen, welke ontstaat in de exciterende trap van een balansversterker.

Openbaar gemaakt 15 Juni 1949:

- O.A. 109294, kl. 21a²³⁶b. N.V. Philips. Schakeling voor het meten van tengevolge van intermodulatie optredende vervorming als functie van de frequentie.
- O.A. 109295, kl. 95a4b. N.V. Philips. Opwekken van twee wisselspanningen met in harmonisch verband staande frequenties.
- O.A. 111189, kl. 95f1c. N.V. Philips. Schakeling voor het versterken van elektrische trillingen met contrast-expansie.
- O.A. 95757, kl. 95h5a1. Western Electric. Samengestelde vibrator, bestaande uit een piëzo-electrisch element van natrium-kaliumtartraat en een daaraan bevestigd belastingselement.
- O.A. 102584, kl. 95i1b. N.V. Philips. Fazediscriminator voor het opwekken van een regelspanning in een superheterodyne ontvanger met automatische afstemcorrectie.
- O.A. 118583, kl. 95i4a. N.V. Philips. Superheterodyne ontvanger met éénknopsafstemming en onderling gelijke afstemcondensatoren in signaal- en oscillatorkring, waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een paddingcondensator, doch van een bijzonder soort terugkoppeling in de oscillator om de gewenste gelijkloop te verkrijgen.

He.

Ontvangen Tijdschriften enz.

Journal of the Franklin Institute, Mei, Juni, 1949.

Wireless Engineer, Juni-Juli 1949.

Nat. Bureau of Standards. Technical News Bulletin. Jan., Febr. Mrt., April, Mei, 1949.

idem. *Basic Radio Predictions* for Aug. Sept.. 1949.

Smithsonian Institution, Washington. From the report for 1947. Telegraphy-Pony Express to beam Radio.

U.R.S.I. Bulletin, Mrt-April, Mei-Juni 1949.

Council for Scientific and Industrial research. Overdrukken van publicaties: Note on Night-time phenomena in the F₂ region at Brisbane.

Short-Period Changes in the F-region of the Ionosphere (uit *Nature*, vol. 162, pag. 886, Dec. 4, 1948).

Annales des Telecommunication. Tome 1, 2, 3, 1946-'48. Tome 4 nrs 1-4 1949.

Proc. Cambridge Phil. Soc. Vol 45, Nr 2, 1949.

Radio Revue, Mei, Juni, Juli, Aug. 1949.

P.T.T.Bedrijf, Jrg. 2, Nr 2 1948/'49.

De Ingenieur, Jrg. 61, Nrs 21-29.

Tijdschrift voor Radiotechniek, Jrg. 3, Nrs 6-