

Der Turbator, ein „Single Cavity“ magnetron

von F. Lüdi ¹⁾

SUMMARY

This paper presents a summary of theoretical and experimental investigations on magnetrons, which the author undertook during World War II. The essential results correspond to those published by other authors after the War. A new feature is the consideration of the counterrotating r.f. field which leads to an additional phase condition. This condition in turn yields a suitable geometrical arrangement, an optimum magnetic field and an optimum h.t. voltage for good efficiency.

Furthermore, a single-cavity magnetron of the so-called Turbator type is described which has been developed in view of certain favourable properties when compared with the multicavity magnetron.

I. *Der Elektronenmechanismus.*

Im Elektronenmechanismus kommen für alle Resonatoren mit unterteilten Anoden allgemeine Gesetzmässigkeiten zum Ausdruck und deshalb sei dieser zuerst besprochen. Die charakteristischen Merkmale treten schon am ebenen Fall hervor, bei dem Kathode und Anode abgerollt sind, Fig. 1a. Als geometrische Grössen treten der Anoden-Kathodenabstand d und die Segmentperiode A auf; als Betriebsgrössen das elektrische Feld E zwischen Kathode und Anode und das dazu senkrecht stehende Magnetfeld H . Wir werden sehen, dass diese Grössen zueinander und mit der durch den Resonator bestimmten Wellenlänge in quantitativer Beziehung stehen. Die Theorie muss aber auch Aufschluss geben über folgende Fragen:

Durch welchen Mechanismus gruppieren sich die Elektronen, damit sie als Gesamtladung durch Influenz an den Segmenten die Wechselspannung erzeugen? Warum laufen die Elektronen trotz überkritischem und genau axialem Magnetfeld auf die Anode und wodurch ist der Wirkungsgrad bestimmt?

¹⁾ Brown, Boveri & Cie., Baden (Schweiz).

Das hier zu entwerfende Bild (1), (2) wird aber noch andere Fragen beantworten, welche für die Konstruktion eines Magnetrons wegleitend sind. Die Folgerungen werden während den Ueberlegungen und am Schluss hervorgehoben. Das Bild ergibt sich durch zwei Schritte: a) die ungestörte Elektronenbewegung unter dem Einfluss des elektrischen und magnetischen Feldes allein, b) die gestörte Elektronenbewegung mit zusätzlicher Berücksichtigung des Wechselfeldes zwischen den Segmenten, die abwechselungsweise positiv und negativ aufgeladen sind (π -mode). Die Berücksichtigung der Raumladung hat nach unserer Auffassung sekundären Einfluss auf die Elektronenbahnen und werde vernachlässigt, wie dies auch bei der Berechnung des Klystrons geschieht. Die Störungsrechnung ist erlaubt, weil die Elektronen im Gegensatz zum Klystron durch wiederholtes Passieren des Wechselfeldes ihre Energie abgeben. Die Tatsache, dass gute Wirkungsgrade schon bei kleinen Strömen, also kleiner Hochfrequenzleistung erreicht werden und dass sich diese bei grösseren Strömen kaum ändern, erscheint uns als experimentelle Stütze der Auffassung, dass durch das Operieren mit kleinen Wechselspannungen der Elektronenmechanismus in seinen wesentlichen Erscheinungen wiedergegeben werden kann.

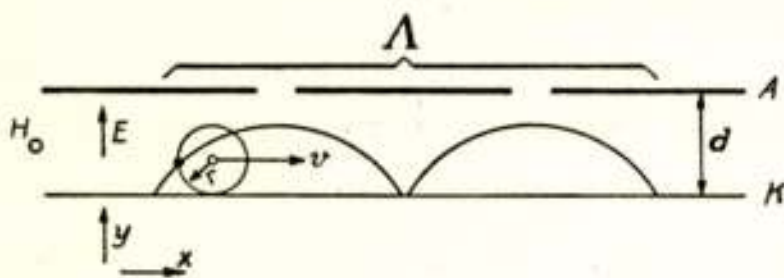


Fig. 1a.

Cycloidenbahnen der Elektronen unter dem Einfluss eines elektrischen Gleichfeldes und eines Magnetfeldes.

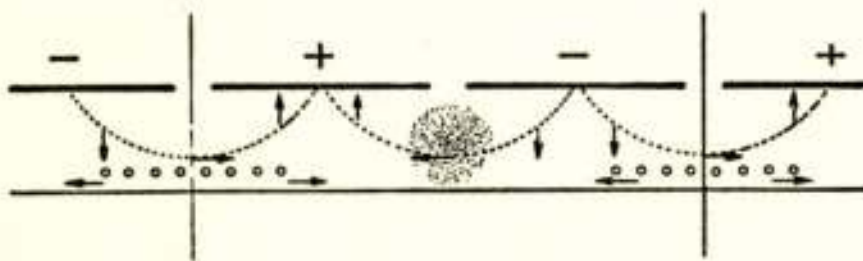


Fig. 1b.

Zusätzliche Bewegung (Paketierung der Elektronen) unter Mitberücksichtigung des HF-Wechselfeldes

a) In gekreuzten Feldern E und H beschreiben die Elektronen Cycloidbahnen, die man sich durch Abwicklung eines Rollkreises, der sich mit der Geschwindigkeit $v = \frac{E}{H}$ bewegt,

Fig. 1a, hervorgerufen denken kann. Die zusätzliche Elektronenbewegung wird mit besonderem Vorteil in einem mit der Ge-

schwindigkeit $v = \frac{E}{H}$ mitbe-

wegten Bezugssystem betrachtet.

b) Das zusätzliche hochfrequente Wechselfeld wird in zwei gegenlaufende Drehfelder aufgespalten mit den Potentialen proportional:

$$\vec{V} = s(y) \sin\left(\frac{2\pi}{\Lambda} x - \omega t\right), \quad \overleftarrow{V} = s(y) \sin\left(\frac{2\pi}{\Lambda} x + \omega t\right)$$

mit: (1)

$$s(y) = \frac{\tilde{V}}{\sinh\left(\frac{2\pi}{\Lambda} d\right)} \sinh\left(\frac{2\pi}{\Lambda} y\right)$$

Die Drehfeldgeschwindigkeit beträgt:

$$v' = \frac{\omega}{2\pi} \Lambda$$

Wir betonen hier schon, dass das gegenlaufende Drehfeld \overleftarrow{V} , welches in der Literatur durchwegs vernachlässigt wird, grundsätzlich ebenso wichtig wie das mit dem Rollkreis mitlaufende Drehfeld ist; erst dadurch wird die geometrische Beziehung von Segmentbreite $\Lambda/2$ und Kathoden-Anodenabstand d bestimmt, und zwar so, dass der Kathodendurchmesser bei gegebener Segmentzahl auf diskrete Werte festgelegt ist.

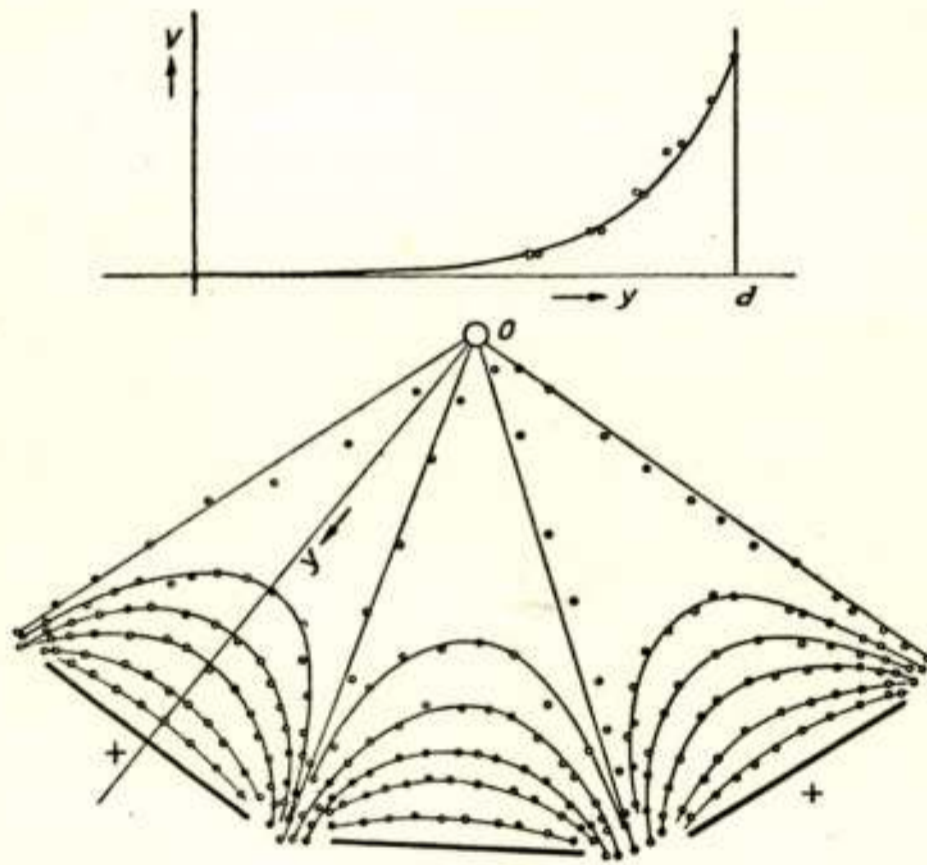


Fig. 2a,b.

Berechneter Potentialverlauf nach

$$V = \frac{\tilde{V}}{\sinh\left(\frac{2\pi}{\Lambda} d\right)} \sinh\frac{2\pi}{\Lambda} y \left[2 \sin\frac{2\pi}{\Lambda} x \cos \omega t\right]$$

für $2 \sin\frac{2\pi}{\Lambda} x \cos \omega t = 1$

Die eingezeichneten Kreise sind Werte aus Fig. 2b längs y nach Modellmessungen im Elektrolyttrog.

*Synchronismus zwischen Elektronenbewegung und
Drehfeldgeschwindigkeit.*

Hier sind die Verhältnisse am durchsichtigsten und sie sollen deshalb zur Illustration dienen. Die Rechnungen sind aber nicht auf diesen Fall beschränkt und gerade die Erweiterung auf den Nichtsynchronismus gibt das Verständnis für die experimentelle Tatsache, dass Vielschlitzmagnetrons noch mit gutem Wirkungsgrad bei kleinen Feldern E und H schwingen. Wir beschränken uns zuerst auf das mitlaufende Drehfeld. Der Synchronismus von Drehfeldgeschwindigkeit und Rollkreisgeschwindigkeit kann durch passende Wahl von elektrischem und magnetischem Feld erreicht werden; dann gilt ($v = v'$):

$$\frac{E}{H} = \frac{\omega}{2\pi} \Lambda \quad (2)$$

und das mitlaufende Drehfeld hat im mitbewegten Bezugssystem nur eine räumliche, nicht aber eine zeitliche Änderung. Die Rollkreismittelpunkte (die kleinen Kreise in Fig. 1b) führen daher Bewegungen nach links oder rechts aus, je nachdem, ob die radiale Drehfeldkomponente beim Elektronenstart gleich oder entgegengesetzt wie das Gleichfeld in Fig. 1a gerichtet ist.

Weil sich die Influenzwirkung der Elektronenpakete an den Segmenten oftmals wiederholt, erfordern die Schwingkreise des Magnetrons im Gegensatz zum Klystron nicht die hohen Gütefaktoren.

Entsprechend der um 90° gedrehten Tangentialkomponente des Drehfeldes bewegen sich die Rollkreismittelpunkte an den Häufungsstellen auf die Anode, an den Verdünnungsstellen auf die Kathode. Erstere erklärt das Hinauslaufen der Elektronen trotz überkritischem Magnetfeld, letztere die bei Magnetrons bekannte Rückheizung der Kathode.

*Die Unterhaltung resp. Anfachung der Schwingung und der
Wirkungsgrad.*

Es kann rechnerisch gezeigt werden, dass die kinetische Energie der Elektronen im Scheitelpunkt der Cycloide auch beim Hinauslaufen auf die Anode (Fig. 3) trotz der Potentialdifferenz $V_d - V_{2r}$ gleich bleibt; die Differenz muss also in Hochfrequenzenergie umgewandelt werden und weil dies die Mehrzahl der

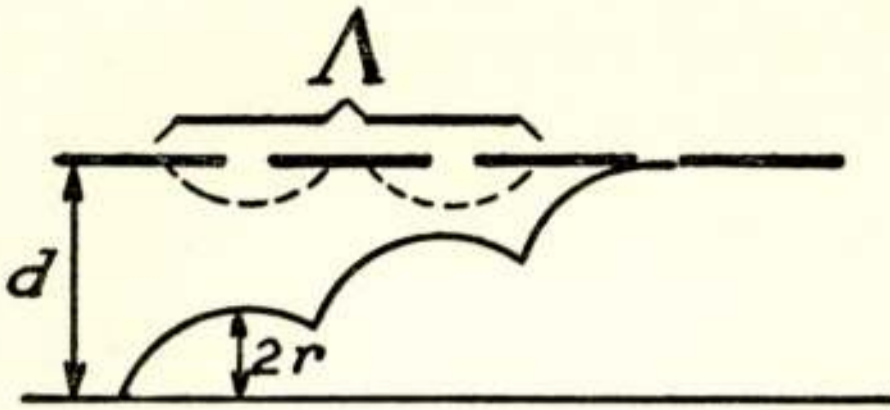


Fig. 3

Zur Illustration der Elektronenbewegung auf die Anode und des elektronischen Wirkungsgrades

$$\eta = \frac{d-2r}{d}$$

$$\eta = \frac{d-2r}{d} = 1 - \varepsilon \quad * \quad (3)$$

Man erkennt hier auch prinzipiell die Bedeutung des Verhältnisses (d.h. des Kathodendurchmessers bei gegebener Segmentzahl). Bei grossem Verhältnis d/Λ (Vielschlitzmagnetron mit Fadenkathode) ist die Eindringtiefe des Wechselfeldes in den Entladungsraum klein, die Cycloiden müssen deshalb durch die Gleichspannung bis nahe zur Anode gehoben werden, damit sie mit dem Hochfrequenzfeld in Wechselwirkung treten können und dies bedingt nach obigem den kleinen Wirkungsgrad.

*Nichtsynchronismus zwischen Elektronenbewegung
und Drehfeldgeschwindigkeit.*

Die Behandlung dieses Falles gibt auch Aufschluss über das gegenlaufende Drehfeld beim Synchronismus. Schon dort erfolgt die Berechnung der Wirkung des Drehfeldes durch Mittelwertbildung über die ungestörte Bewegung. Diese Berechnung muss für das gegenlaufende Drehfeld oder im Fall des Nichtsynchronismus auf eine zeitliche Abhängigkeit des Drehfeldes im mitbewegten Bezugssystem ausgedehnt werden.

Trotzdem die Momentankräfte ihr Vorzeichen ändern, verschwindet der zeitliche Mittelwert nicht, weil das Wechselfeld in Kathodennähe schwächer ist; die Kathodennähe spielt eine ähnliche Rolle wie der Laufrum beim Klystron.

* Diese Formel wurde erstmals 1937 publiziert³⁾; in einer späteren Arbeit das Bild der Elektronen focussierung (F. Lüdi, „Helv. Physica Acta“ Vol. XIII 1940, Fussnote Seite 99, 100)

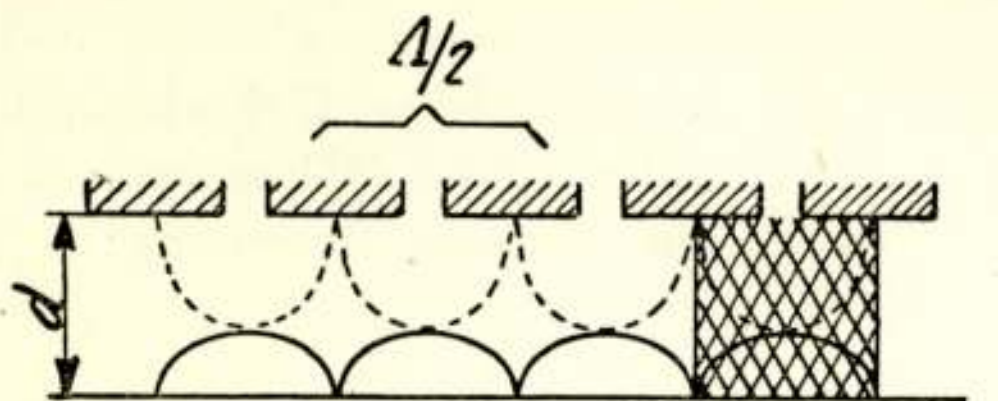
Elektronen (die Häufungsstellen) betrifft, so resultiert daraus im Mittel die Energieabgabe an ein bereits vorhandenes Hochfrequenzwechselfeld und damit die Erhaltung resp. Anfachung der Schwingung.

Aus dieser Ueberlegung folgt für den Wirkungsgrad die einfache Beziehung:

In den momentanen Focussierungskräften treten infolge der Zeitabhängigkeit zusätzliche Glieder

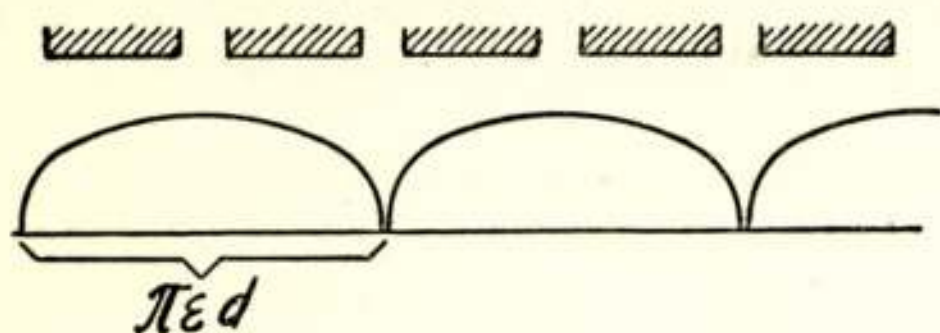
$$\omega \left(1 - \frac{v}{v'} \right) t, \quad \omega \left(1 + \frac{v}{v'} \right) t$$

auf, woraus ersichtlich, dass für Synchronismus die Zeitabhängigkeit des mitlaufenden Drehfeldes wegfällt. Charakteristisch ist nun, dass die Mittelwerte der Kräfte nur dann verschieden von Null sind, wenn einerseits gewisse ganzzahlige Verhältnisse zwischen der Rollkreisfrequenz, auch Cyclotronfrequenz genannt $\omega_0 = e/m \cdot H/c$ und der Resonanzfrequenz, und andererseits ganzzahlige Verhältnisse zwischen Cycloidenlänge und mittlerem Segmentabstand bestehen;

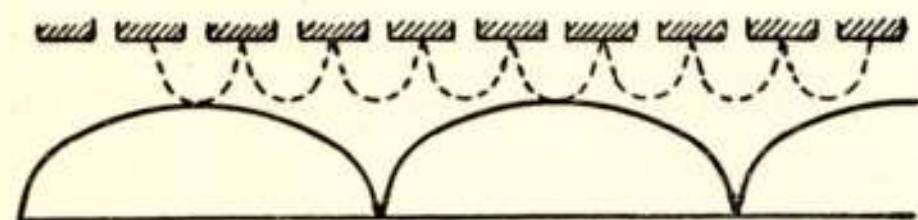


$\chi' = 1 \quad \chi = 0 \quad \pi \epsilon d = \Lambda/2 \quad (\epsilon = 1/3 \quad \eta = 66\%)$
Synchronismus $\omega = \frac{\omega_0}{2}$

$\chi' = 2 \quad \chi = 1 \quad \pi \epsilon d = \Lambda/2 \quad (\epsilon = 1/3 \quad \eta = 66\%)$
Nichtsynchronismus $\omega = \frac{3}{2} \omega_0$



$\chi' = 2 \quad \chi = 0 \quad \pi \epsilon d = 2 \Lambda/2 \quad (\epsilon = 2/3 \quad \eta = 33\%)$
Synchronismus $\omega = \omega_0$



$\chi' = 4 \quad \chi = 0 \quad \pi \epsilon d = 4 \Lambda/2 \quad (\epsilon = 2/3 \quad \eta = 33\%)$
Synchronismus $\omega = \frac{4}{2} \omega_0$

Fig. 4a, b, c.

Zur Veranschaulichung der räumlichen und zeitlichen Phasenbedingung für den Elektronenmechanismus im Magnetron.

nun, dass die Mittelwerte der Kräfte nur dann verschieden von Null sind, wenn einerseits gewisse ganzzahlige Verhältnisse zwischen der Rollkreisfrequenz, auch Cyclotronfrequenz genannt $\omega_0 = e/m \cdot H/c$ und der Resonanzfrequenz, und andererseits ganzzahlige Verhältnisse zwischen Cycloidenlänge und mittlerem Segmentabstand bestehen; nämlich:

$$\omega = (\chi' + \chi) \frac{\omega_0}{2} \quad (4)$$

$$\epsilon d \pi = (\chi' - \chi) \frac{\Lambda}{2} \quad (5)$$

Die erste Gleichung ist eine zeitliche, die zweite Gleichung eine räumliche Phasenbedingung. $\chi = 0, 1, 2, 3 \dots$ bedeutet die Anzahl

Schwingungsperioden des mitlaufenden Drehfeldes pro Rollkreisperiode; $\chi' = 1, 2, 3, 4 \dots$ die Anzahl Schwingungsperioden

des gegenlaufenden Drehfeldes pro Rollkreisperiode.

Drei Figuren für die einfachsten Spezialfälle mögen das eben-
gesagte veranschaulichen.

Diese Beziehungen sind Folgerungen der räumlichen und zeit-
lichen Phasenbedingung; über die Grösse der Kräfte ist hier
noch nichts gesagt. Es zeigt sich, dass die Mittelwerte stark
vom Verhältnis d/Λ abhängen und ein Optimum für bestimmte
 χ resp. χ' Werte ergeben, wobei letztere selbst durch das Ver-
hältnis d/Λ bestimmt sind.

Die Fig. 4a entspricht etwa dem günstigsten konstruktiven
Wert $d \sim \Lambda/2$ mit grösstem Wirkungsgrad. Die Eindringtiefe
des Wechselfeldes ist entsprechend Fig. 2 gerade noch gross
genug, um die Elektronen im Scheitel zu erfassen. In Fig. 4c ist
das Verhältnis d/Λ so gross, dass die Elektronen „höher gehoben“
werden müssen, um vom Wechselfeld erfasst zu werden, was einen
kleineren Wirkungsgrad bedingt; dafür ist das Magnetfeld für
dieselbe Frequenz $\omega = 4 \omega_0 = 4 e/m H/c$ viermal kleiner als bei
der Konstruktion nach Fig. 4a. Die zugehörige Spannung hängt
mit dem Magnetfeld und mit dem Wirkungsgrad nach folgender
Gleichung zusammen,

$$V = e/m H^2/c^2 \varepsilon d^2 \left(H = \frac{11500}{(\chi' + \chi) \lambda/2} \text{ aus Gl. 4} \right) \quad (6)$$

sodass prinzipiell alle Grössen bestimmt sind. Es ist vor allem
darauf zu achten, dass das Magnetfeld proportional der Frequenz
zu vergrössern ist, wenn der Wirkungsgrad gleichbleiben soll.
Daher ergibt sich für kürzere Wellenlängen eine Verkleinerung
des Kathoden-Anoden-Abstandes bei gleichem d/Λ (grosse
Segmentzahl und Kathodenfläche) wodurch die Anodengleichspan-
nung nicht zu sehr in die Höhe getrieben wird. Man kann
sich fragen, ob das Verhältnis d/Λ noch kleiner als nach
Fig. 4a gemacht werden könnte. Die Eindringtiefe des Wechsel-
feldes würde wohl noch grösser, aber die Cycloiden müssten
länger, also höher gemacht werden, um der räumlichen Phasen-
bedingung zu genügen, also folgt kleinerer Wirkungsgrad. Dies
ist durch viele Experimente erwiesen, der Wirkungsgrad sinkt
nach erreichtem Optimum rasch mit kleinerem d/Λ bis das
Magnetron überhaupt nicht mehr anschwingt.

Zusammenfassend kann gesagt werden: Das Magnetron muss
so gebaut und die Betriebsdaten V und H müssen so eingestellt
werden, dass der Cycloidenscheitel jeweils immer wieder mit

einem Schlitz zusammenfällt (räumliche Phasenbedingung) und dass das Elektron das Wechselfeld in der bremsenden Phase antrifft (zeitliche Phasenbedingung). Das ist der Standpunkt des ruhenden Beobachters, der nur ein Wechselfeld konstatiert.

Ein theoretischer Erfolg dieser Auffassung ist die nirgends veröffentlichte Ableitung der Slater'schen Gleichung, welche hier kurz angedeutet sei. Gleichung 5) lautet für die kleinsten $\chi' \chi$ Werte und bei einem Wirkungsgrad von 75% ($\varepsilon = 1/4$)

$$\frac{1}{4} d \pi = \frac{\Lambda}{2}$$

Auf den zylindrischen Fall übertragen ist $d = r_a - r_k$ und es gilt für den mittleren Umfang

$$\pi \frac{r_a + r_k}{2} = N \Lambda / 2$$

wobei r_a , r_k Anoden-bzw. Kathodenradius und N die Segmentzahl bedeuten. Durch einfache Verknüpfung dieser Grössen folgt die bekannte Slater'sche Gleichung für das Verhältnis von Anoden- zu Kathodenradius bei gegebener Segmentzahl und „gutem Wirkungsgrad“.

$$\frac{r_a}{r_k} = \frac{N + 4}{N - 4} \quad (7)$$

Wir haben aber auch versucht, die Beziehungen wie sie in den Fig. 4a bis Fig. 4c zum Ausdruck kommen experimentell zu verifizieren. In Fig. 5a sind zwei Kurven aus einer grösseren Schar wiedergegeben, wo der Wirkungsgrad bei variiertem d/Λ (durch Vergrösserung des Kathodendurchmessers an zwei Resonatoren mit verschiedener Segmentzahl) gemessen wurde; sie entsprechen der räumlichen Phasenbedingung. Fig. 5b gibt den gemessenen Wirkungsgrad in Funktion des Magnetfeldes bei festem d/Λ Verhältnis; sie entspricht der zeitlichen Phasenbedingung. Wenn auch kein Anspruch auf quantitative Uebereinstimmung mit der Theorie gemacht werden kann, so ist trotzdem zu betonen, dass die diskreten Werte durch eine Theorie, welche nur das mitlaufende Drehfeld berücksichtigt, nicht wiederzugeben imstande ist. Das mitlaufende Drehfeld ergäbe mit anwachsendem Magnetfeld bei Aufrechterhaltung des Synchronismus einen stetig zunehmenden Wirkungsgrad. Dass das zweite Optimum

des Wirkungsgrades ($\chi' = 1, \chi = 0$) nicht so scharf wie das erste Optimum ($\chi' = 2, \chi = 0$) ist, hängt plausiblerweise mit folgender Möglichkeit zusammen. Im ersten Optimum ist die

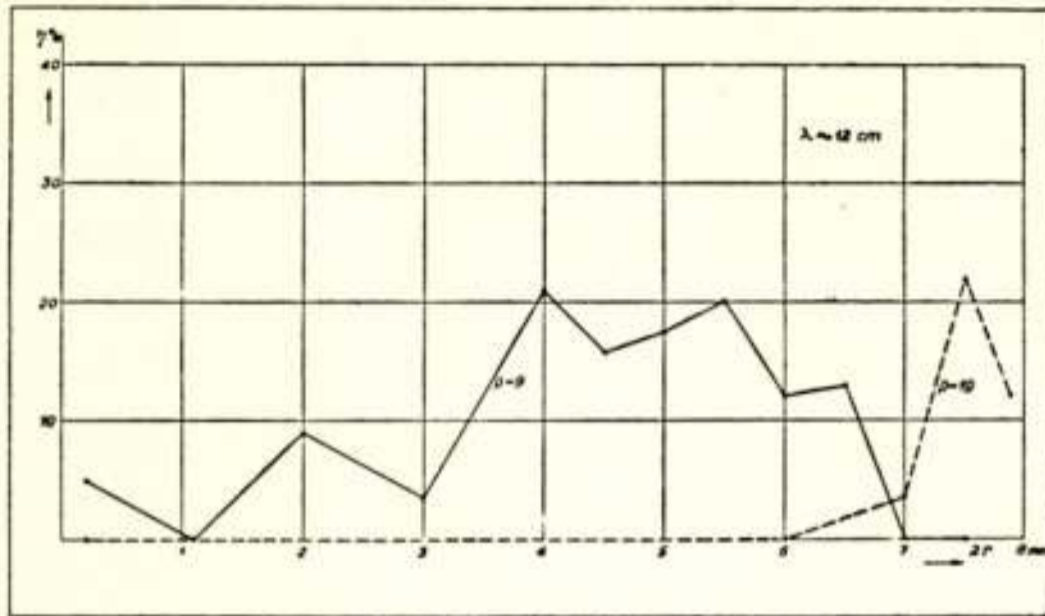


Fig. 5a.

Schwankung des Wirkungsgrades (nach Messungen) mit variiertem Kathodendurchmesser beim Turbator mit $2p=18$, resp. $2p=38$ Segmenten.

HF-Leistung und damit das Wechsel-feld nicht so gross wie im zweiten Optimum. Die Elektronen müssen daher viele Schlitz durchgänge machen bis sie ihre Energie abgegeben haben, die Phasenbedin-gungen müssen über eine längere Bahn erfüllt sein. Imzweiten Optimum ist die

HF- Leistung und damit die Wechselfelder grösser; die Elek-tronen laufen rascher auf die Anode und beschreiben eine kürzere Bahn als im ersten Optimum. Ein Einhalten der Phasen



Fig. 5b.

Schwankung des Wirkungsgrades in Function der Magnetfeldstärke.

bedingungen ist nicht so gra-vierend, mit anderen Worten: Ueber eine *kurze Strecke* ge-nügt der Synchronismus mit dem mitlaufenden Drehfeld. Es war interessant festzustel-len, dass zwischen den beiden Optima der Rückheizungs-effekt am grössten war.

erwähnt, dass es uns neuerdings gelungen ist an einem 16- oder 18- segmentigen Magnetron (Turbator) auf 12,5 cm 400 Watt kontinuierliche *HF*-Leistung bei einem Gesamtwirkungsgrad von 69% zu erreichen; und zwar in Glaskolben mit Strah-

lungskühlung, das Verhältnis $\frac{d}{\Lambda/2}$ ist hierbei fast exakt eins.

Wesentlich für den guten Wirkungsgrad war hierbei noch eine wirksame Auskopplung der *HF*-Leistung.

Abschliessend zu den Be-trachtungen über den Elek-tronenmechanismus sei noch

Zusammenfassung der wichtigsten Konsequenzen aus der Theorie.

1. Aus der Betrachtung des ebenen Falles (3) leiteten wir schon frühzeitig die Anwendung einer Grossflächenkathode für Magnetrons her (Schweiz. Pat. 200'826, Anmeldung August 1937).
2. Diese gibt für grosse Leistungen die erforderlichen grossen Emissionsströme; wie aus der vorgehenden Darstellung hervorgeht, ist nicht die Segmentzahl, sondern das Verhältnis von Segmentbreite zum Abstand von der Kathode massgebend. Mit einem noch zu besprechenden speziellen Resonator haben wir Röhren mit 50 Segmenten mit Grossflächenkathode hergestellt, bei welchen der ebene Fall durch den kleinen Kathoden-Anodenabstand im Vergleich zum Kathodendurchmesser sicher realisiert war.
3. Für besten Wirkungsgrad (ca. 70%, $\varepsilon = 0,3$) muss der Abstand Kathode-Anode etwa gleich dem mittleren Segmentabstand sein.
4. Das Magnetfeld ist für diesen Fall (Synchronismus) durch die Gleichung

$$H = \frac{2.11500}{\lambda} \text{ Gauss}$$

als Funktion der zu erregenden Wellenlänge λ (Resonator) bestimmt.

5. Die zugehörige Anodenspannung ist $V = \frac{e}{m} \frac{H^2}{c^2} \varepsilon d^2$ Volt.
6. Je kleiner die Wellenlänge, desto kleiner die Dimensionen Segmentbreite, Kathoden-Anodenabstand, damit wegen letzterem die Anodenspannung in erträglichen Grenzen bleiben; also viele Segmente mit Grossflächenkathode.

Die eingangs zugrundegelegte Hypothese über die Auffassung der Wechselfelder als Störungskräfte scheint mir durch die weitgehende experimentelle Verifikation der theoretischen Schlussfolgerungen, besonders über den Wirkungsgrad, bestätigt.

II. Das Resonanzsystem.

Die theoretischen Ueberlegungen des vorhergehenden Abschnittes haben gezeigt, dass dem Elektronenmechanismus eine fundamentale Bedeutung für die Konstruktion des Magnetrons zukommt, ganz gleich durch welches Resonanzgebilde die Segmente

zur Schwingung im „ π -mode“ gebracht werden. Nachdem wir das Vielschlitzmagnetron von Gutton und Berline *) (4), kennen-

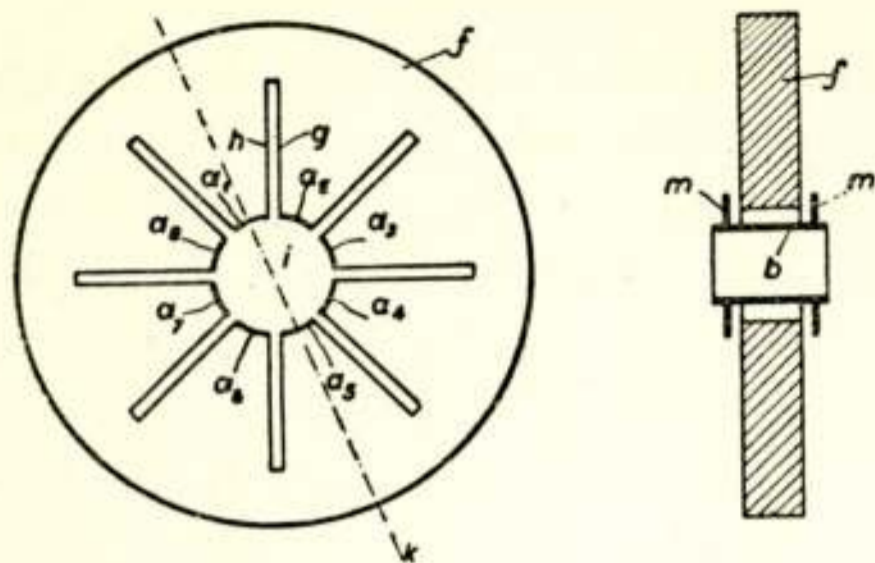


Fig. 6a.

Multiresonatorblockmagnetron (Anodenblock) mit Grossflächen-Kathode und Molybdänblechausführung für 6 cm.

lernten suchten wir nach einer symmetrischen Konstruktion, welche die Segmente mit dem Resonanzsystem zu einem einheitlichen Gebilde formte. Fig. 6 zeigt die prinzipielle Konstruktion mit Grossflächenkathode; die Schwingkreise sind als $\lambda/4$ Lecherleitungen in Metallblockkonstruktion ausgebildet, (Schweiz. Patentschrift Nr. 215600, Anmeldung 12.8.1938) Da-

neben ist eine Molybdänblechausführung abgebildet. Die Röhre schwingt auf 6 cm entsprechend der Schlitzlänge von 1,5 cm. Die Blockkonstruktion ist heute bekannt als Radarmagnetron.

Schon die ersten Versuche zeigten das Umspringen der Wellenlänge und durch den Glaskolben war das verschieden starke Aufglühen der Segmente sichtbar; dies deutete auf die Schwingfähigkeit des zusammengesetzten Resonanzgebildes in verschiedenen „modes“. Wir suchten deshalb nach einem hochfrequenzmässig einheitlichen Schwingungsgebilde, bei welchem die Anodensegmente nur im „ π -mode“ schwingen konnten. Die folgenden Ausführungen betreffen diesen Resonator und den einfachen Aufbau der Röhre (5), (6).

Als Resonator wird ein einziger toroidförmiger kapazitätsbelasteter Hohlraum verwendet, Fig. 7. Die Kapazitätsbelastung bilden die abwechselungsweise an gegenüberliegenden Seiten befestigten Segmente. Dieser Resonator hat nur eine Grundwelle und es treten daher in der Herstellung keine hohen Präzisionsforderungen auf. Zwischen den Segmenten bildet sich die hochfrequente Wechselspannung, vergleiche Fig. 2 b. Die Wellenlänge des Resonators bestimmt sich aus seinen geometrischen Dimensionen gemäss folgender Gleichung:

$$\frac{C}{2\pi a} lk = ctg dk$$

*) Diese Magnetrons mit fadenförmiger Kathode hatten nur einen kleinen Wirkungsgrad.

Für die Abmessungen gibt Fig. 7 Aufschluss, C ist die Gesamtkapazität, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Der Resonator kann interpretiert

werden als kapazitätsbelastete Lecherleitung von der Länge d , welche um die Kathode rotiert. Wichtig ist dabei, dass nur die Kapazität pro cm Umfang neben der Breite und der Höhe

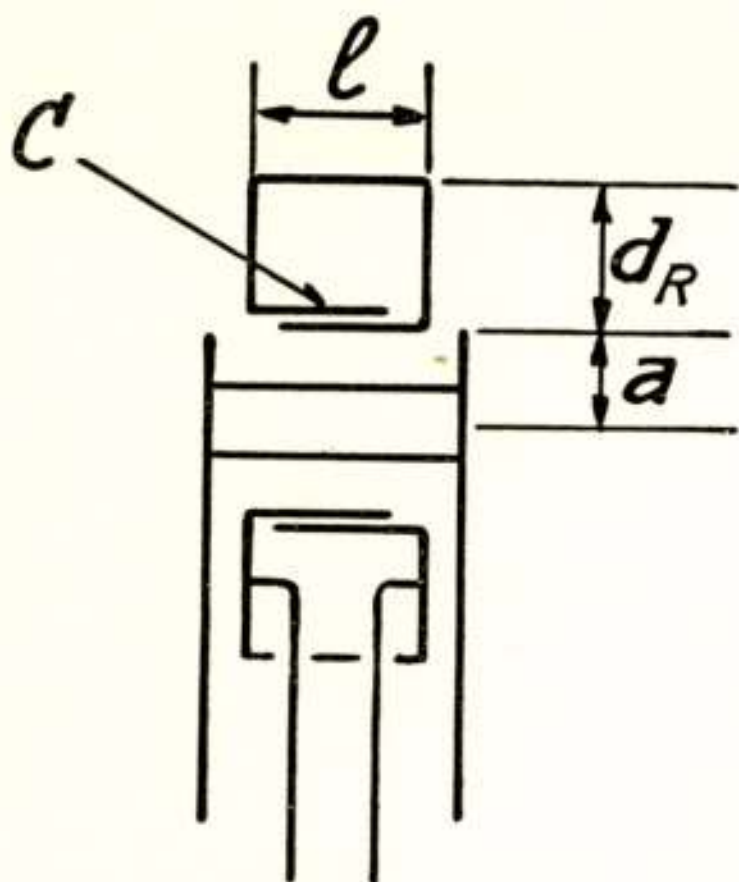


Fig. 7.

Schematische Darstellung des „Turbators“

des Toroids eingeht. Das gibt die konstruktive Möglichkeit, die radialen Dimensionen mit entsprechend grösserem Kathodendurchmesser für grössere Leistungen bei gleichbleibender Wellenlänge zu steigern. Fig. 7 zeigt schematisch die Kathode und die Hochfrequenzaukopplung, welche hier galvanisch im Innern des Hohlraumes erfolgt. Sie könnte auch induktiv durch eine Schleife wie in einigen Ausführungen gemacht sein. Durch die galvanische Auskopplung ergibt sich zugleich die Möglichkeit der Halterung des Resonators und damit der einfachsten Montage

des ganzen Systems auf einem Röhrenteller. Fig. 8 ist die Photographie des auf Glasteller montierten Magnetrons genannt „Turbator“. Kopplungsleitung und Heizleitung sind als Paralleldrahtsysteme ausgeführt. Ihre Ebenen stehen zwecks Entkopplung senkrecht aufeinander. Weil ferner bei diesem Resonanzsystem das hochfrequente Magnetfeld die Kathode umschliesst, kommt es sehr auf die Formgebung der Kathode an, damit im Heizkreis kein Hochfrequenzstrom induziert wird. Die Nichtbeachtung dieses Umstandes führt auf schlechte Schwingeeigenschaften der Röhre wie Handempfindlichkeit, Mehrwelligkeit, usw.

Die heutige Ausführung des Turbators ist durchstimmbar gemacht mit einer zweiten Paralleldrahtleitung mit Segmentankopplung gegenüber dem Röhrensockel. Die Wellenlänge wird im einfachsten Fall durch Verschieben einer Kurzschlussbrücke auf der Durchstimmeleitung ausserhalb der Röhre gemacht; dadurch fallen mechanische Veränderungen innerhalb des Glas-

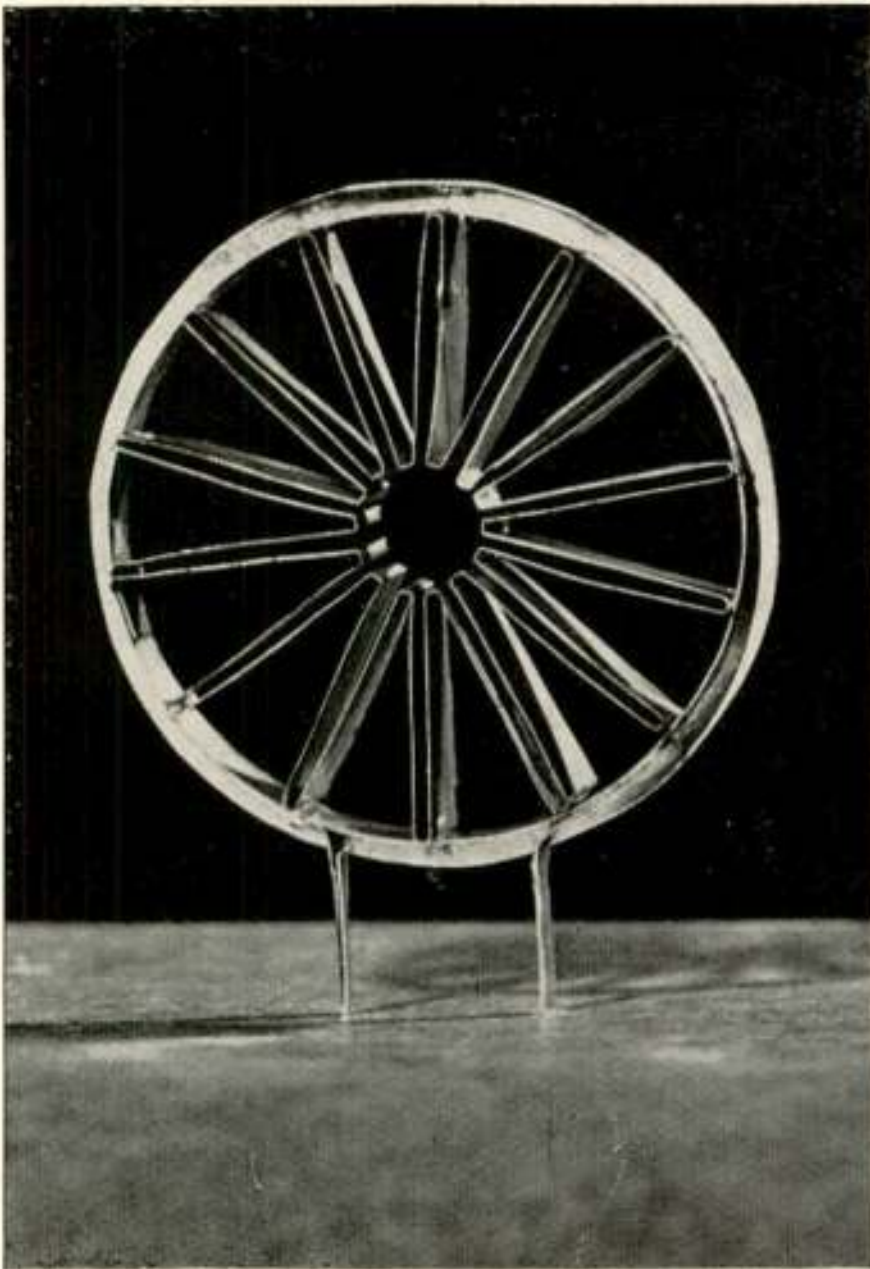


Fig. 6b.

Multiresonatormagnetron (Anodenblock) mit Grossflächen-Kathode und Molybdänblechdurchführung für 6 cm.

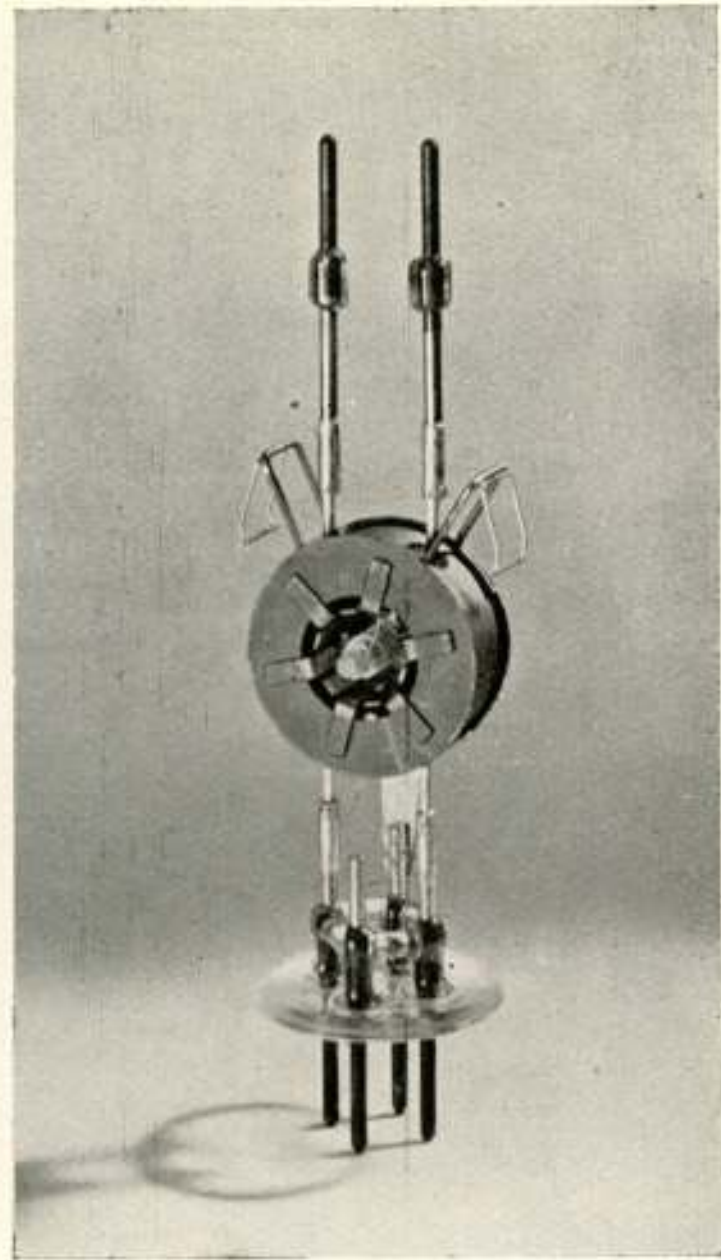


Fig. 8

Turbator auf Glasteller montiert vor dem Einschmelzen in den Glaskolben.

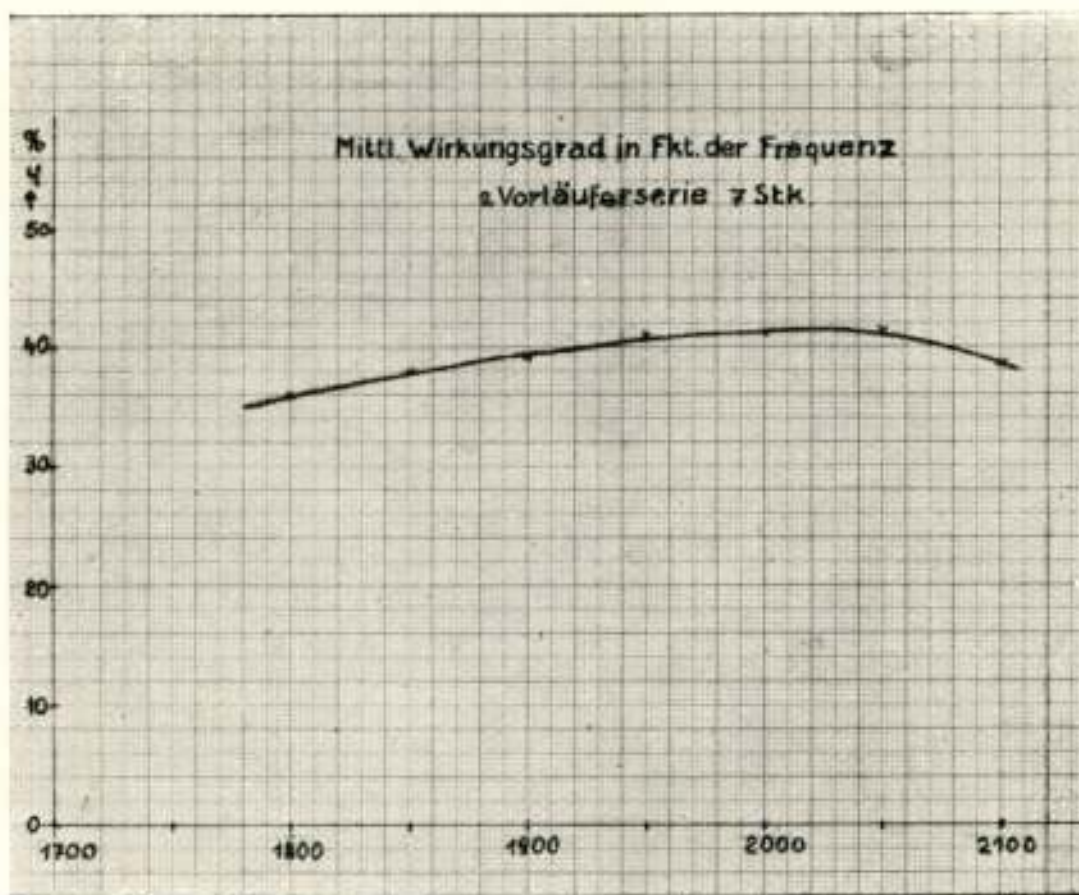


Fig. 9.

Durchstimmkurve des Turbators; gemessener Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der eingestellten Frequenz.

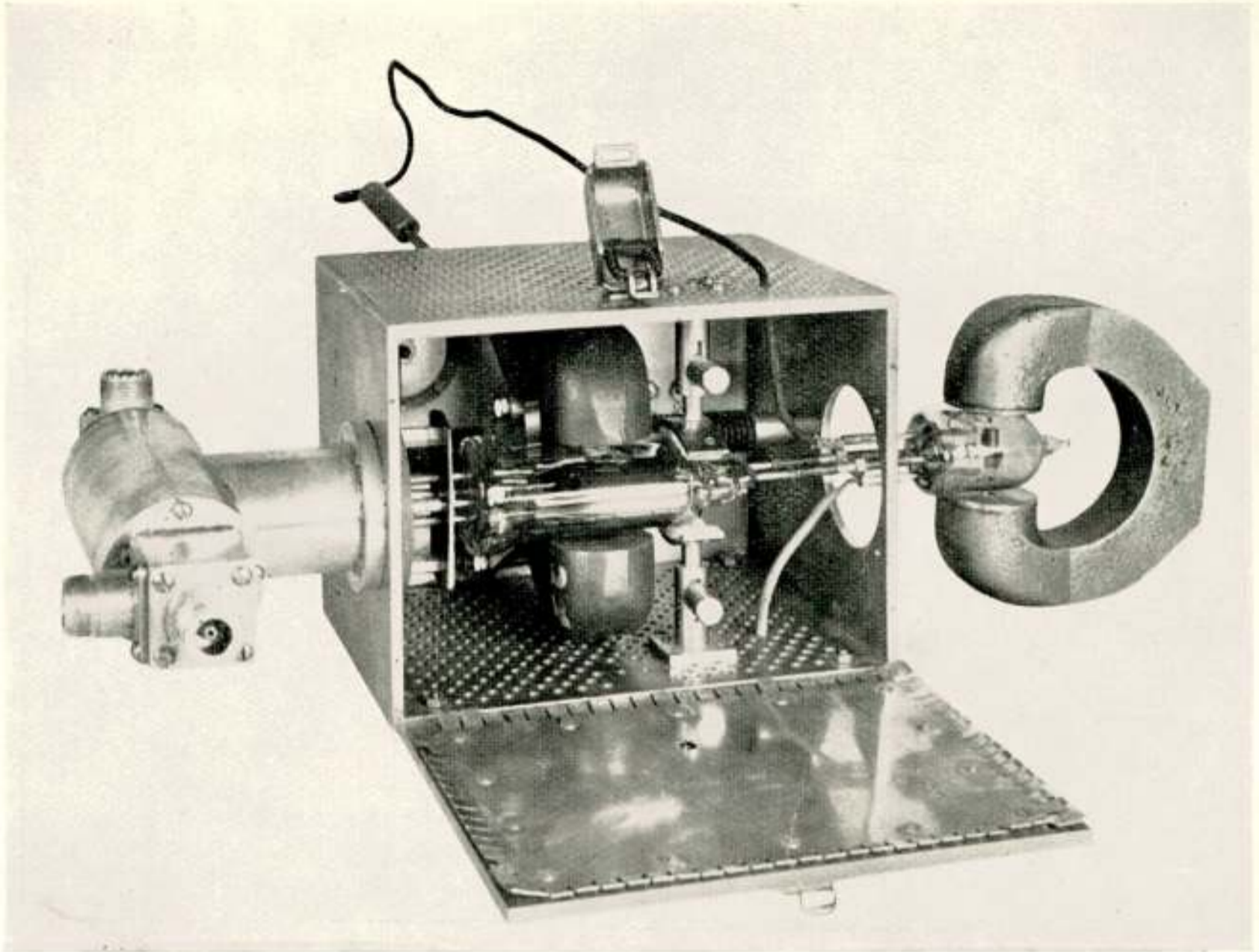


Fig. 10
Turbatorsender mit Einrichtung zur Frequenzmodulation

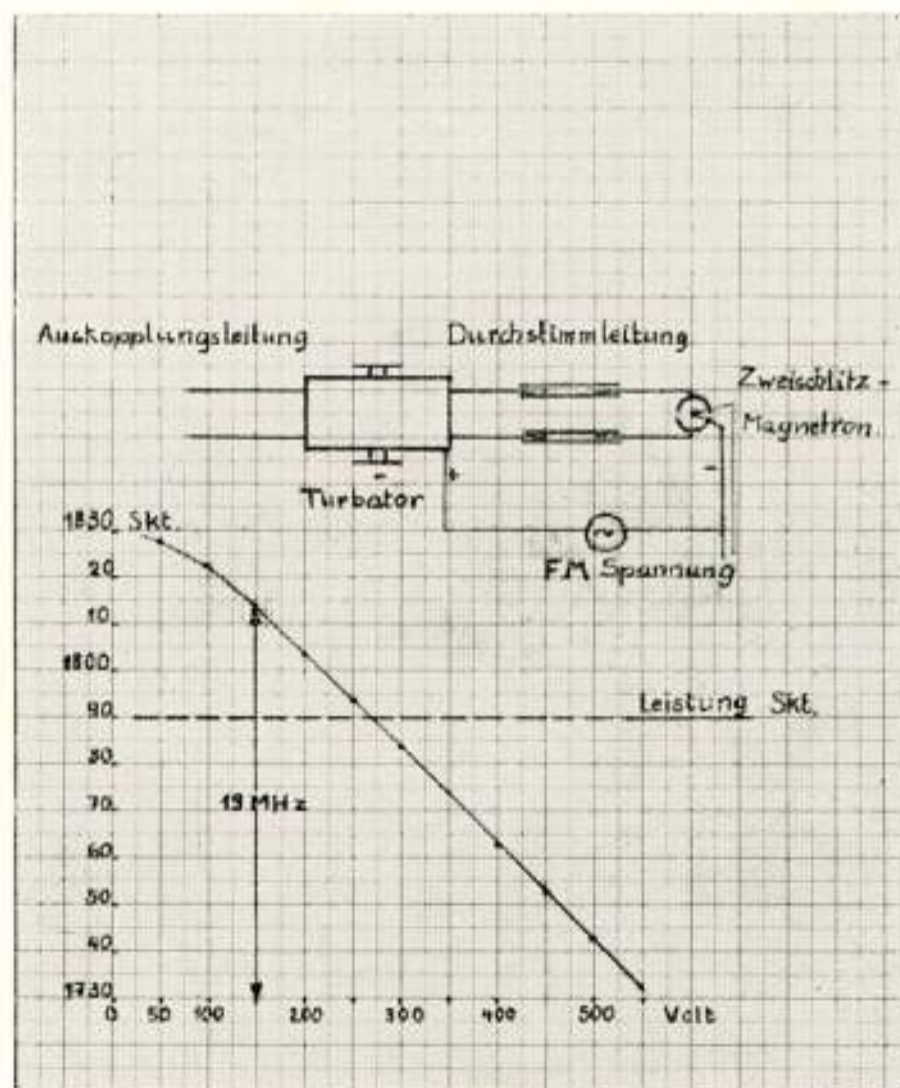


Fig. 11.

Gemessene Frequenzänderung in Abhängigkeit von der Steuerspannung an der Reaktanzröhre; die HF-Leistung bleibt über diesem Bereich konstant.

kolbens mit flexiblen Durchführungen weg. Fig. 9 zeigt eine so aufgenommene Durchstimmkurve über einen Bereich von ca. 300 MHz; es wurden auf diese Weise noch grössere Durchstimmbereiche, bis 600 MHz erreicht. Durch Abschluss der Durchstimmleitung mit einer elektronisch veränderbaren Kapazität (Reaktanzröhre) kann auf diese Weise auch eine relativ einfache Frequenzmodulation erzielt werden.

In Fig. 10 ist eine solche Einrichtung dargestellt, an einem Turbatorsender kommerzieller Ausführung ist der Durchstimm-Mechanismus durch eine Reaktanzröhre, hier ein Zweischlitz-magnetron ersetzt. Man bemerkt im offenen Gehäuse den kleinen Permanentmagneten für ca. 650 Gauss. Auf der linken Seite ist ein Breitbandtransformator angeschlossen, der zugleich Uebergang von der Paralleldrahtleitung auf konzentrisches Kabel mit 60 Ohm bewirkt. Fig. 11 gibt das Schaltungsschema mit der statisch aufgenommenen *FM*, welche hier 19 MHz beträgt. Die erforderliche Modulationsspannung ist an diesem Beispiel noch zu gross, doch kann sie durch Verkleinerung der Dimensionen der Reaktanzröhre bedeutend herabgesetzt werden.

Der hier besprochene Turbator ist wegen seiner eindeutigen Schwingeneigenschaften über weite Strombereiche (frei von mode-jumping oder moding; letztere Bezeichnung bedeutet Frequenzsprünge kleiner als 1 MHz oder Verrauschung der Schwingung bei Ueberlagerung einer Wechselspannung von einigen Volt über die Anodengleichspannung) als Sender in kommerziellen Mehrkanal-richtstrahlgeräten mit Impuls-Phasen-Modulation und auch als Ueberlagerungssoszillator in Empfänger gut geeignet.

Literatur

- 1) F. Lüdi: „Helv. Physica Acta“. Vol. XVI S. 59 (1942).
 - 2) F. Lüdi: „Helv. Physica Acta“, Vol. XIX S. 3 (1946).
 - 3) F. Fischer u. F. Lüdi: „Bull S.E.V.“ Jahrgang 1937. S. 277. (Die Posthumus-Schwingungen im Magnetron).
 - 4) H. Gutton u. S. Berline: „Bulletin de la Société Française Radio Electrique“ No 2 Page 30 (1938).
 - 5) „Brown, Boveri Mitteilungen, Sonderheft für Hochfrequenztechnik“ Dez. 1941.
 - 6) F. Lüdi: „Helv. Physica Acta“ Vol. XVII S. 429 (1944).
-

Recent advances in colour television

by Dr F. W. de Vrijer ¹⁾

SUMMARY

In the last few years important work on colour television has been done in the United States. After an introduction the field sequential system is described. This system had already been developed rather far before 1945. After some general remarks on simultaneous systems a description of the RCA three-gun shadow-mask tricolour tube is given. Finally the recently suggested new forms of simultaneous compatible systems are discussed.

In monochrome ("black and white") television a signal is transmitted representing the luminance (brightness) of each picture element once per picture period (e.g. 1/25 sec or 1/30 sec). In colour television it is necessary to give more information about the light coming from each picture element in the scene. A coloured light can be matched by an additive mixture of three primary colours if these are chosen appropriately. A suitable choice of primary colours is green, red and blue. By mixing green and red one obtains e.g. yellow or orange, depending on the ratio of the intensities. By mixing all three primaries it is possible to obtain white and all sorts of desaturated colours (pastel tints). The ratio of the intensities (luminances or brightnesses) for obtaining white depends upon the exact choice of primaries, but always one needs more luminance (Y_G) of green than of red (Y_R) while the luminance of blue (Y_B) is the lowest of the three. For the primaries suggested by the N.T.S.C.²⁾ in the U.S.A. the ratio is approximately:

$Y_G : Y_R : Y_B \approx 0,6 : 0,3 : 0,1$. The above mentioned principle of

²⁾ Philips Research Laboratories, N.V. Philips Gloeilampenfabrieken, Eindhoven-Netherlands.

¹⁾ The National Television System Committee. This is a committee authorised by the Radio-Television Manufacturers Association. Its members are representatives from the leading American television companies and other qualified television experts.

additive colour mixing is the principle universally adopted for producing colour television pictures. This additive mixing can be done by presenting the three elementary colours to the eye either simultaneously or sequentially. If sequential presentation is chosen the repetition frequency has to be taken high enough so that the persistence of vision causes the observer to see no difference with normal additive mixing. The oldest system of colour television, already demonstrated by Baird in 1928, is the so called field sequential system. A field is given in one of the primary colours, the next field in another primary colour, the third field in the third primary colour, the fourth field again in the first colour, and so on. If as usual nowadays, line interlace is used, the sequence is e.g. as follows: odd lines in green - even lines in red, - odd lines in blue - even lines in green - odd lines in red - even lines in blue - and so on. A complete colour picture is thus given in six fields.

A normal monochrome television chain can be modified into a field sequential colour chain by adding a rotating disc with colour filters (green, red and blue) in front of the picture tube and a similar rotating filter disc in front of the camera tube. These filter discs have to be rotated in synchronism with one another and in synchronism with the vertical scanning. In order to obtain a satisfactory colour picture it is also necessary to increase the field frequency, otherwise the picture would flicker very badly. This is caused by the fact that the picture repetition frequency is reduced by a factor 3 compared with monochrome television. In monochrome television a field frequency of 50 Hz is adequate, in field sequential colour television the field frequency has to be raised above at least 100 Hz. In the U.S.A. the Columbia Broadcasting System has developed a field sequential system (known as the CBS-system) using a field repetition rate of 144 Hz. To obtain the same definition as in monochrome television the video bandwidth has to be increased in the same ratio as the field frequency. CBS wanted to use the normal U.S.A. video bandwidth of 4.2 MHz. Therefore the number of lines was reduced from 525 to 405. But even then the horizontal resolution is certainly lower than the vertical resolution.

In the summer of 1951 the F.C.C.¹⁾ (representing the U.S. Government in these matters) granted permission to the CBS

¹⁾ F.C.C. = Federal Communications Commission.

to start commercial broadcasting with their colour system, using the normal television channels. There was much opposition from the side of the television industry. One of the main objections was that the CBS system is not compatible with the existing monochrome system. This means that a normal monochrome receiver cannot receive the CBS transmissions (in black and white of course), without altering the receiver. This is caused by the altered field and line frequencies. If the receiver is adapted (only a slight modification is necessary, according to CBS), the colour transmissions can be seen in black and white. By adding a colour wheel with motor and synchronising means the transmissions can be observed in colour. The commercial CBS transmissions were stopped only a few months after they had begun as an order from the National Production Authority prohibited the manufacture of colour television receivers for the public in view of the scarcity of many raw materials needed for the production of such receivers.

Besides CBS there were others in the U.S.A. active in the colour television field, in particular RCA should be mentioned. In order to describe the system they proposed to the FCC in 1951, we will first go back to the straightforward simultaneous system. In this system three video channels are used, one for each primary colour. In the camera are three pick-up tubes. The light from the scene is split optically in its green, red and blue constituents and an optical image is formed on each pick-up tube, which translates this image into a corresponding video signal. The three signals are fed via three channels to the receiver. One method to translate these signals again into a coloured picture is to use three projection tubes with a green, red and blue luminescent screen respectively and to project the three images formed by these tubes on a single projection screen. All this looks quite easy and straightforward on paper, but it is very difficult in practice to get an exact superposition of the three images. This remark relates to any form of simultaneous system, and especially at the receiving end the apparatus will have to be made such that all critical adjustments can be made at the factory and no readjustments are needed in normal use by the customer. For this reason it is very desirable to have a tri-colour picture tube in which a colour picture is formed on a single screen. Indeed it can be said that the development of such a tube is a prerequisite for the introduction of any colour system other than the field sequential system. It

is perhaps not necessary to remark that such a tube could also be used in a field sequential receiver.

Especially RCA has done much work in developing tri-colour picture tubes and the best results so far have been obtained with a tube containing three electron guns placed near one another, giving three parallel electron beams going through a single deflection yoke. The screen of the tube contains a large number ($\sim 200,000$) of groups of phosphor dots, each group consisting of three phosphor dots, one of each primary colour. Parallel with this screen at the gun side is a metal plate containing holes, one hole corresponding with each group of phosphor dots. The whole is arranged geometrically in such a way (see

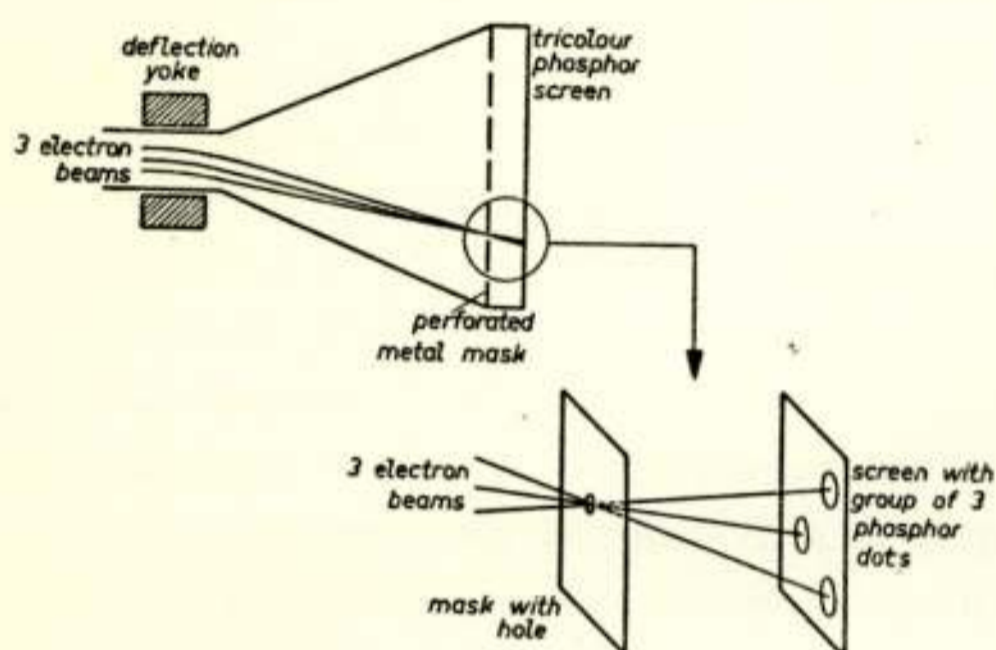


Fig. 1.

The RCA three gun shadowmask tri-colour tube.

figure 1) that the electrons from one gun can only reach green phosphor dots, those from another only red dots and those from the third gun only blue dots. It need not be mentioned that to achieve this the tube has to be manufactured very carefully and also that the adjustment of the operating conditions is rather critical. However, very satisfac-

tory results seem to have been achieved, although it is not yet clear whether this tube is really an in every way acceptable solution of the problem. In a receiver for the simultaneous system the RCA tube can be used with the green video signal fed to the green gun, the red signal to the red gun and the blue signal to the blue gun.

The straightforward simultaneous system uses three times the video bandwidth of a corresponding monochrome system. The green signal can be transmitted complete with synchronisation signals in a normal monochrome channel. But two extra channels are needed for the colour information. In order to evade this difficulty, RCA has introduced its so called "dot sequential" system. In this system the green, red and blue signals are sent over a single channel by means of a time division multiplex system. This is done by means of a "sampler"

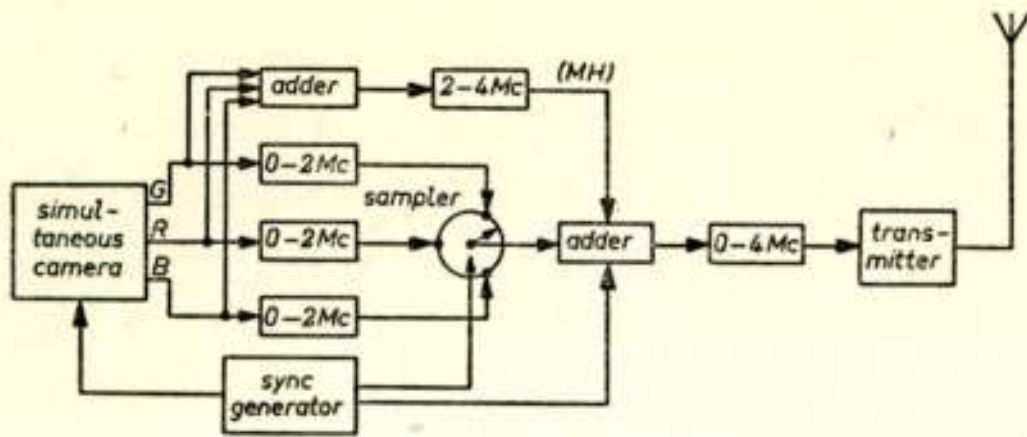


Fig. 2a.

Block diagram of a transmitter for the RCA "dot sequential" system with by-passed mixed highs (MH).

$= 10.8 \times 10^6$ samples (dots) are transmitted each second. The minimum bandwidth in which this can be done without cross-talk is $\frac{10.8}{2} = 5.4$ MHz. As the video bandwidth in the American monochrome system is only 4.2 MHz, cross-talk between the colour signals is inevitable in the RCA system. It occurs principally at the higher video frequencies. This means that these higher frequencies are reproduced at the receiving end in all three primary colours irrespective of the fact from which colour signal they originate. One can therefore just as well, and even better, mix these higher frequencies (above 2 MHz for instance) beforehand at the transmitting side and add these "mixed highs" to the signal coming from the sampler. The sampler is now fed with the camera signals via low pass filters (0-2 MHz). Compare fig. 2a.

The fact that the high frequencies are mixed causes the finest details in the picture to be more or less reproduced in black and white. This does not deteriorate the picture very much, as the acuity of the eye for colour detail is much less than the acuity for brightness detail. In order to increase horizontal definition and especially in order to diminish the visibility of the dot structure the dots are made to "interlace" in consecutive scanings of the same line ("dot interlace"). This can be accomplished automatically by choosing the sample frequency exactly halfway between two successive harmonics of the line frequency.

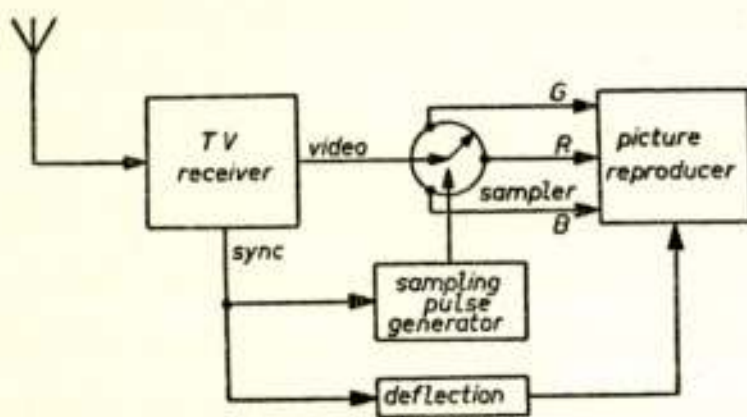


Fig. 2b.

Block diagram of a receiver for the RCA-system.

as indicated schematically in the block diagram in figure 2a. The sampling frequency for each signal used, was first chosen around 3.6 MHz and later changed to a somewhat higher frequency. This means that $3 \times 3.6 \times 10^6 = 10.8 \times 10^6$ samples (dots) are transmitted each second. The minimum bandwidth in which this can be done without cross-talk is $\frac{10.8}{2} = 5.4$ MHz. As the video bandwidth in the American monochrome system is only 4.2 MHz, cross-talk between the colour signals is inevitable in the RCA system. It occurs principally at the higher video frequencies. This means that these higher frequencies are reproduced at the receiving end in all three primary colours irrespective of the fact from which colour signal they originate. One can therefore just as well, and even better, mix these higher frequencies (above 2 MHz for instance) beforehand at the transmitting side and add these "mixed highs" to the signal coming from the sampler. The sampler is now fed with the camera signals via low pass filters (0-2 MHz). Compare fig. 2a.

The fact that the high frequencies are mixed causes the finest details in the picture to be more or less reproduced in black and white. This does not deteriorate the picture very much, as the acuity of the eye for colour detail is much less than the acuity for brightness detail. In order to increase horizontal definition and especially in order to diminish the visibility of the dot structure the dots are made to "interlace" in consecutive scanings of the same line ("dot interlace"). This can be accomplished automatically by choosing the sample frequency exactly halfway between two successive harmonics of the line frequency.

At the receiver it is of course necessary to know the exact sampling moments in order to be able to extract the original green, red and blue signals from the RCA signal. Therefore in each line blanking interval a "burst" consisting of a few cycles of the sampling frequency ($\sim 3,6$ MHz) is transmitted in a constant phase relationship with the sampling sequence. In the receiver an oscillator is synchronised with these bursts and this oscillator drives the receiver sampler. The synchronisation of this oscillator has to be rather exact, a slight phase difference giving false colours.

Let us now consider the effect of an RCA colour signal on a monochrome receiver. As the line and field synchronising signals are unaltered (except for the addition of the bursts, which do no harm in general) there is no difficulty here. The video signal consisting of the sampled green (G), red (R) and blue (B) signals (plus mixed highs) can easily be shown to consist of the sum of R , G and B plus a modulated subcarrier of the sampling frequency (ω_p).

On a monochrome receiver one sees thus $G + R + B$, which gives a very usable black and white picture, plus a dot structure caused by the modulated subcarrier. Due to the special choice of ω_p (halfway between two successive harmonics of the line frequency) this dot structure is in opposite phase in successive scannings of the same line and the effect on the eye is thus for a large part cancelled. The conclusion is that the RCA system is compatible although a slight degradation of the monochrome picture has to be expected.

After the first demonstration of the RCA system (in 1951) and after the RCA system was rejected by the FCC in favour of the CBS system some important new developments have followed in which especially the Hazeltine Corp. played an important rôle. These developments have led to a new system. The NTSC has worked out detailed proposals of standards for this system, which will therefore be called NTSC-system. A large part of the American Television Industry is at present field testing this system.

After it had become clear that the RCA system is really $G + R + B +$ a modulated subcarrier, several possible improvements suggested themselves. Firstly $G + R + B$ is not exactly the luminance signal. This should be $Y \approx 0,6 G + 0,3 R + 0,1 B$, as mentioned earlier. So this signal with full bandwidth is transmitted in the normal way as a monochrome signal. This makes

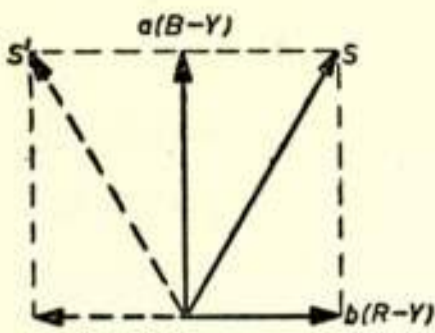


Fig. 3.

Vector diagram of the colour information signal in the NTSC system. S and S' relate to alternate fields (Colour phase alternation).

the *NTSC* system compatible, even better than the *RCA* system, where the red and especially the blue signal are too strongly represented in the monochrome signal. Colour information with bandwidth limited to ~ 1 MHz is added to this brightness signal modulated on a subcarrier again of a frequency halfway between two successive harmonics of the line frequency (actual choice: $\omega_p = \frac{495}{2} \times \text{line frequency} = 3,898125 \text{ MHz} \pm 0,001\%$). The two colour information signals used to modulate this subcarrier are *B-Y* and *R-Y* and the total colour information signal is:

$$a(B - Y) \sin \omega_p t + b(R - Y) \sin (\omega_p t \pm \frac{\pi}{2})$$

(See vector diagram fig. 3). To demodulate this signal at the receiver it is necessary to know a reference phase, otherwise the two colour signals cannot be separated. This reference phase is introduced by bursts during the line blanking interval in the same way as in the *RCA* system. The output of an oscillator synchronized with these bursts is mixed with the total colour signal giving one of the colour signals and the same is done after 90° phase shift of the local subcarrier oscillator giving the other colour signal. An exact synchronisation is again essential for good colour reproduction. In alternate fields the polarity of the (*R-Y*) component in the colour information signal is changed (Colour phase alternation). This causes the faults due to inexact colour synchronisation to be of opposite sign in alternate fields and thus insures somewhat greater tolerances.

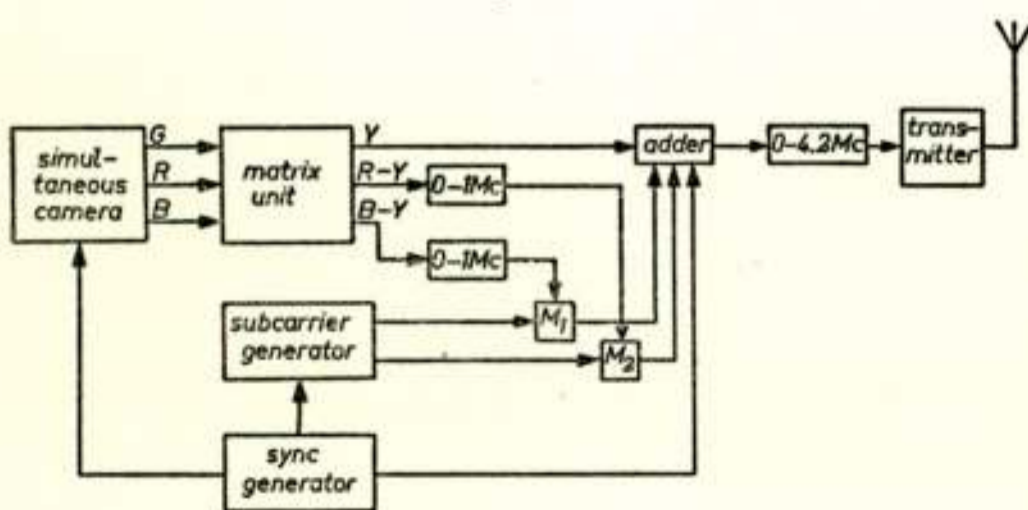


Fig. 4a.

Block diagram of a transmitter for the NTSC system.

Even more important is that this also reduces the effect of the cross-talk due to the fact that the upper sideband of the colour information signal is partially cut off. Fig. 4

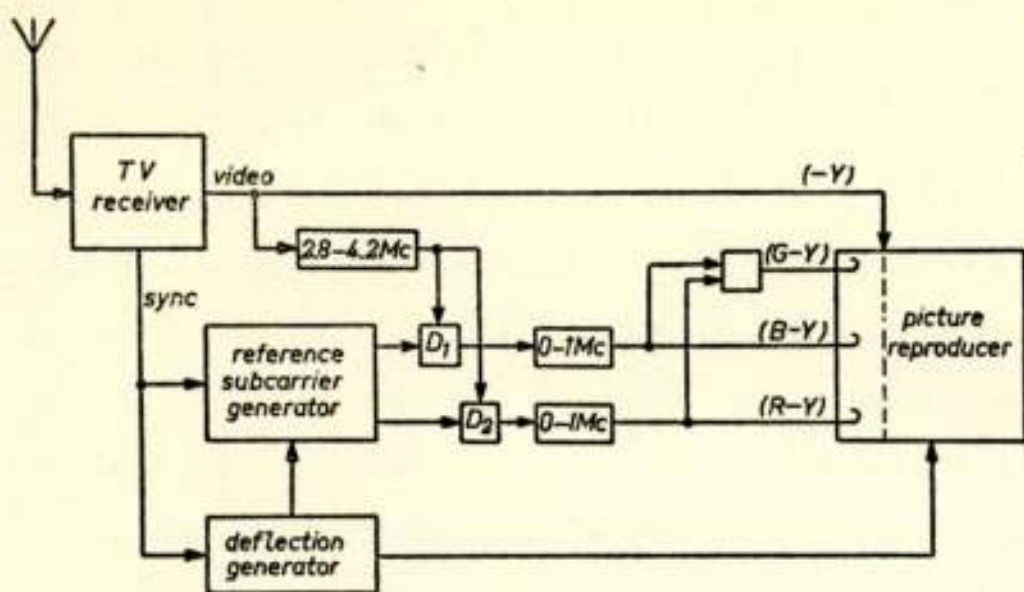


Fig. 4b.

Block diagram of a receiver of the NTSC system.

a en b gives a block diagram of a transmitter and a receiver for the *NTSC* system. This system has been chosen for further studying and testing by the *NTSC*, in which nearly all important American Television Companies are represented, after careful consideration of a great number of proposed colour systems. The American Television Industry is making a great effort at the moment in field testing and perfecting this system.

Literature

- P. C. Goldmark, J. W. Christensen and J. J. Reeves: Color Television. U.S.A. Standard. Proc. I. R. E. **39**, 1288 (1951).
 H. B. Law: A Three-Gun Shadow-Mask Color Kinescope. Proc. I. R. E. **39**, 1186 (1951).
 C. J. Hirsch, W. F. Bailey and B. D. Loughlin: Principles of NTSC Compactible Color Television. Electronics Vol. **25** No. **2**, 88 (Febr. 1952).

NOTE ADDED IN PROOF

Since this article was written the *NTSC* has changed its proposals somewhat. The main alterations are:

- 1) Colour phase alternation has been abandoned because of flicker effects.
- 2) The subcarrier frequency has been decreased to $455/2 \times$ line frequency ≈ 3.58 MHz. This makes it possible to use double side bands for the colour difference signals up to about 0.6 MHz.
- 3) For higher frequencies than 0.6 MHz only one colour information is modulated on the subcarrier in such a way that it relates to colour changes from orange to cyan (blue-green). This is called the orange-cyan wideband principle (OCW). All the reasons for these changes have not yet been published.

Nieuwe ontwikkelingen

DECIMALE TELBUIS VOOR GROTE SNELHEDEN

Bij de N.V. Philips is een decimale telbuis ontwikkeld, die tot 30 000 impulsen per seconde kan tellen; in laboratoriumopstelling zelfs aanmerkelijk meer. De buis ziet er van buiten uit als een gewone radio-ontvangbuis, doch van binnen is het een electronenstraalbuisje. De electronenstraal, die de vorm van een lint heeft, gaat tussen een tweetal afbuigplaten door en valt dan op een plaatje, waarin zich tien gleuven bevinden. Door een van die gleuven komt de bundel op de daarachter liggende glaswand terecht, die bedekt is met een laagje fluorescerende stof. Deze stof gaat op de getroffen plek licht geven en zo kan

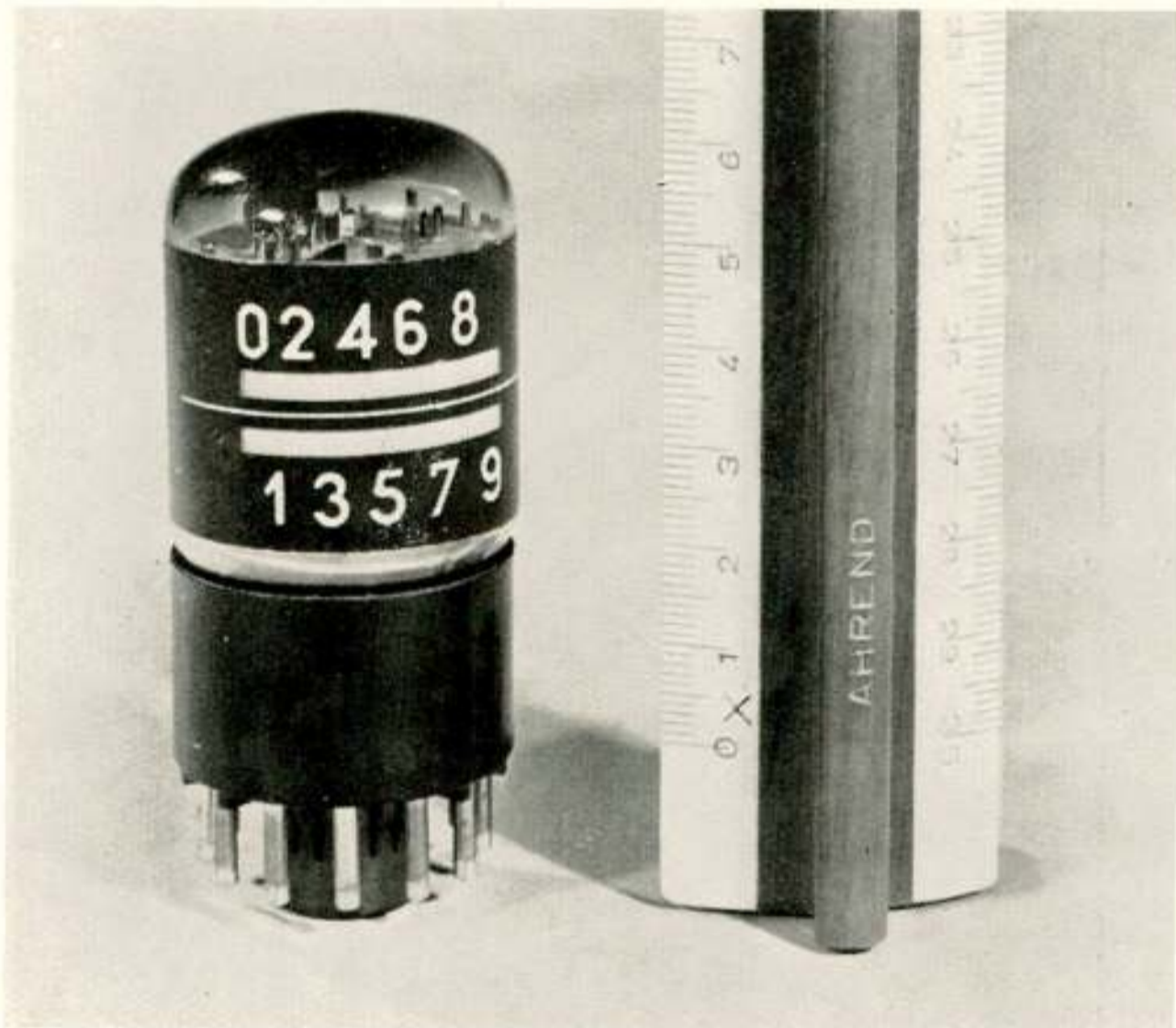


Fig. 1. Decimale telbuis type E I T. Een fluorescentievlek wijst het cijfer aan, dat overeenkomt met de stand van de electronenbundel binnen de buis, dus met het getelde aantal impulsen.

men van buitenaf zien waar de bundel de glaswand treft. Het lichtvlekje wijst dan een van de cijfers 0, 1, 2, ...9 aan, die op de buitenzijde van de buis zijn aangebracht. Een bijzondere tegenkoppeling zorgt er voor dat de electronenbundel alleen maar in een van de tien standen, die bij de cijfers behoren, kan komen en niet in een der tussen gelegen standen.

Bij het elektronisch tellen worden de eigenlijke waarnemingen verricht door bijvoorbeeld een fotocel, een microfoon of een Geiger-Müllerbuisje. Bij elke waarneming leveren zij een impuls, waaraan door een speciale impulsvormer de juiste grootte en vorm wordt gegeven. Deze impuls gaat naar de afbuigplaten binnen de decimale telbuis, verandert daar de elektrische lading. Daardoor verandert de electronenbundel van richting, d.w.z. hij verspringt en daarmee verspringt ook de fluorescentievlek op de glaswand.

Wanneer de electronenbundel na enige impulsen tenslotte op het cijfer 9 is terecht gekomen springt hij bij een volgende impuls terug op het cijfer 0. Maar tegelijkertijd wordt er een impuls naar een tweede buis, die links van de eerste staat, doorgegeven. In deze buis, die de tientallen aanwijst, verspringt de lichtvlek dan eveneens één cijfer, zodat men op de combinatie een verspringen van bijvoorbeeld 09 of 10 of van 19 op 20 te zien krijgt. Zo is het mogelijk met

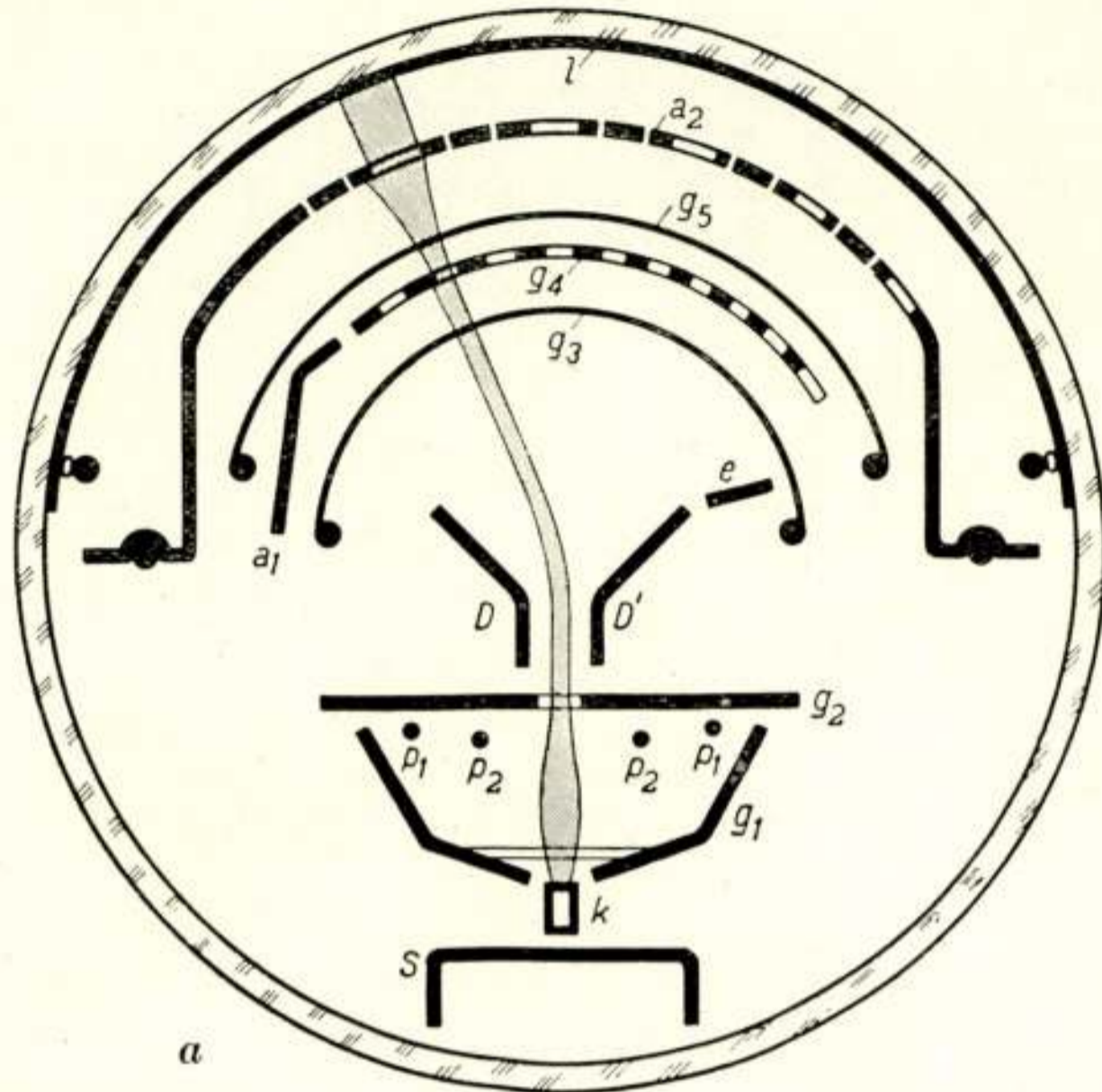


Fig. 2. Horizontale doorsnede van de decimale telbuis. De kathode k , het stuurrooster g_1 , de vier inwendige aangesloten focusseerelectrodes p_1 en p_2 en de versnellingselectrode g_2 vormen een electronenkanon, dat een lintvormige electronenbundel levert (breedterichting van het lint loodrecht op het vlak van tekening). D, D' afbuigplaten. g_3, g_5 remroosters, a_1 terugslaganode. g_4 electrode met tien sleuven. a_2 anode. l fluorescerende laag, met geleidende onderlaag. Scherm s (inwendig verbonden met k) voorkomt dat primaire electronen op de ballon terechtkomen. Hulpanode e (inwendig verbonden met g_2) vangt secundaire electronen op.

twee buizen tot 99 te tellen en met een toestel, waarin zeven buizen zijn opgesteld tot 9 999 999.

Overal waar de tot dusverre bekende mechanische telwerken tekort schieten biedt de decimale telbuis nieuwe mogelijkheden. In de communicatietechniek, bij rekenmachines, bij de controle van allerlei fabricageprocessen bij het meten van radioactieve straling, kortom overal waar geteld moet worden, vlug en nauwkeurig, kan men de decimale telbuis gebruiken.

M. P. V.

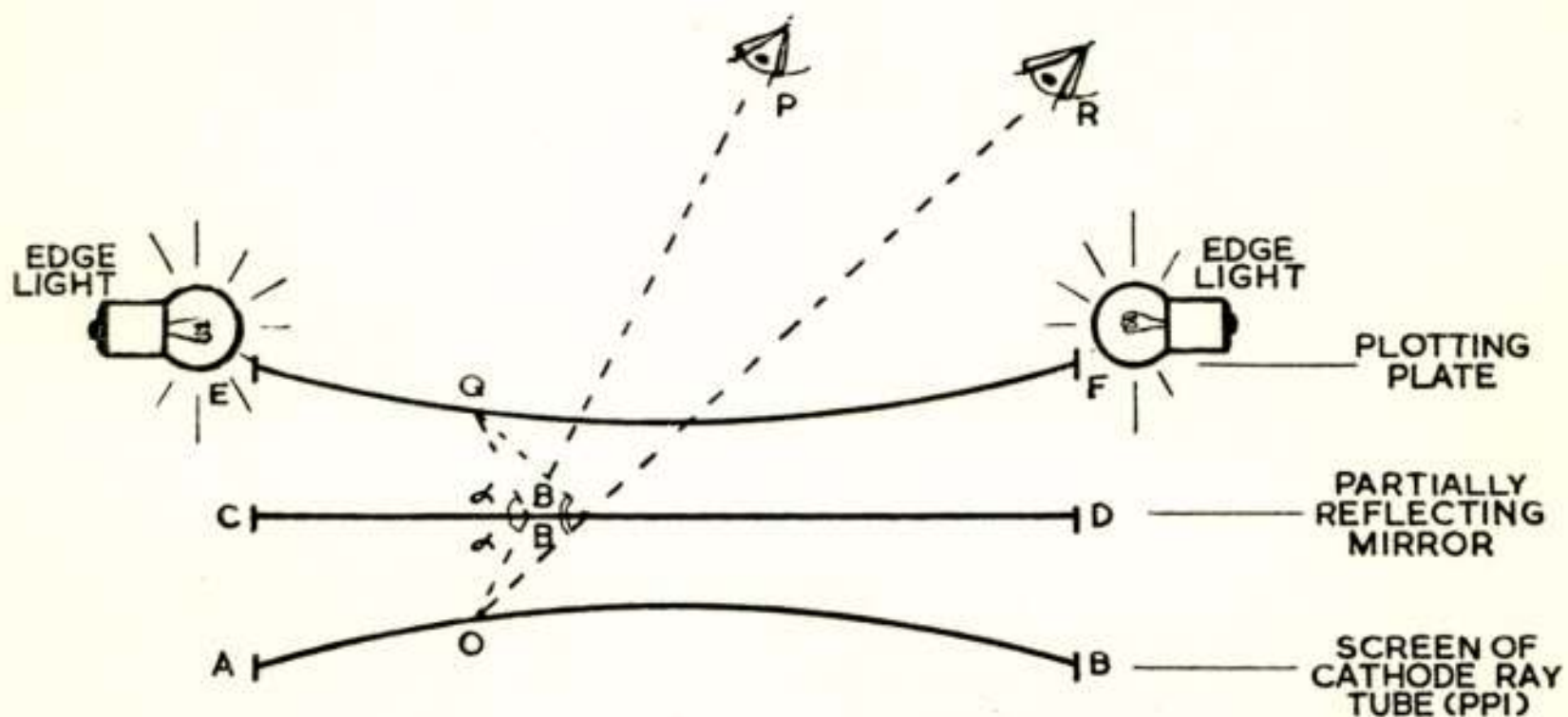
LITERATUUR:

Philips Technisch Tijdschrift **14** 349-362, 1952.

RADAR PLOTTING SYSTEM

The well known American manufacturers of radar equipment, Raytheon Manufacturing Company and Radio Corporation of America have produced a direct precision plotting device as an additional appliance of their radar equipment. Royal Rotterdam Lloyd Liner WILLEM RUIJS is the first Dutch ship using this system, which was installed by Radio-Holland. The plotter works as follows: (see figure).

Above the screen of the Cathode Ray Tube A-B, which gives the radar picture, a perfectly flat and especially coated glass plate is installed, which partially reflects and partially transmits light rays. Above the plate C-D a glass „plotting plate" E-F is present. This plotting plate is concave and the surface is exactly the reverse of the convex surface of the cathode ray tube screen. With other words: The image of the plotting plate E-F, with relation to the reflection plate C-D coincides exactly with the screen of the cathode ray tube A-B.



Now assume an object O is present on the screen, which is observed by the eye P. A marking by Chinagraph pencil, carried out on the plotting plate E-F at Q, will give an image at the object O. The plotting plate can be illuminated by edge illumination, so that the image of Chinagraph pencil marking stands out brilliantly on the screen.

The system is free from parallax for, it is clear that, when the eye is moving from P to R, the image of the Chinagraph marking Q will still be at the object O. A variety of colour Chinagraph pencils are supplied with the plotter so that different objects can be plotted with different colours. If — between instants of plotting — the plotting marks are not required, the edge lighting of the plotting plate E-F can be switched off and the radar picture can be observed without plotting marks visible. As soon as the lights are switched on, the plotting information is available again.

The Chinagraph pencil markings can be easily wiped off by a piece of cloth when they are not of use any more and the clean plotting plate is available again for new action.

The possibilities with regard to the obtaining of immediate and exact information — concerning objects visible on the radar screen — are many-fold and will not be discussed in this article, which merely gives a description of the operation of this new device.

TOEKENNING VAN PRIJZEN DOOR HET WETENSCHAPPELIJK RADIOFONDS VEDER

Ter erkenning van de verdiensten van een drietal onderzoekers op het gebied der radiowetenschap is door het Wetenschappelijk Radiofonds Veder voor het jaar 1953 een aantal prijzen toegekend en wel aan de volgende personen:

1. *Ir E. H. Hugenholtz*¹⁾

terzake van zijn werk op het gebied van de ontwikkeling van de impuls-gesynchroniseerde oscillator en zijn toepassingen.

Dit systeem, hetwelk reeds enige belangrijke toepassingen vond, scheidt de mogelijkheid een aantal frequenties van één enkele frequentie af te leiden. Het kenmerkende van het systeem is, dat de instelling van de verschillende frequenties op selectieve wijze (d.w.z. slechts één frequentie wordt bij een bepaalde instelling geproduceerd) plaats vindt met een snelle frequentieomschakeling en een stabiliteit met betrekking tot de ingestelde frequentie.

Het systeem biedt ruimte voor een grote verscheidenheid van instelbare frequenties.

2. *Ir L. R. M. Vos de Wael*²⁾

terzake van zijn werk op het gebied van nauwkeurige frequentiebepaling en registratie.

De frequentiemeet- en registratieinrichting stelt in staat een frequentiebepaling in het frequentiegebied van 30 c/s—30 Mc/s met een nauwkeurigheid van $10^{-7} - 10^{-8} \pm 1$ c/s uit te voeren. De getalwaarde wordt vervolgens door middel van een normale printer vastgesteld, waarbij een codetransformatie van de bij de meting gebruikte decimale code van de elektronische decimaalteller naar het vijf-eenheden printer systeem plaats vindt. Meting en registratie geschieden in twee seconden, zodat in een kort tijdsbestek een groot aantal metingen kan worden uitgevoerd en vastgelegd. Deze faciliteit biedt interessante aspecten nl. de mogelijkheid de statistische variaties van een frequentie te leren kennen en eventueel de aard van de fysische oorzaken dezer variaties.

3. *Ing. F. J. van Leeuwen*³⁾

terzake van zijn werkzaamheden op het gebied van nagalmmetingen en de constructie van een automatisch werkend nagalmmmeettoestel.

Het nagalmmmeettoestel is ontworpen voor de meting van nagalmtijden over het gehele acoustische frequentiegebied (35—10000 c/s).

De meting geschiedt automatisch en betrekkelijk snel (300 metingen over het gehele frequentiegebied in 20 minuten); hierdoor kan men in korte tijd de acoustische eigenschappen van een ruimte bepalen en verder het effect van acoustische wijzigingen en verbeteringen nagaan.

¹⁾ Tijdschr. Nederl. Radiogenootschap, deel XII no. 3, blz. 89.

²⁾ Tijdschr. Nederl. Radiogenootschap, deel XVI no. 4, blz. 171.

³⁾ Tijdschr. Nederl. Radiogenootschap, deel XVI no. 1, blz. 13.

NIEUWE UITGAVE

De redactie ontving:

Handboek der Radiotechniek, deel VI, samengesteld door Rens & Rens.

Van dit werk verschijnt in het volgend nummer een bespreking.

Boekbesprekingen

Zó... werkt de Televisie, door E. Aisberg. Uitgevers Mij. Æ E. Kluwer, Deventer 1953. 224 blz., 18 x 23. f 4.95.

Dit boek is een Nederlandse bewerking van het in Frankrijk verschenen werk *La Télévision... mais c'est très simple*. De vertaler is anoniem gebleven.

Aan hen die het werk van dezelfde schrijver kennen, dat onder de titel *Zo... werkt de Radio* is verschenen, zal waarschijnlijk het karakter van het nieuwe boek onmiddellijk duidelijk zijn.

Het merkwaardige van dit boek is, dat door middel van een tweegesprek tussen de persoon Vraagal en Weetal de werking van de televisie wordt uiteengezet aan hen die niet meer dan een elementaire kennis bezitten van de radiotechniek. Het boek is dus enerzijds populair te noemen, terwijl men anderzijds toch moet toegeven dat de inhoud van wetenschappelijk standpunt gezien meestal zeer verantwoord is.

In een twintigtal hoofdstukken, die hier praatjes worden genoemd, passeren allerlei begrippen uit de televisie de revue. Hierbij zijn ook zeer recente onderwerpen, zoals gevoelige opneembuizen, grootbeeldtelevisie en de kleurentelevisie. Daarbij wordt er steeds naar gestreefd de werking van een apparaat of het principe van een systeem duidelijk te maken en de schrijver is hierin, naar ik meen, voortreffelijk geslaagd.

Naast de tekst vindt men in de kantlijn illustraties van Guilac, die zeer verhelderend werken en menigmaal geestig zijn.

Voor hen die eens wat meer willen weten van de principes waarop de televisie berust is dit boek zeer aan te bevelen. Zelfs vakmensen zullen dit boek ongetwijfeld met genoegen lezen.

J. H.

Gegevens en schakelingen van Televisie-ontvangbuizen door J. J. Jager. Philips' Technische Bibliotheek, deel IIIc. Uitgave Meulenhoff en Co., Amsterdam 1953. 248 blz., 16 x 23, f 19.80.

Dit boek is speciaal geschreven ten dienste van de ontwerper en de service-technicus. De schrijver heeft uit de laboratoria van de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken een grote hoeveelheid praktische gegevens verzameld, welke nòch in de normale televisie-leerboeken, nòch in de buizendocumentatie te vinden zijn. We achten het boek dan ook een waardevolle aanwinst voor de televisieliteratuur.

De opzet van het boek is ongeveer gelijk aan de vorige delen van deze serie. Zo worden van iedere buis de gegevens uitgebreid vermeld en enige schakelingen gegeven met een korte, maar toch volledige en voor iedereen begrijpelijke toelichting.

Het eerste hoofdstuk is voornamelijk gewijd aan de speciale televisiebuizen-serie, o.a. de buizen ECC 81, EF 80, EB 91, PL 83, enz. en de beeldbuizen MW 36-24 en MW 43-43, met bijbehorende afbuigspoelen en transformatoren.

In het tweede hoofdstuk worden meer uitgebreide schema's besproken, o.a. de interdraaggolfontvanger, de vliegwielsynchronisatie en een complete ontvanger.

Tot slot worden nog enige meetinstrumenten voor de televisie vermeld.

De uitvoering van het boek is zoals we van deze serie gewend zijn, voortreffelijk. Het boek mag in geen enkel laboratorium of service-inrichting ontbreken.

F. M.

Praktische handleiding voor de toepassing van electronenbuizen in l.f.versterkers, samengesteld en bewerkt door E. Rodenhuis. Uitgave Meulenhoff en Co N.V., Amsterdam 1953. 118 blz., 14½ x 21, f 2.50.

Dit boekje is geschreven voor hen, die uit liefhebberij of uit zakelijke overwegingen het bouwen van l.f.versterkers ter hand nemen, zonder dieper op de theorie van de versterkerbouw in te willen gaan. Het is dan ook bij uitstek praktisch ingesteld.

Men vindt een serie van 8 versterkers, variërend van 3—100 Watt, volledig uitgewerkt met meetgegevens en karakteristieken. Voorts een keur van gegevens over de in de versterkerbouw toegepaste schakelingen, buizen en onderdelen.

De grootste verdienste van dit werkje is, dat men de uitgewerkte ontwerpen onderling kan vergelijken, waardoor het bouwen van een versterker geheel naar eigen inzicht en smaak stellig gestimuleerd zal worden.

H. B.

DE NIEUWE FREQUENTIE-INDELING VAN DE MIDDENGOLFBAND 1650—2850 kp/s

Door de conferenties van Genève in 1949 en Genève in 1951 werd o.m. een nieuwe indeling van de middengolfband 1650—2850 kp/s voor Region 1 (Europa en Afrika) opgesteld.

De nieuwe frequentielijst, waarin opgenomen de aan in Region 1 liggende landen toegewezen frequenties, werd door de I.T.U. gepubliceerd als bijlage 2 van de internationale radio-overeenkomst Genève 1951.

Ook wat Nederland betreft gaan de nieuwe frequenties voor het scheeps-telefonieverkeer binnen genoemde band op 1 Mei a.s. in.

Nadere gegevens hieromtrent zijn te vinden in Mededelingen No. 1 t/m 4 gepubliceerd door het Hoofd van de Dienst Kust en Scheepsradio te Den Haag. Hieronder geven wij eerst de algemene indeling van deze band, voor zover het de frequenties ten behoeve van het scheepsverkeer betreft; daarna volgen de aan Nederland ten behoeve van het scheeps-telefonieverkeer in deze band toegewezen frequenties.

Algemene indeling van de telefonieband (alleen geldende voor Region 1)

1605—1625 kp/s	Uitsluitend telegrafie
1625—1670	„ Telefonie met gering vermogen (kustwacht e.d.)
1670—1950	„ Kuststations
1950—2045	„ Werkfrequenties schepen naar kuststations
2065—2170	„ Idem
2170—2194	„ Band ter bescherming van de noodfrequentie 2182 kp/s
2194—2440	„ Schepen onderling
2440—2578	„ Werkfrequenties schepen naar kuststations
2578—2850	„ Kuststations

Aan Nederland toegewezen zendfrequenties voor het openbare scheeps-telefonie verkeer

Kuststations: Scheveningen Radio: 1764, 1890, 2600, 2824, 3673, 3687 kp/s

Dokkum (geprojecteerd): 1862 kp/s

Vlissingen (geprojecteerd): 1939 kp/s

Internationale nood en oproepfrequentie: 2182 kp/s (ook geldende in Regions II en III)

Scheepsfrequenties voor visserij-schepen:

Voor verbinding met Scheveningen Radio: 2030 en 1995 kp/s

Voor onderling verkeer: 2331, 2406, 2201 en 2316 kp/s

Scheepsfrequenties voor alle overige schepen:

Voor verbinding met Scheveningen Radio: 2520, 2030, 1995, 2513, 3191 en 1974 kp/s

Voor verbinding met buitenlandse kuststations: 2160 kp/s

Voor onderling verkeer: 2366 en 2391 kp/s

Hoewel bovengenoemde frequenties ten gevolge van de grote vraag en de geringe beschikbare band alle meer of minder gemeenschappelijk met andere landen gebruikt moeten worden, kan toch een verbetering in de bestaande toestand verwacht worden.

De aandacht wordt er op gevestigd dat de thans in Region 1 in gebruik zijnde internationale nood en roepfrequentie 1650 kp/s met ingang van 1 Mei a.s. vervalt.

DE I.C.A.O. CONFERENTIE TE MONTREAL 1953

In Februari en Maart van dit jaar wordt te Montreal de „First I.C.A.O. Air Navigation Conference” gehouden. Het doel van deze conferentie, uitgaande van de „International Civil Air Organisation” is het vinden van een oplossing voor verschillende internationale luchtvaartnavigatieproblemen.

Tot dusver vergaderden verschillende gespecialiseerde afdelingen van de I.C.A.O., zoals „Communicatie”, „Luchtverkeersregeling”, „Meteorologie”, en „Operations” elk afzonderlijk, doch thans vergaderen specialisten op deze vier gebieden gezamenlijk.

Op de agenda komen o.m. de volgende punten voor:

1. Coördinatie tussen visuele en niet-visuele hulpmiddelen voor de nadering en landing van vliegtuigen.
2. Ontwikkeling van radarprocedures voor gebruik op de luchtvaartroutes, tijdens de nadering van luchtvaarterreinen, en bij de landing.
3. Ontwikkeling en planning van de rondzoekradarinstallaties en daarmee samenhangende installaties voor secundaire radar, in het bijzonder met het oog op de luchtverkeersregeling.
4. Ontwikkeling van methoden voor nauwkeurige meting van het zicht en de wolkenhoogte op de landingsbaan, en in de aanvliegkoers.

De Nederlandse delegatie is als volgt samengesteld:

Rijksluchtvaartdienst: O. J. Selis (Hoofd van de delegatie); H. E. Moehart;
 F. H. van Weydom Chaterbos.
 K.N.M.I.: Drs C. G. C. Schütte.
 K.L.M.: J. J. Bak.

Een korte samenvatting van de resultaten van deze conferentie zal in een der volgende nummers verschijnen.

DE PLENIPOTENTIAIRE CONFERENTIE

van de Intern. Vereniging voor de Verreberichtgeving te Buenos Aires.

Deze Conferentie, welke tot doel had het Internationale Verdrag betreffende de Verreberichtgeving te herzien, werd van 3 October tot 22 December 1952 te Buenos Aires gehouden.

De Nederlandse Delegatie naar deze Conferentie stond onder leiding van de heer Ir J. D. H. van der Toorn, plaatsvervangend Directeur Generaal van de Nederlandse PTT dienst. Als leden waren in de delegatie opgenomen de heren R. P. van Dijk en T. Perry, beiden Inspecteur der PTT, de heer H. J. Schippers, Hoofdambtenaar der PTT, de heer M. W. Kerkhof, Referendaris der PTT, en de heer Mr R. M. Neuerberg, Gezantschapsraad bij H.M. Gezantschap in Buenos Aires.

Van de 89 landen, die lid zijn van de Vereniging, waren slechts Birma, Ecuador, Honduras, Liberië, Panama, Zuid-Rhodesia en de Britse koloniën afwezig.

De Conferentie had in totaal 736 voorstellen te behandelen, waarvan vele ingrijpende wijzigingen in de structuur van de Vereniging op het oog hadden, zowel in voorwaartse- als in achterwaartse richting. De Conferentie was als gevolg hiervan spoedig in twee kampen verdeeld, waartussen zich een groep ontwikkelde van voorstanders van de status quo, welke groep uiteindelijk als overwinnaar uit de strijd te voorschijn is gekomen. Het Buenos Aires Verdrag wijkt dan ook niet belangrijk af van het Atlantic City Verdrag van 1947. Het zal op 1 Januari 1954 in werking treden.

Ofschoon op deze Conferentie geen technische onderwerpen aan de orde kwamen, werden er wel aangelegenheden besproken, die b.v. op het frequentiegebruik door radiodiensten van grote invloed zijn. Het waren de landen van het Sovjet-bloc, die voor het frequentiegebruik wilden terugkeren naar de regelen, die onder het Verdrag van Madrid (1932) en het Algemeen Radio Reglement van Caïro (1938) van toepassing waren, waarbij zij zich beriepen op het bepaalde bij Artikel 47 van het Radio Reglement van Atlantic City (1947).

In genoemd artikel is namelijk bepaald, dat het notificeren en registreren van frequenties nog volgens de Caïro-bepalingen zal plaatsvinden, zolang de nieuwe Internationale Frequentie Lijst geen werkelijkheid is geworden. Voor de samenstelling van deze Lijst, welke uiteraard op de belangrijk van de Caïro Frequentie Toewijzingstabel afwijkende Atlantic City Tabel zou worden gebaseerd, zijn sedert 1947 voor de verschillende diensten (Scheepvaart, Luchtvaart, Omroep, enz.) vele conferenties gehouden, die slechts gedeeltelijk resultaat hebben opgeleverd.

Door het ontbreken van de wil tot samenwerking als gevolg van de internationale spanningen is het voor de vaste diensten en de omroepdiensten niet gelukt een aanvaardbare Internationale Frequentie Lijst samen te stellen.

Teneinde uit de impasse te geraken werd in 1951 onder voorzitterschap van de heer Ir J. D. H. van der Toorn te Genève de Buitengewone Administratieve Radio Conferentie bijeen geroepen, welke na moeizaam onderhandelen ondanks de voortdurende tegenwerking van de landen van het Sovjet-bloc erin slaagde overeenstemming te bereiken met betrekking tot een interim regeling, welke door onderlinge samenwerking en met de hulp van het Internationaal Frequentie Bureau voor het spectrum tussen 14 en 27.500 kc/s uiteindelijk naar een voor alle diensten geldende, nieuwe Internationale Frequentie Lijst moet leiden.

De Russen hebben nu in Buenos Aires getracht de resultaten van de Genève Conferentie onwettig te doen verklaren op basis van de bepalingen in het Verdrag en het Radio Reglement van Atlantic City, aldus nogmaals een poging wagende om naar de Madrid en Caïro procedure terug te keren, en dus voort te bouwen op de oude Bern Frequentie Lijst, waarin zij ten opzichte van andere landen een bevoorrechte positie innemen. Ook stelden zij voor het in 1947 ingestelde Internationaal Frequentie Registratie Bureau op te heffen, omdat dit Bureau thans buiten de Atlantic City bepalingen vallende werkzaamheden verricht, en zijn feitelijke taak eerst kan opnemen, zodra een nieuwe Internationale Frequentie Lijst in werking treedt. De Russische voorstellen konden alleen steun vinden bij hun satellieten. Alle andere landen stelden zich met groot vertrouwen achter de in Genève gesloten overeenkomst en bleven de wettigheid daarvan volkomen erkennen. Het resultaat was dan ook, dat, om voor de toekomst elk debat over de wettigheid te vermijden, in een resolutie werd vastgelegd, dat, indien er op sommige punten strijdigheid zou blijken te bestaan tussen de Genève Overeenkomst en het Atlantic City Radio Reglement, de Genève Overeenkomst zal prevaleren boven het Radio Reglement. Bovendien werd de taakomschrijving van het Bureau in het Verdrag zodanig aangevuld, dat zij met de nieuwe situatie in overeenstemming is.

Deze beslissingen waren voor de landen van het Sovjet-bloc aanleiding om bij de ondertekening van het nieuwe Verdrag de reserve te maken, dat zij het een open kwestie laten of zij de bepalingen in het Verdrag met betrekking tot het Internationaal Frequentie Registratie Bureau en de bepalingen in het Radio Reglement al dan niet zullen aanvaarden.

Deze reserve kan na de scherpe kritiek, die door de Sovjet groep te Genève en Buenos Aires is geuit, worden opgevat ingegeven te zijn door de wens om de problemen niet op de spits te drijven. Indien zij inderdaad niet van plan zouden zijn op dit gebied met de andere landen samen te werken, dan zouden zij na al wat gezegd is geworden, zeker niet geschroomd hebben zulks in positieve bewoordingen vast te leggen. Nu zij het al of niet toepassen van de betreffende bepalingen „open” houden, mag er gegronde hoop worden gekoesterd, dat zij in de praktijk een minder afwijzende houding zullen aannemen.

H. J. S.

Uit het Nederlands Radiogenootschap



BIJ HET AFSCHEID VAN

Ir TH. J. WEIJERS ALS VOORZITTER VAN DE EXAMENCOMMISSIE VAN HET N.R.G.

Ir Th. J. Weijers heeft met ingang van 1 Januari 1953 zijn taak als voorzitter van de examencommissie van het N.R.G. neergelegd. Het besluit hiertoe heeft hij gemeend te moeten nemen in verband met zijn plannen om zelf een actieve rol in het radio-onderwijs te gaan vervullen.

Toen de examens voor radiotechnicus en radiomonteur in 1937 voor het eerst onder auspiciën van het N.R.G. werden afgenomen, heeft het bestuur wel een gelukkige keuze gedaan door het voorzitterschap van de examencommissie in handen te leggen van de heer Weijers. Weijers heeft deze taak met liefde en toewijding vervuld en zijn werk heeft voor de radiowereld in Nederland rijke vruchten afgeworpen. Het aantal monteurs en technici, dat per jaar een N.R.G.-diploma behaalde, liep in de loop der jaren op van 53 in het jaar 1937 tot ongeveer 280 in 1952. De vraag naar goed onderlegde radiotechnische krachten was vooral na de oorlog zeer gestegen, terwijl de snelle ontwikkeling van deze tak der techniek ten gevolge had dat hogere eisen gesteld dienden te worden aan de opleiding der technici. Het peil van het examen moest geleidelijk worden opgevoerd, terwijl tevens het aantal examinatoren diende te worden uitgebreid. De voorzitter heeft dit aanpassingsprobleem op de juiste wijze opgelost, enerzijds door zijn opvoedende invloed op de examinatoren en een nauwlettend toezicht op zijn werk, anderzijds door zelf steeds een groot aandeel te nemen in de niet te onderschatten taak van het samenstellen van de schriftelijke opgaven. Zijn warme belangstelling voor de kandidaten en zijn paedagogische talenten zijn evenmin vreemd geweest aan het welslagen van zijn werk. In de 15 jaren, die Weijers op de bres heeft gestaan om het aanzien van het N.R.G.-diploma hoog te houden, werd hij steeds terzijde gestaan door de nimmer ontbrekende secretaris-penningmeester, de heer Slikkerveer, met wien de samenwerking nooit iets te wensen heeft overgelaten. Beiden mogen dan ook met trots terugzien op een periode waarin een voorbeeldige organisatie werd opgebouwd.

Een band van vriendschap tussen Weijers en vele leden der examencommissie is in de loop der jaren zo hecht geworden, dat deze, naar ik vertrouw, ook na zijn aftreden zal blijven bestaan.

Namens het Radiogenootschap past op deze plaats een woord van oprechte dank aan de scheidende voorzitter voor het vele en goede werk, dat hij heeft verricht, niet alleen in het belang van de N.R.G.-examens, maar bovendien voor diverse andere vormen van radiotechnisch onderwijs in Nederland.

P. H. BOUKEMA

PERSONALIA



TOEKENNING VAN DE „VALDEMAR POULSEN GOUDEN MEDAILLE” AAN PROF. Dr BALTH. VAN DER POL

Het jongste orgaan van het „Journal des Télécommunications”, het orgaan van de U.I.T., maakt melding van de uitreiking der Valdemar Poulsen Medaille op 20 Januari j.l. aan Prof. Dr B. van der Pol.

Deze gouden medaille, ingesteld door de Deense Academie van Technische Wetenschappen, teneinde de herinnering aan Valdemar Poulsen, de grote Deense pionier in de eerste dagen der lange afstand verbindingen op lange golven, levendig te houden, wordt toegekend aan onderzoekers, die zeer belangrijke bijdragen tot de ontwikkeling der radiotechniek leverden.

Tot op heden ontvingen, behalve Poulsen, Sir Robert Watson-Watt, Dr E. F. W. Alexanderson, Sir Edward Appleton en thans Prof. van der Pol deze bijzondere onderscheiding.

Poulsen is het meest bekend geworden door belangrijke verbeteringen, door hem aangebracht in de z.g. „boogzenders” (o.m. het toepassen van een krachtig magnetisch veld teneinde de in waterstof brandende boog periodiek te doven) en waardoor in feite het ontwikkelen van zeer grote vermogens (tot 1000 kW) op lange golven mogelijk werd. Van minder bekendheid is een gevoelige ontvangdetector (z.g. „tikker”), eveneens van Poulsen afkomstig.

De overhandiging van de medaille werd verricht door Mr N. E. Holmblad, voorzitter van de electrot. sectie van de Academie. Mr Holmblad schetste de bijzondere verdiensten van Van der Pol in de verschillende takken van de radiowetenschap; wetenschappelijk werk op het gebied van de opwekking van electromagnetische trillingen in buizen, van voortplanting van e.m. golven, modulatiesystemen (frequentiemodulatie), en specifiek theoretische onderzoeken over operatoren rekening, Laplace integraal, niet-lineaire verschijnselen en getallenleer.

Tenslotte stelde Mr Holmblad het belangrijke werk van Van der Pol in de internationale sfeer in het licht, waarvan de waardering de uitdrukking vond in de benoeming van Prof. van der Pol tot Directeur der C.C.I.R.

In zijn antwoord gewaagde Prof. van der Pol van de persoonlijke vriendschap, welke hem bond met Poulsen en bracht in herinnering de voor ons land be-

langrijke toepassing van de Poulsen boogzender bij de langegolfverbinding tussen Bandoeng en Amsterdam na de 1ste wereldoorlog en waaraan eveneens de naam van wijlen Dr de Groot is verbonden. In dit verband memoreerde hij de ontvangst proeven van wijlen Einthoven in deze zelfde periode, die de snaargalvanometer van Einthoven sr toepaste. Voor de ouderen onder ons zijn dit alle vertrouwde klanken en evenzo vele herinneringen.

Als een belangrijke en zeer verbreide toepassing van een oorspronkelijke gedachte van Poulsen, getuigenis afleggende van de vruchtbare geest van deze onderzoeker, noemde Prof. van der Pol de magnetische bandrecorder.

Met betrekking tot zijn belangrijk werk op het gebied der propagatie, bracht Prof. van der Pol in het bijzonder de belangrijke medewerking van Dr Niessen en Dr Bremmer naar voren, theoretische onderzoekingen, die tevens aspecten openden op andere gebieden der physica (regenboog theorie).

Tenslotte werd nog gewezen op het grote belang van internationale samenwerking, die b.v. t.a.v. propagatieproblemen leidde tot het opstellen van propagatiecurven voor verschillende frequenties en bodemeigenschappen door de C.C.I.R.

Bestuur en leden van het Nederl. Radiogenootschap stellen er prijs op hun Ere-lid ter gelegenheid van deze onderscheiding de zeer hartelijke gelukwensen aan te bieden.

HET RESULTAAT VAN DE ENQUETE

Aan alle leden werd ongeveer half Maart een circulaire gezonden waarvan de inhoud hieronder nogmaals wordt afgedrukt.

Van de ca 300 leden, welke het Genootschap thans telt, zonden er 87 hun antwoord in op de door de redactie uitgeschreven enquête. Een overzicht van de uitslag van de enquête is te verkrijgen uit het bijgaand nogmaals afgedrukte enquête-formulier, waarin zoveel mogelijk bij iedere vraag de antwoorden en het aantal leden dat het antwoord gaf, zijn weergegeven.

De verscheidenheid van formuleringen van de antwoorden was vrijwel even groot als het aantal binnengekomen antwoorden. De thans gekozen terminologie benadert zoveel mogelijk het gemiddelde oordeel dat de beoordelaars ten beste gaven.

De suggesties n.a.v. de vragen 2, 5 en 7 zijn zoveel mogelijk opgesomd onder vraag 7, daar gelijksoortige suggesties door verschillende leden dikwijls onder verschillende vragen waren ingediend. Over het algemeen zijn slechts die suggesties opgenomen, welke door meer dan één lid werden ingediend; uitzondering werd gemaakt voor door een enkel lid ingediende voorstellen, welke de redactie van meer dan middelmatig belang achtte.

ENQUETEFORMULIER.

1. *Hoe is in het algemeen Uw oordeel over:*
 - a. *de Hoofdartikelen.* 61: goed, 10: geen oordeel, 5: te theoretisch, 5: matig, 2: te lang, 1: te kort, 1. te speciaal, 1: wenst meer origineel en 1: te weinig theoretisch.
 - b. *de rubriek „Octrooien”.* 56: moet verdwijnen, 19: aanhouden (w.o. 4 voor verbeteren), 12: geen oordeel.
 - c. *de rubriek „Ontvangen Tijdschriften”.* 60: moet verdwijnen, 13: aanhouden, 14: geen oordeel.
 - d. *de rubriek „Boekbesprekingen”.* 64: goed (w.o. verschillende leden suggereerden: betere boeken), 6: verdwijnen, 17: geen oordeel.
 - e. *de rubriek „Personalia”.* 61: goed, 5: verdwijnen, 21: geen oordeel.
2. *Heeft U suggesties omtrent eventuele verbetering van de onder 1 genoemde rubrieken? zie onder 7.*
3. *Stelt U er prijs op om naast verslagen van gehouden voordrachten ook opgenomen te zien:*
 - a. *originele wetenschappelijke bijdragen, onafhankelijk van gehouden voordrachten?* 67: wel, 6: niet, 9: geen oordeel.
 - b. *behandeling van bepaalde onderwerpen naar aanleiding van publicaties in andere periodieken?* 51: wel, 25: niet, 11: geen oordeel.
 - c. *korte artikelen betreffende nieuwe ontwikkelingen?* 68: wel, 12: niet, 7: geen oordeel.

- d. discussies over hetgeen in het tijdschrift gepubliceerd wordt? 40: wel, 34: niet, 13: geen oordeel.
4. Bent U bereid om aan de onder (3) genoemde punten Uw daadwerkelijke medewerking te verlenen? 59: wel, 15: niet, 13: geen antwoord.
5. Bent U van mening dat het gewenst is andere rubrieken te openen? Zo ja, welke, in welke vorm? zie onder 7.
6. Hoe vindt U de uitvoering van het blad? 67: goed, redelijk, netjes, voldoende, 3: groter formaat, 3: letter niet prettig, 3: uniformiteit beter verzorgen (o.a. bij cursieve letters), 11: geen oordeel.
7. Heeft U verdere suggesties?
- Voor de vragen 2, 5 en 7 werden er door 57 leden positieve suggesties gedaan; hieronder waren er:
- 13 voor uitgave van het blad in de Engelse taal (één lid was hier uitgesproken tegen).
- 12 leden wensen meer nieuwe ontwikkelingen en producten besproken te zien. Genoemd worden: magnetische versterkers, transitrons, ruis, pulsmodulatie, T.V., acoustiek, geheugenschakelingen, enz. Een groot deel van deze suggesties werd onder vraag 5 ingediend. Naar het oordeel van de redactie hebben deze onderwerpen echter vnl. verband met 3c of met vraag 1.
- 5 leden zijn van mening, dat de artikelen over het algemeen duidelijker gesteld dienen te worden. De taalbeheersing laat veel te wensen over; hierin wordt een taak voor de redactie gezien.
- 4 leden vinden dat de hoofdartikelen een breder gebied dienen te beslaan. Genoemd worden: Technisch-sociologisch gebied, efficiency, invloed van de techniek op de samenleving, onderwijs, productie methoden, reisverslagen, tolerantie en wat daarmee samenhangt, statistiek.
- 2 leden wensen de artikelen vóór de lezing te doen drukken, zoals dat bij het Inst. of Electr. Engineers het geval is.
- 2 leden wensen meer advertenties (wij ook! Red.)
- 2 leden wensen een nieuwe rubriek: „Brieven aan de Redactie”.
- 1 lid is niet overtuigd van het nut van het blad.
- 1 lid wenst maand en jaartal op iedere pag. i.v.m. te vervaardigen fotocopieën.
- 1 lid wenst U.D.C. nrs boven aan ieder artikel.
- 1 lid wenst in een voetnoot vermeld te zien aan welke instelling de auteur(s) verbonden is (zijn).

Opmerking: Bij de beantwoording van vraag 5 verklaren 20 leden zich tegen uitbreiding van het aantal rubrieken.

Mede naar aanleiding van de enquête heeft de redactie aan het bestuur voorgesteld om de hieronder genoemde richtlijnen aan onze leden voor te leggen. Het bestuur heeft zich hiermede accoord verklaard. Op de a.s. algemene ledenvergadering zal de leden de gelegenheid worden geboden om hierover van gedachten te wisselen.

Richtlijnen voor de redactie.

1. De inhoud van het blad moet actueler, levendiger en leesbaarder worden.
2. De rubriek „Octrooien” moet verdwijnen.
3. De rubriek „Ontvangen tijdschriften” dient te verdwijnen. Eenmaal per jaar wordt een lijst van tijdschriften, welke aan de leden kunnen worden uitgeleend, gepubliceerd.
4. De rubriek „Personalialia” dient gehandhaafd te blijven.
5. De rubriek „Boekbesprekingen” te verbeteren door meer belangrijke boeken te bespreken.
6. Indien hiervoor kopij verkregen kan worden, naast verslagen van gehouden voordrachten ook op te nemen:
 - a) originele bijdragen, onafhankelijk van gehouden voordrachten, eventueel bewerkingen door auteurs van elders gepubliceerde studies.
 - b) behandeling — eventueel een overzicht — van bepaalde onderwerpen naar aanleiding van publicaties in andere tijdschriften.
 - c) korte mededelingen betreffende nieuwe ontwikkelingen.
7. In het algemeen geen discussies op te nemen, doch deze in het desbetreffende artikel te verwerken.

8. De uitvoering van het blad te moderniseren, een andere omslag wordt noodzakelijk geacht.
9. De consequenties van het publiceren van de artikelen in de Engelse taal nader te onderzoeken. Inmiddels de auteurs aan te moedigen in het Engels te publiceren indien zij over eigen goede vertaalmogelijkheden beschikken.
10. Meer aandacht te besteden aan de duidelijkheid van de artikelen.

Namens het Bestuur
Ir. H. T. HYLKEMA
Hoofdredacteur.

EXAMENS RADIOTECHNICUS EN RADIOMONTEUR

Zoals gebruikelijk zullen ook dit jaar weer in het voorjaar door het N.R.G. examens voor het diploma *Radiotechnicus* en *Radiomonteur* worden afgenomen. Het schriftelijke gedeelte van dit examen vindt in April a.s. plaats.

JAARVERSLAG OVER 1952

De eerste bijeenkomst, de *104e zitting*, werd gehouden op 12 Februari te Utrecht. Sprekers waren dr Ir L. Kosten en Ir F. H. Stieltjes voor ca 100 toehoorders.

De *105e zitting*, gehouden op 31 Maart te Delft, was tevens Algemene Jaarvergadering. In het wetenschappelijk deel spraken Ir C. B. Broersma, Ir E. Goldbhom, Ir J. Verstraten en Ir J. H. Grosjean voor ongeveer 80 toehoorders.

De *106e zitting* werd in Eindhoven gehouden op 25 April. Sprekers waren Ir H. de Lange Dzn en Ir L. Blok. Deelname 50 leden.

Vervolgens werd op 21 Mei een *Ruissymposium* gehouden in samenwerking met de sectie Telecommunicatie-techniek van het K.I.v.I., waar na een inleiding van de voorzitter, prof. Ir J. L. van Soest, 5 sprekers optraden. prof. H. B. G. Casimir, Ir S. Gratama, dr F. L. Stumpers, Ir J. L. Bordewijk en dr G. Diemer.

Deze bijeenkomst werd door 160 leden en introducés bijgewoond.

Op 12 September trad in Den Haag een buitenlands spreker op: *dr F. Lüdi* van Brown Boveri in Zwitserland. Ondanks overhaaste aankondiging bedroeg het aantal toehoorders 60.

Voor het N.R.G. en de sectie Telecommunicatie-techniek sprak op 14 October eveneens in Den Haag een Amerikaanse gast, *dr G. Raisbeck* van Bell Laboratories. Deze voordracht, die over transistors handelde, werd door 100 deelnemers aangehoord.

Op de *107e zitting*, in Den Haag op 17 October, spraken de heer H. W. F. van 't Groenewout en dr V. Belevitch uit Antwerpen. Het aantal deelnemers bedroeg 70.

De *108e zitting*, de laatste bijeenkomst van dit jaar, werd op 19 December gehouden in Amsterdam (N.L.L.) en Schiphol.

De ochtend was gevuld met twee voordrachten van dr Ir A. van Weel en de heer O. J. Selis; de middag was gewijd aan een demonstratie op Schiphol van installaties der Rijksluchtvaartdienst. Aantal deelnemers 65.

Het bestuur vergaderde dit jaar twee maal.

Vereniging en bestuur betreurden in de maand Januari het verlies van het oudste bestuurslid en mede-oprichter van het genootschap, de heer Wesselius Oncken. Zijn taak als hoofdredacteur werd hierna overgenomen door de heer Hylkema. Overigens werden de 3 periodiek aftredende bestuursleden op de Algemene Jaarvergadering overeenkomstig het bestuursvoorstel voor een 2-jaarlijkse periode herkozen.

Aan prof. Tellegen werd bij besluit van deze zelfde vergadering het ere-lidmaatschap aangeboden, hetgeen deze aanvaardde.

Dit jaar werd weer een congres van de U.R.S.I. gehouden, ditmaal in Australië. 5 Nederlanders namen deel, terwijl enige mededelingen werden aangeboden. Een aanbod om het volgend congres, in 1954, in Nederland te houden, werd aanvaard.

Organisatie en afwerking van de examens liet niets te wensen over. Nog

steeds zijn de te verwerken aantallen groot; van de in totaal 710 kandidaten slaagden er 130 (38%) voor radiotechnicus en 150 (40%) voor radiomonteur.

Relatief gezien zijn de resultaten, hoewel iets beter dan in voorafgaande jaren, nog onbevredigend in de ogen van het bestuur en de examencommissie. Dit leidde reeds eerder tot het besluit om in de toekomst aan toelating tot beide examens de eis te verbinden van het bezit van een passend diploma van vooropleiding. In het voorjaar van 1952 werd bekend gemaakt, dat deze toelatingseis voor het eerst van kracht zal worden voor het radiomonteursexamen in het najaar van 1954 en voor het radiotechnicusexamen in het najaar van 1955.

Aan het eind van dit jaar bood de voorzitter van de examencommissie, de heer Weijers, zijn ontslag aan in verband met zijn plannen, binnenkort zelf een actieve rol in het radio-vakonderwijs te gaan spelen. Het werd door het bestuur aanvaard, al besepte het dat hierdoor de examencommissie een ernstig verlies lijdt.

Het tijdschrift verscheen regelmatig en bevatte, behalve verslagen van gehouden bijeenkomsten, bijdragen van J. P. Schouten en De Hoop en Van Dijl en Van Sabben.

Tegen de verontrustend hoge drukkosten werd dit jaar een groeiend tegenwicht gevonden in de opbrengst van advertenties.

Na uitgebreide discussies op de Algemene Jaarvergadering over vorm en inhoud van het tijdschrift werd een enquête onder de leden gehouden, die suggesties opleverde waarmede in de toekomst rekening zal worden gehouden.

In het contact met zusterverenigingen valt dit jaar een nieuw element te bespeuren. Op initiatief van onze Belgische collega's, verenigd in de SITEL, heeft een uitwisseling van sprekers plaats gehad. Dr Belevitch, lid van de Belgische vereniging, hield hier een voordracht, die reeds werd vermeld; ons lid Dr v. d. Wijck sprak in de herfst in Brussel over telegrafie-ontvangers voor het wereldverkeer.

In ons land beperkte het contact met andere verenigingen zich tot de gemeenschappelijke bijeenkomsten met de sectie Telecommunicatietechniek van het K.I.v.I. Deze samenwerking bleek doelmatig en zal bij passende gelegenheden in de toekomst worden herhaald.

Het overleg over onderlinge aanpassing der radiomonteursexamens met de V.E.V. werd voortgezet, waarbij het stadium is bereikt, dat op gelijk niveau afgestemde examenopgaven worden opgesteld.

Het ledental steeg van 295 tot 321.

De secretaris.

UIT HET VERSLAG VAN DE PENNINGMEESTER OVER 1952

ONTVANGSTEN EN UITGAVEN

Ontvangsten.

Contributies	f 3064,93
Donaties	f 2125,—
Opbrengst coupons	f 159,—
Examen commissie	f 385,50
Wera Fonds	f 150,—
Bijdragen lunch	f 159,25
A'damsche Bank	f 145,—
K.I.v.I.	f 16,94
Afdrukken Symposium	f 85,—
Diversen	f 29,54
Nadelig saldo	f 199,93

Uitgaven.

Tijdschrift	f 3040,34
Onk. Bestuur	f 210,79
Onk. Sprekers	f 107,15
Onk. Red. Commissie	f 217,35
Zaalhuur	f 42,50
Administratie	f 148,75
Klein drukwerk	f 360,50
Kosten Opl. V.E.V.	f 25,—
Erk. Opl. N.R.G.	f 26,90
Examen Commissie	f 272,95
Kosten Symposium	f 198,75
Bankkosten	f 5,12
Safe-huur	f 6,—
Diversen	f 232,01

f 4894,11

Nog te betalen rek. tijdschrift f 1625,98

f 6520,09

f 6520,09

BALANS PER 31 DECEMBER 1952

Debet.		Credit.	
Saldo girorekening	f 1218,51	Kapitaal U.R.S.I.	f 2452,49
Effecten (koers 31-12-52)	f 4957,25	Kapitaal N.R.G.	f 2104,77
Saldo A'damsche Bank . . .	f 7,48		
P.M. Instrumenten	f —,—	<i>Nog te betalen:</i>	
P.M. oude tijdschriften . .	f —,—	Rekening tijdschrift . . .	f 1625,98
	<hr/>		<hr/>
	f 6183,24		f 6183,24

BEGROTING VOOR 1953

Inkomsten.		Uitgaven.	
Contributies	f 4400,—	Tijdschrift	f 4800,—
Donaties	f 2100,—	Onk. Bestuur	f 400,—
Opbrengst coupons	f 150,—	Onk. Sprekers	f 75,—
		Onk. Buitenl. sprekers . .	f 250,—
		Onk. Red. Commissie . . .	f 150,—
		Zaalhuur	f 100,—
		Administratie	f 175,—
		Klein drukwerk	f 300,—
		Kosten Opl. V.E.V. . . .	f 25,—
		Verbetering Tijdschr. . .	f 375,—
	<hr/>		<hr/>
	f 6650,—		f 6650,—

NIEUWE LEDEN

Ir J. F. Brouwer, Berlagelaan 125, Hilversum.
 F. Doornbos, Kootwijk Radio 5, post Apeldoorn.
 J. A. G. van Everdingen, Mesdagstraat 45, Den Haag.
 Ir H. van Lambalgen, Berlagelaan 123, Hilversum.
 L. J. W. van Loon, Tweemolentjesvaart 26, Delft.
 Ir C. C. M. van Oerle, Bosscheweg 38, Boxtel.
 M. C. Schol, Insulindeweg 11, Delft.
 Ir J. W. Scholten, Torenlaan 26, Hilversum.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

J. H. den Bremer, Carel Vosmaerstraat 58, Voorburg.
 A. J. W. Duyvesteijn, Beethovenstraat 56B, Amsterdam (Z).
 Ir J. W. Madsen, Nic. Maesstraat 56, Amsterdam (Z).
 Ir P. H. Max, Toorenveltstraat 12, Oegstgeest.
 Ir C. C. M. van Oerle, J. M. Coenenstraat 352, A'dam (Z).
 Ir P. de Waard, Burg Wouterslaan 8, Monster.

LEDEN WAARVAN HET ADRES DE REDACTIE NIET BEKEND IS

oud adres:

Ir W. K. Hofker, Oude Amersfoortseweg 118, Hilversum.
 Ir P. D. van der Knaap, Hertesprieg 6, Eindhoven.
 Ir J. M. G. Seppen, Stieltjeslaan 25, Hilversum.
 Ir M. Staal, Woolder-esweg 29, Hengelo.

Indien aan een van onze lezers het nieuwe adres van bovenstaande leden bekend is verzoeken wij U dit aan de redactie te willen opgeven. Bij voorbaat dank.

BIBLIOTHEEK VAN HET NEDERLANDS RADIOGENOOTSCHAP

In het vervolg zal de lijst van ingekomen tijdschriften niet meer in ieder nummer worden opgenomen. Eenmaal per jaar zal een lijst van tijdschriften worden gepubliceerd welke het N.R.G. ontvangt. Deze tijdschriften kunnen aan leden ter inzage worden verstrekt. Men kan aanvragen richten aan de Secretaris van het N.R.G.

VERGADERING GELUIDSTICHTING EN SECTIE TELECOMMUNICATIE K.I.I.

Gecombineerde Wetenschappelijke Vergadering op *Donderdag 16 April 1953* in het Studiogebouw van de N.C.R.V., Schuttersweg te Hilversum. *Aanvang 10.30 uur.* (Te voet \pm 40 min. van Station of Bus B richting Vaartweg, vertrek Station 10.07 uur).

Onderwerp: Microfonen

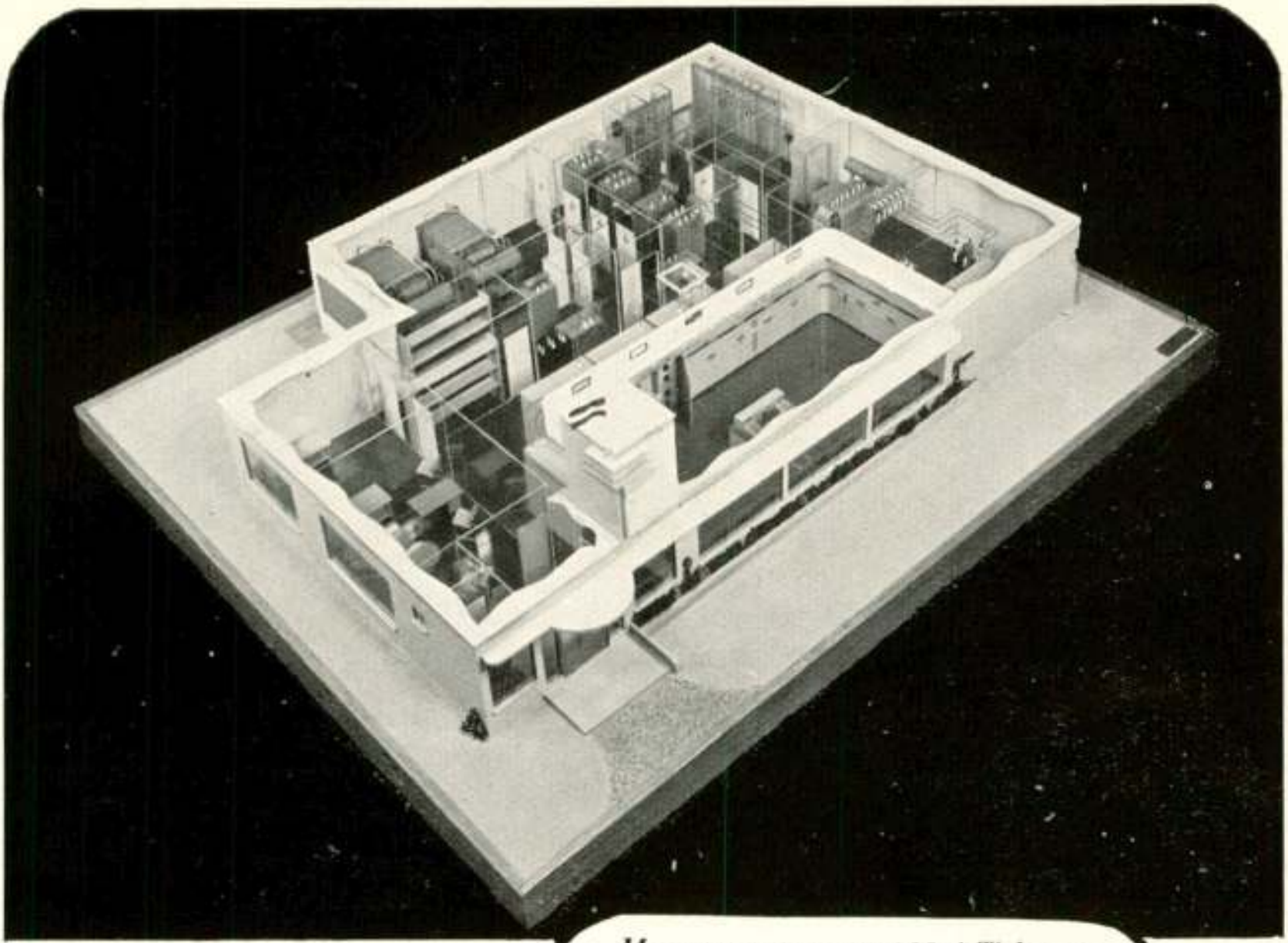
- AGENDA: 10.30 Opening
 10.45 Algemene Inleiding over microfonen door Prof. dr ir W. Th. Bähler
 11.30 Voordracht door dr ir H. Mol over:
„Koolmicrofonen voor Telefontie”
 12.30 Lunchpauze
 14.00 Voordracht dr. A. Rademakers over:
„De condensatormicrofoon als meetmicrofoon”
 15.00 Voordracht door dr ir J. J. Geluk over:
„Omroepmicrofonen”
 \pm 16.00 Sluiting.

In verband met de plaatsruimte dient het aantal deelnemers beperkt te blijven tot 80. Aanmelding per briefkaart is derhalve noodzakelijk. Diegenen, die moeten worden afgewezen ontvangen hiervan afzonderlijk bericht. Er bestaat de gelegenheid in het Studiogebouw een eenvoudige koffiemaaltijd te gebruiken (f 2.- p.p.).

Voor diegenen, die hun brood meebrengen is koffie verkrijgbaar.

Voor zover de plaatsruimte dit toelaat kan introductie worden verleend aan Leden van het Nederlands Radiogenootschap en van het Genootschap van Ingenieurs der PTT.

Opgave vóór 10 April a.s. aan de Secretaris-Penningmeester van de Sectie voor Telecommunicatietechniek, Ir G. J. Kamerbeek, Hoefbladlaan 40, Den Haag (L.).



Maquette van een 100 kW kortegolf-omroepzendinginstallatie overeenkomstig de zender voor Radio Vaticana.

Sedert 28 jaar geleden de experimentele zender van de toenmalige N.S.F. het begin van de radio-omroep in ons land aankondigde, heeft de fabriek der N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie v/h N.S.F. omroepzenders gebouwd en naar vele landen van de wereld geleverd.

Tot de laatst uitgevoerde projecten op dit gebied behoren de 40 kW kortegolfzender voor de Nederlandse Wereldomroep te Lopik, een overeenkomstige zender te Lima (Peru) en de 100 kW kortegolf-omroepzender voor het Vaticaan.



N.V. PHILIPS' TELECOMMUNICATIE INDUSTRIE
v/h N.V. NEDERLANDSCHE SEINTOESTELLEN FABRIEK — HILVERSUM

Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap

DEEL XVIII No. 2

MEI 1953

Radionavigatiemiddelen

door A. van Weel *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap op 19 Dec. 1952.

SUMMARY

A survey is given of the principles and properties of the following radio aids to navigation: non directional beacons and radio compass; radio range; instrument landing system (I.L.S.); directional beacons (Consol, V.O.R.); polar systems (V.O.R.-D.M.E.); hyperbolic systems (Loran, Decca).

Samenvatting:

Een overzicht wordt gegeven van de principes en eigenschappen van de volgende navigatiesystemen: ongerichte bakens en radiokompas; radio range; instrument landing system (I.L.S.); gerichte bakens (Consol, V.O.R.); polair navigatiesysteem (V.O.R.-D.M.E.); hyperbolische navigatiesystemen (Loran, Decca).

Inleiding.

Op het gebied van radionavigatiemiddelen bestaat een, bij de eerste indruk, verwarrende hoeveelheid van systemen. Hier dragen drie oorzaken toe bij. In de eerste plaats zijn de eisen van de gebruiker zeer verschillend, al naar mate het een schip of een vliegtuig betreft; of een informatie omtrent positie nodig is „en route”, d.w.z. niet dicht bij zee- of luchthavens of juist in het „naderingsgebied”; of de informatie alleen aan boord van het (lucht)-vaartuig gewenst is, of ook op een ander punt (bijv. de centrale verkeersleiding bij de luchtvaart), etc. Bovendien veranderen deze eisen in de loop der tijd; vooral bij de luchtvaart is dit laatste het geval.

In de tweede plaats is het bepalen van een positie op een

*) Verbonden aan het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven - Nederland.

aantal principiëel verschillende manieren mogelijk, alle met eigen vóór- en nadelen, terwijl de praktische uitvoeringsmogelijkheid in verband met de ontwikkeling van de techniek niet voor alle systemen tegelijk is gekomen.

Ten derde heeft het feit, dat bepaalde landen duidelijke voorkeur hebben voor zelf ontwikkelde systemen ten gevolge gehad, dat niet altijd uitsluitend technische mérites de toepassing bepaald hebben. Voegt men hier dan nog aan toe, dat de eerder genoemde voor- en nadelen dikwijls niet in eenzelfde vlak liggen, zodat onderlinge vergelijking moeilijk wordt, dan heeft men een indruk van de factoren welke de gang van zaken in deze tak van de radiotechniek beïnvloeden.

Een algemene probleemstelling is in verband met het onderpunt één genoemde niet te geven; door echter de behandeling van de verschillende systemen enigszins te rangschikken naar de toepassingen kan het verband tussen probleem en oplossing toch onderkend worden. Eén algemene opmerking is te maken. Bij alle positiebepalingen is de snelheid van positieverandering betrekkelijk gering, zodat de betreffende informatie slechts langzaam variëert. Hieruit volgt dat in principe met smalle frequentiebanden aan de gestelde eisen voldaan moet kunnen worden. Dat er toch impulssystemen bestaan met vrij grote bandbreedte hangt samen met de wens verschillende gelijksoortige signalen van elkaar te kunnen onderscheiden, wat in laatste instantie geduid zou kunnen worden als een tijd-multiplex-systeem voor vele kanalen, waarin de per kanaal beschikbare band dan weer beperkt is.

Wij zullen de verschillende systemen hier indelen naar de volledigheid van de geleverde informatie omtrent de positie van de waarnemer. Dit leidt tot de volgende rangschikking:

- 1e *Ongerichte bakenzenders*, waarop een richtingspeiling mogelijk is met behulp van een *radiokompas*.
- 2e *Koerslijnsystemen*, welke aangeven of de waarnemer zich op een bepaalde koerslijn bevindt, dan wel of hij daar links of rechts van is.
- 3e *Instrument landing system (I.L.S.)*, dat niet alleen een horizontale koerslijn aangeeft, doch tegelijk een koerslijn in de ruimte vastlegt; een en ander met grote nauwkeurigheid.
- 4e *Kruispeilingsystemen op ongerichte bakens*.
- 5e *Gerichte bakens*.
- 6e *Plaatsbepaling op polair coördinatensysteem*.
- 7e *Plaatsbepaling op hyperbolisch coördinatensysteem*.

I *Ongerichte bakenzenders en radiokompas.*

Ongerichte bakenzenders verrichten in de radionavigatie een zelfde taak als vuurtorens bij visuele navigatie. Een ongericht baken zendt naar alle richtingen een zelfde signaal. Ten behoeve van zee- en luchtvaart zijn een groot aantal dergelijke zenders in de middengolfband werkzaam. Door intermitterend bepaalde letters in morse uit te zenden kunnen zij geïdentificeerd worden.

De beperkte beschikbare frequentieband enerzijds en de wens om een zo groot mogelijk aantal bakenzenders te plaatsen anderzijds heeft geleid tot een nauwkeurige indeling van zendfrequenties en zendvermogens; daarnaast bestaat de mogelijkheid om binnen eenzelfde gebied verschillende bakens op gelijke frequenties te laten werken, waarbij ieder baken om beurten uitzendt, tijd-multiplex dus.

De richting van schip of vliegtuig naar het baken wordt bepaald met een *radiokompas*. De werking berust op het gebruik van een raamantenne met acht-vormig richtingsdiagram. Door het raam zo te draaien, dat de zender ontvangen wordt met minimale sterkte, kan men de richting van de zender bepalen; deze valt dan n.l. samen met de loodlijn op het vlak van het raam. De tweeduidigheid van het richtingsdiagram van een raamantenne wordt opgeheven door het raam vervolgens te combineren met een staafantenne, welke combinatie een cardioïdediagram heeft.

Het radiokompas werkt op midden- en lange golven. In de eenvoudige uitvoeringen wordt het raam met de hand in de juiste positie gedraaid. Bij het *automatisch radiokompas* wordt de richting naar de zender op een schaal door een wijzer geïndiceerd, zonder dat enige handbediening nodig is, afgezien uiteraard van de afstemming op de gewenste zenderfrequentie.

De werking van een automatisch radiokompas berust op een combinatie van raam- en staafantenne. Door de spanning, afkomstig van één van deze antennesystemen, periodiek 180° in fase te laten omklappen, wordt het cardioïdevormige richtingsdiagram periodiek 180° gedraaid. Een niet symmetrisch t.o.v. deze omklappende cardioïde binnenkomend signaal wordt door het omklappen in het rythme van de omklapfrequentie in amplitudo gemoduleerd. Een regelsysteem draait het raam nu zodanig, dat de amplitudomodulatie minimaal is. De draaiing van

het raam wordt op een of andere wijze overgebracht naar de wijzer op de schaal.

Het radiokompas geeft de richting naar het bakken t.o.v. het vliegtuig, immers in het vliegtuig wordt de stand van het raam afgelezen. Dit maakt het aanvliegen op een zender („homing”) moeilijk bij zijwind, want als de neus van het toestel op de zender gericht wordt en blijft, beschrijft het toestel geen rechte lijn (fig. 1).



Fig. 1.

Werkelijk gevlogen koers bij „homing” met zijwind.

Om dit te voorkomen past men wel een *dubbel radiokompas* toe, waarvan beide indicaties op één schaal aangegeven worden. Door nu het éne radiokompas af te stemmen op het

aanvliegbaken en het andere op een bakken waar men vandaan komt, zullen beide wijzers in elkaars verlengde liggen zolang het toestel op de verbindinglijn van beide bakens is.

II Koerslijnsystemen.

De *radio range* is een systeem, waarbij door vaste zenders bepaalde koerslijnen vastgelegd worden. In principe gebruikt men in elk

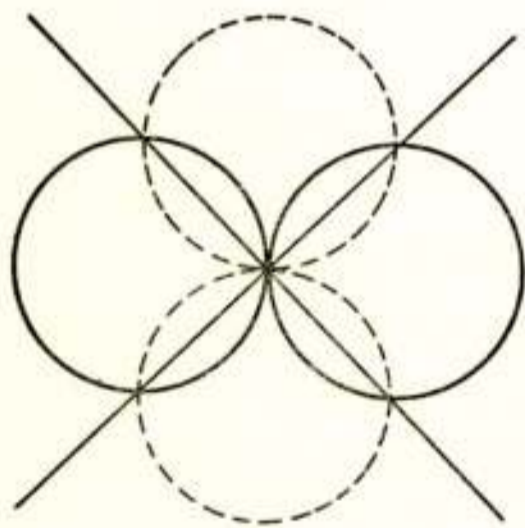


Fig. 2.

Richtingsdiagram van twee gekruiste raamantennes.

der zenders een raamantenne met een 8-vormig stralingsdiagram (fig. 2), dat men periodiek 90° in richting laat veranderen (getrokken en gestippelde krommen). Indien in beide standen evenveel vermogen wordt uitgezonden zal een waarnemer op de in fig. 2 aangegeven rechten in beide standen even grote signaalsterkte constateren; in punten buiten deze rechte lijnen zal in de éne stand meer signaal ontvangen worden, dan in de andere. Indien men kan onderscheiden welke van beide standen van de zender tot de grootste signaalsterkte aanlei-

ding geeft, weet men of men links of rechts van de koerslijn is (afgezien van een viervoudige meerduidigheid).

Om de onderscheiding van de beide zenderstanden gemakkelijk te maken, wordt het omschakelen van het éne antennesysteem naar het andere in het rythme van de morse letters

A (. —) en N (— .) uitgevoerd. In fig. 3 is te zien hoe beide

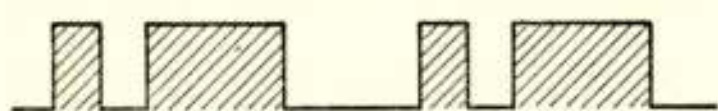


Fig. 3.

Seintekens A (. —) en N (— .) in de afzonderlijke raamantennes van een koerslijnsysteem.



Fig. 4.

Ontvangen seinteken in een „A-sector” van een koerslijnsysteem.

zenders afwisselend signaal geven, waarbij de éne zender de A en de ander de N uitzendt.

In het gebied waar een waarnemer beide zenders even sterk ontvangt, vullen de signalen elkaar volledig aan, zodat geen morse-sein te onderscheiden is. In het gebied waar de A-zender sterker is dan de N-zender is het resultaat een met het A-teken in amplitudo gemoduleerd signaal (fig. 4), terwijl aan de andere kant van de koerslijn een met het N-teken overeenkomende modulatie geconstateerd wordt. Hieruit kan de navigator opmaken of hij zich op de koers-

lijn bevindt, dan wel of hij daar links of rechts van is.

In plaats van raamantennes past men algemeen *Adcock-antennes* toe, om de invloed van het *nachteffect* te ontgaan. De radioranges werken op middengolven waarbij 's nachts de met gedraaid polarisatievlak door de Heaviside-laag gereflecteerde straling de richtingsdiagrammen van raamantennes verstoort.

Heeft men n.l. een verticale zend-raamantenne, dan is op de horizontale lijn loodrecht op het vlak van het raam de veldsterkte nul. In schuin naar boven gaande richtingen in het middenloodvlak op het raam is de veldsterkte niet nul; de stroomvoerende horizontale boven- en onderzijde van het raam geven in deze richtingen wél een resulterende veldsterkte. De polarisatierichting van deze straling is horizontaal.

Bij normale reflectie blijft deze horizontale polarisatierichting gehandhaafd en zal een verticale staafantenne dus geen signaal ontvangen, zodat de nulrichting van het stralingsveld behouden blijft. Draait daarentegen de polarisatierichting, dan zal een verticale staafantenne in de oorspronkelijke nulrichting wél signaal ontvangen.

Een Adcock-antenne kan men zich voorstellen als te zijn een raam zonder horizontale zijden; de Adcock-antenne bestaat n.l. uit twee verticale staafantennes ter plaatse van de verticale zijden bij een raamantenne, welke staafantennes over afge-

schermde kabels zodanig gevoed worden, dat de stroomrichting in beide antennes dezelfde is als in de verticale zijden van een raamantenne het geval zou zijn. Het richtingsdiagram in het horizontale vlak om een Adcock-antenne is dan gelijkvormig met dat van een raamantenne. Tengevolge van de afwezigheid van horizontaal verlopende stralende elementen kan nu geen horizontaal gepolariseerde straling in andere richtingen optreden, waardoor het storende nachteffect onderdrukt wordt.

Voor de plaatsbepaling *langs de koerslijn* van een radio range dienen de merkbakens (marker beacons), betrekkelijk zwakke, op VHF werkende zendertjes met verticaal gericht stralingsdiagram. Als een vliegtuig de stralenbundel van zo'n merkbaken passeert, wordt dit in de cockpit geïndiceerd door het oplichten van een lampje. Hier heeft dus intermitterende plaatsbepaling plaats.

Radio ranges werden voor de oorlog op grote schaal in Amerika ingevoerd voor het aangeven van luchtwegen (airways). Binnen afzienbare tijd denkt men deze daar te vervangen door het nog te bespreken VOR—DME navigatiesysteem. Na de oorlog werden boven Engeland luchtwegen door radio ranges afgebakend.

III *Instrument Landing System.*

Het Instrument Landing System (I.L.S.) is een koerslijnsysteem voor het geleiden van vliegtuigen naar het begin van de landingsbaan bij slecht zicht. Wat werkingssfeer betreft, hoeft het I.L.S. niet meer dan enkele tientallen kilometers ver te reiken. Daartegenover staat dat thans een koerslijn niet alleen in het horizontale vlak moet worden aangegeven, maar tegelijk ook in het verticale vlak. Bovendien moet de nauwkeurigheid zeer groot zijn.

De werkingwijze komt in principe overeen met die van de radio ranges. De koerslijn wordt weer bepaald door het snijpunt van twee richtingsdiagrammen, zodat op deze lijn signalen afkomstig van beide zendsystemen even sterk zijn. De indicatie omtrent welk systeem bij ongelijke veldsterkteverhouding het sterkste is, wordt thans echter op andere wijze gegeven. Beide richtingsdiagrammen worden nu n.l. niet afwisselend uitgezonden, maar continu. Onderscheid wordt mogelijk gemaakt door ieder signaal een afzonderlijke modulatie te geven, n.l. 90 en 150 Hz.

De waarnemer gaat nu na welke van deze modulatiefrequenties het sterkste is. Dit wordt geheel automatisch gedaan en aangegeven door een wijzer op een schaal, welke, al naarmate het toestel zich rechts of links van de koerslijn bevindt, naar links of rechts uitslaat, terwijl de middenstand aangeeft dat het toestel op de koerslijn is.

Zoals gezegd, moet bij het I.L.S. een koerslijn in de ruimte aangegeven worden, n.l. beginnend op zekere hoogte en onder een hoek van 2 à 3° dalend naar het begin van de landingsbaan. Door een systeem als boven beschreven, dat de afwijking van een horizontale koerslijn aangeeft, wordt in feite een verticaal koersvlak gedefiniëerd. Door nu een tweede systeem te maken dat een onder een hoek van 2 à 3° hellend koersvlak bepaalt, welk vlak het horizontale vlak snijdt in een lijn loodrecht op de landingsbaan, bepaalt men een koerslijn in de ruimte, n.l. de snijlijn van beide koersvlakken.

De indicatie wordt door twee gekruiste wijzers op één schaal aangegeven, waarbij, indien het toestel zich op de koerslijn bevindt, beide wijzers in de middenstand staan en elkaar loodrecht kruisen, terwijl afwijkingen naar links of rechts en naar boven of beneden door uitslagen van de wijzers worden aangegeven.

De plaats langs de koerslijn wordt ook hier weer intermitterend aangegeven door drie marker beacons, welke zich op 75 m, 1050 m, en ca 7 km van de grens van het vliegveld bevinden. De zendfrequentie is 75 MHz en passeren van een merkbaken geeft aanleiding tot het oplichten van een lampje in de cabine.

IV *Kruispeiling.*

Met behulp van een radiokompas kan men een volledige positiebepaling verrichten door de richting van verschillende bakenzenders te bepalen. Is er aan boord van het vaartuig een magnetisch kompas, dan zijn twee peilingen voldoende, anders moeten drie richtingsbepalingen uitgevoerd worden.

Omgekeerd kan vanaf verschillende plaatsen op de grond een vliegtuig gepeild worden, waardoor de plaats ervan bepaald kan worden. Dit zal in de toekomst steeds meer op V.H.F. gebeuren, waartoe automatische peilapparatuur is ontwikkeld. Indicatie op een kathodestraalbuis maakt het mogelijk op kortdurende signalen een richtingsbepaling uit te voeren.

V Gerichte Bakens.

Een ongericht baken schept de mogelijkheid de richting van het vliegtuig naar het baken *ten opzichte van het vliegtuig* te bepalen. Bij de beschrijving van de aan „homing” verbonden moeilijkheden gaven wij reeds aan, dat de waarde van deze informatie slechts beperkt is.

Een *gericht baken* daarentegen maakt het mogelijk voor de waarnemer in het vliegtuig om de richting van het baken naar het vliegtuig *ten opzichte van het Noorden* te bepalen, m.a.w. een azimuth te meten. Dit levert een gegeven meer voor de navigatie. Het maakt het b.v. mogelijk om in rechte lijn op het baken aan te vliegen („tracking”). Door twee waarnemingen t.o.v. gerichte bakens is verder een volledige kruispeiling uit te voeren.

Wij bespreken hier twee gerichte bakensystemen, n.l. de *Consol* en de *V.O.R.* (*Very high frequency Omnidirectional Range*).

Va *Consol*.

Het in Duitsland tijdens de oorlog ontwikkelde en toegepaste navigatiesysteem „Sonne” werd na de oorlog door de gealliëerden onder de naam „Consol” overgenomen en in werking gesteld.

Een Consolzender heeft een antennesysteem van drie op een rij staande verticale stralers op enkele golflengten onderlinge afstand, waarmede een richtingsdiagram met een aantal lussen, ieder 30° breed, verkregen wordt (getrokken lijn in fig. 5). Door de stroom in de beide buitenste antennes te doen omdraaien, klapt het gehele richtingsdiagram om (gestippelde krommen in fig. 5). Het omklappen laat men nu in punt-streeprhythme plaats vinden.

In eerste instantie is de werking dezelfde als die van radio-ranges: men hoort een continu signaal, een punt-punt signaal of een streep-streep signaal, al naarmate men zich op de radius door het snijpunt van twee lussen bevindt, dan wel dat men aan de een of andere zijde van zo'n neutrale lijn is. Op zichzelf legt dit dus alleen nog maar een aantal „koerslijnen” vast, maar als tweede maatregel laat men het gehele diagram nu betrekkelijk langzaam (in ca. één minuut) draaien, en wel zo ver totdat iedere lus juist op de plaats van zijn buurman aan het begin van de draaiing is gekomen. Daarna springt het diagram

snel terug om opnieuw de langzame draaiing te beginnen. Deze draaiing wordt tot stand gebracht door op geschikte wijze de fasen van de buitenste antennestromen geleidelijk te veranderen.

Gedurende één zo'n periode is over ieder punt in het horizontale vlak één keer een neutrale lijn gepasseerd. De tijd

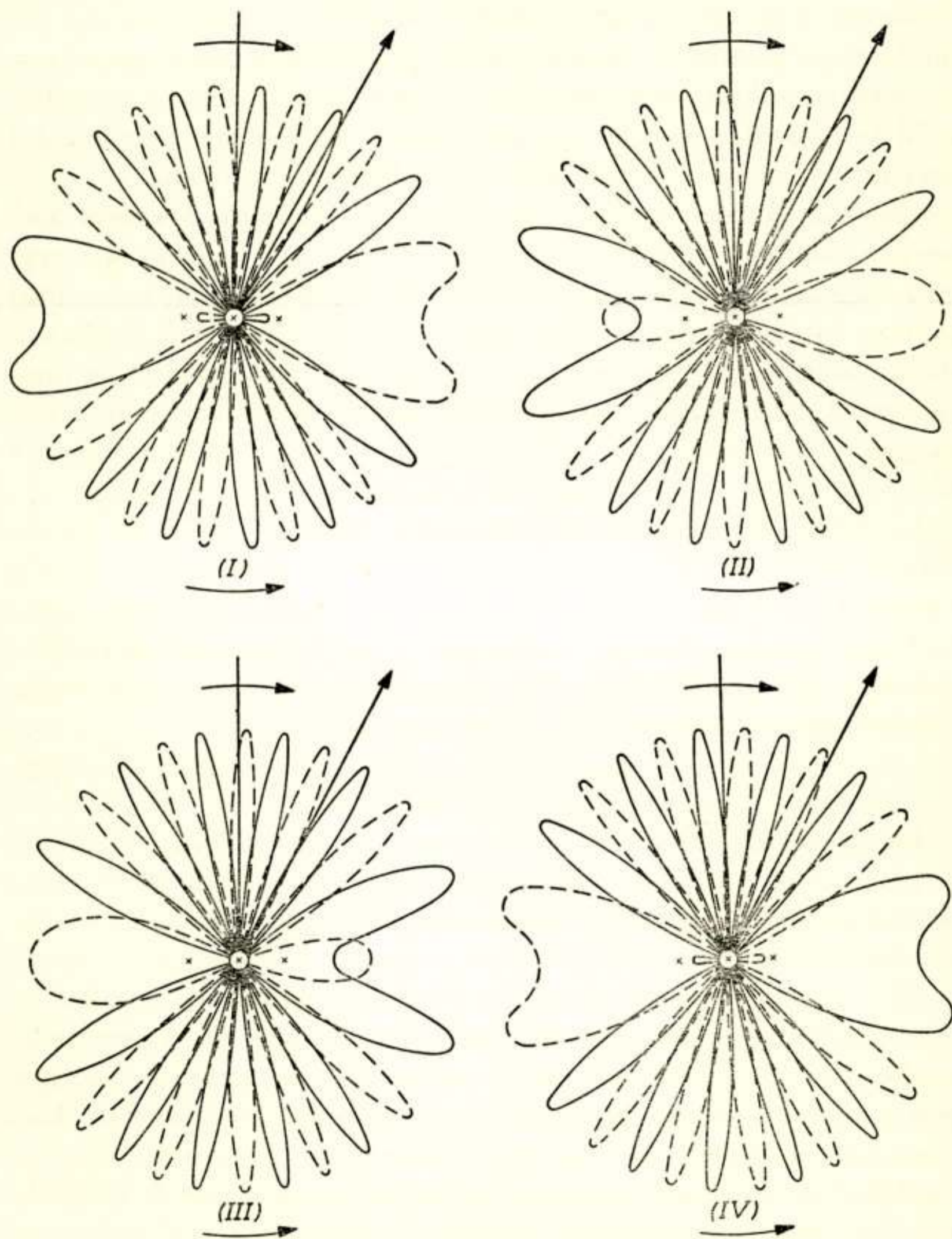


Fig. 5.

Richtingsdiagram van een Consolzender tijdens vier verschillende ogenblikken van één periode. Getrokken lijn en stippellijn geven de vorm van het diagram tijdens respectievelijk het punt- en het streepsignaal.

welke tussen het begin van de draaiing en het passeren van de neutrale lijn over de waarnemer (punt Q in fig. 5) verloopt, is een maat voor de hoek α tussen de neutrale lijn OP aan het begin van de draaiing en de richting OQ.

Van iedere Consolzender zijn nu de beginrichtingen van de neutrale lijnen bekend, zodat de navigator alleen de tijd tot het passeren van de neutrale lijnen (d.w.z. het verdwijnen van de modulatie) behoeft te meten om de richting naar de zender t.o.v. de kompasrichtingen te bepalen. Hierin schuilt een meerduidigheid ten gevolge van het aantal lussen, doch daar men meestal wel ongeveer weet waar men is, is dit geen bezwaar.

De tijdwaarneming wordt door het modulatiesysteem nog vergemakkelijkt: in iedere periode worden 60 punten en strepen uitgezonden. De waarnemer behoeft alleen maar het aantal punten (of strepen) te tellen, dat hij hoort vanaf het begin van de draaiing (aangegeven door een bepaald signaal) tot de punten verdwijnen. En omdat bovendien de waarneming met een gewone ontvanger kan gebeuren, heeft de gebruiker van het Consolsysteem dus geen enkele speciale apparatuur nodig.

In West Europa zijn Consolzenders in werking in Bushmills (Noord Ierland), Stavanger, Ploneis (Frankrijk), Lugo en Sevilla (Spanje). In Nederland is het signaal van Bushmills en Stavanger met een gewone omroepontvanger waar te nemen op de frequenties 266 en 319 kHz. De „draaiperiodes” voor deze beide zenders zijn respectievelijk 40 en 120 sec.

Vb. *V.O.R-baken.*

De *Very high frequency Omnidirectional radio Range* (V.O.R) is een systeem dat op veel hogere frequenties (115 MHz band) werkt en dientengevolge alleen voor de luchtvaart een redelijk werkingsgebied kan hebben. Het principe is als volgt.

Een antennesysteem heeft een 8-vormig richtingsdiagram. Dit richtingsdiagram laat men 30 keer per seconde om een verticale as draaien. Tegelijkertijd wordt van een rondstralende antenne een continu signaal op dezelfde frequentie uitgezonden. Een waarnemer in een punt A (fig. 6) neemt de resultante van de veldsterkte, opgewekt door beide zenders, waar. Door de draaiing van het 8-vormige diagram is deze resulterende veldsterkte in amplitudo gemoduleerd met een frequentie van 30 Hz.

De fase van deze 30 Hz wordt bepaald door het azimuth van de waarnemer. Om deze fase te kunnen vaststellen moet men een vergelijkingsfrequentie van 30 Hz met een zelfde fase

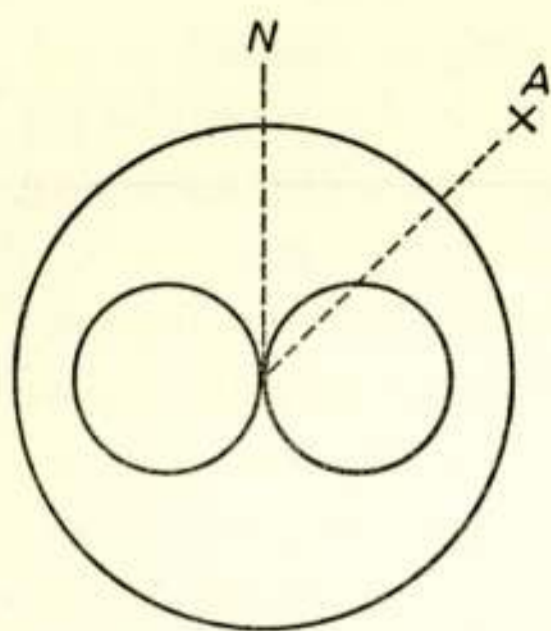


Fig. 6.

Richtingsdiagrammen van een V.O.R.-bakenzender. Het 8-vormige diagram draait 30 keer per seconde om een verticale as.

voor alle azimuthrichtingen beschikbaar hebben. Dit wordt gerealiseerd door het signaal van de rondstraalantenne in amplitudo te moduleren met een subdraaggolf van ca. 10 kHz, welke met de vergelijkingsfrequentie van 30 Hz in frequentie gemoduleerd is.

In de ontvanger worden beide 30 Hz-signalen gescheiden gedetecteerd en aan een fasemeter toegevoerd, de aanwijzing van deze fasemeter indiceert dan rechtstreeks het gewenste azimuth.

VI *Plaatsbepaling op polair coördinatensysteem.*

Het V.O.R.-baken geeft de waarnemer zijn azimuth t.o.v. het baken; indien men tegelijk de afstand tot het baken meet, is daarmee de plaats van de waarnemer bepaald. Dit is het reeds in Amerika en Australië voor luchtvaartnavigatie toegepaste z.g. „ ρ - θ systeem”.

Voor het meten van de afstand tussen twee punten meet men op een of andere wijze de tijd welke een radiosignaal nodig heeft om deze afstand af te leggen. En omdat geen mogelijkheid bestaat om het moment van afzenden van het signaal aan de ontvanger te doen weten, los van de radiografische overbrengweg, kan een dergelijke tijdmeting alleen uitgevoerd worden door het signaal heen en terug te laten lopen. In dit geval kan men uit het tijdsverschil tussen uitgezonden signaal en, na reflectie of heruitzending, terugontvangen signaal de gewenste afstand vinden.

Dit houdt in dat de navigatie-apparatuur niet meer passief kan zijn, maar ook een zender moet bevatten. In de tot dusverre ontwikkelde *Distance Measuring Equipment* (D.M.E.) zendt de boordapparatuur een signaal uit, dat door een *responder* op de grond ontvangen en op andere frequentie heruitgezonden wordt. In principe kan de tijdmeting met behulp van impulsen of op basis van fasemeting worden uitgevoerd. Beide systemen zijn ontwikkeld, doch het impulssysteem wordt thans toegepast.

Hierbij zendt dus de boordapparatuur een impuls uit, welke de responder ontvangt en (met een gegeven vertraging) heruitzendt. De moeilijkheid van dat systeem wordt geïntroduceerd

door de eis, dat één responder tot 50 vliegtuigen tegelijk moet kunnen beantwoorden. De vliegtuigontvanger krijgt in dit geval een „mengsel” van impulsen te verwerken, waarvan er maar één het „antwoord” is op de eigen uitgezonden impuls.

De oplossing hiervoor vindt men in het feit, dat de impuls-herhalingsfrequenties van verschillende vliegtuigapparatuur nooit gelijk zijn. Op één of andere manier selecteert de D.M.E. ontvangapparatuur uit de binnenkomende impulsen die impulsen welke eenzelfde herhalingsfrequentie hebben als de D.M.E.-zender. Hiermede wordt dan de eigenlijke meting uitgevoerd.

Deze complicatie heeft wel het bezwaar, dat de boordapparatuur nogal omvangrijk wordt, de eerste toegepaste D.M.E.-apparaten bevatten tot 70 buizen.

VII *Plaatsbepaling op hyperbolisch coördinatensysteem.*

In het voorgaande werd betoogd, dat afstandsmetingen alleen mogelijk zijn indien zowel de vaste als de mobiele apparatuur „actief” zijn, d.w.z. een zender bevatten. Dit heeft voor de boordapparatuur uiteraard bepaalde consequenties ten gevolge, welke men kan voorkomen door niet de absolute waarde van de afstand tot een gegeven punt te meten, maar door *het verschil in afstand tot twee* vaste punten te bepalen. Stelt men n.l. in deze twee punten een zender op, dan kan een waarnemer wel constateren met welk tijdsverschil twee gelijktijdig uitgezonden signalen ontvangen worden. Dit tijdsverschil is uiteraard direct een maat voor het gevraagde afstandverschil.

Een bekend afstandverschil ten opzichte van twee bekende punten legt een hyperbool vast: een hyperbool is immers de meetkundige plaats van punten met een constant afstandverschil t.o.v. twee vaste punten. Om een volledige positiebepaling te doen, moet men deze meting nog eens herhalen t.o.v. twee andere punten. Dit levert een tweede hyperbool; het snijpunt van beide hyperbolen geeft de gevraagde positie.

In plaats van vier zenders op vier verschillende punten kan men in principe volstaan met drie zenders, n.l. door deze twee aan twee een hyperbolisch coördinatensysteem te laten bepalen. Aangezien hierbij in bepaalde gebieden de nauwkeurigheid gering wordt, o.a. door zeer vlakke snijding van hyperbolen, vindt men soms toch meer zenders toegepast, waarbij de waarnemer dan de meest geschikte tweetallen zenders voor zijn plaatsbepaling kan kiezen (fig. 7).

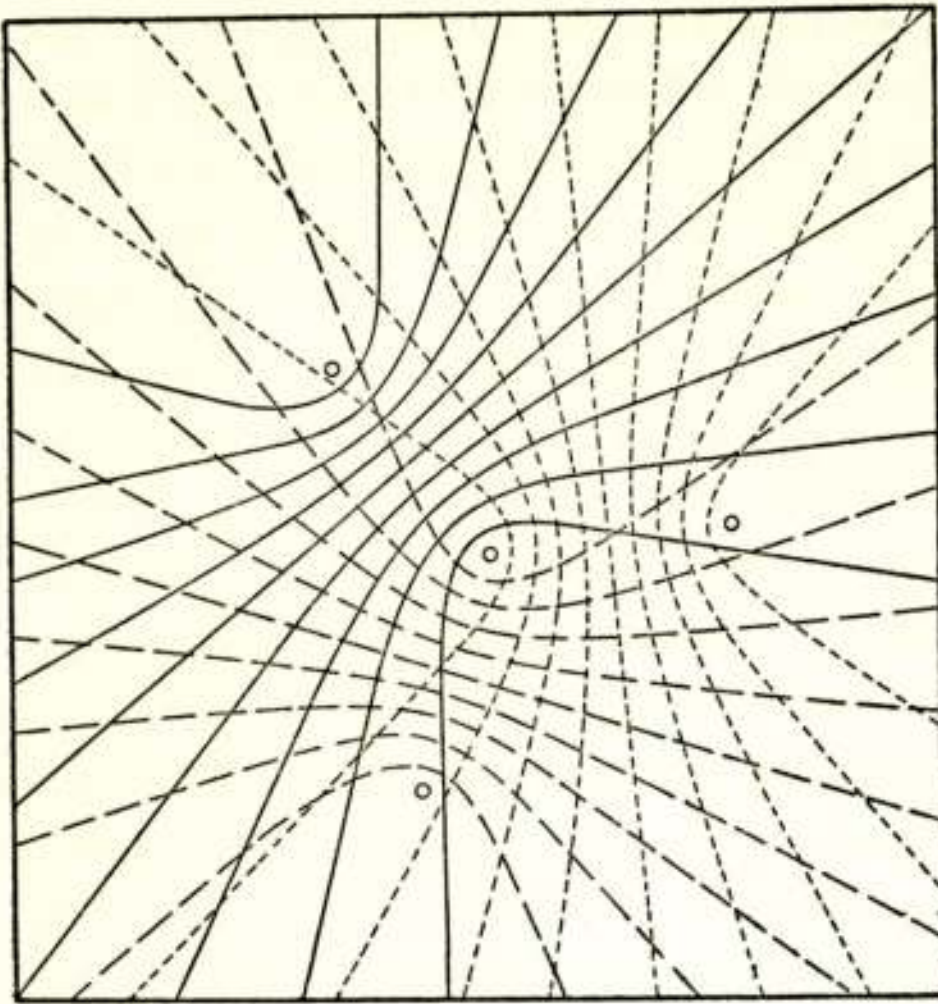


Fig. 7.

Hyperbolisch coördinatennet, vastgelegd t.o.v. drie paren zenders.

van twee door verschillende zenders uitgezonden impulsen. Het „Standard Loran“-system werkt op frequenties tussen 1800 en 2000 kHz. De impulsduur is 50 μ sec en de bandbreedte is 60 kHz, wat uiteraard nog al tot storing van andere communicatiemiddelen aanleiding geeft. Signalen afkomstig van verschillende Loran-stelsels kunnen onderling gescheiden worden doordat vier verschillende draaggolffrequenties en veertien verschillende impulsherhalingsfrequenties (25–35 Hz) worden toegepast.

Twee bijeenbehorende zenders zenden bij Loran niet tegelijk hun impulsen uit. Hierdoor bereikt men o.a., dat symmetrisch t.o.v. de zenders (A en B in fig. 8) gelegen punten (P en Q) onderscheiden kunnen worden, wat men kan bereiken door het verschil in uitzendtijd minstens gelijk te maken aan de looptijd van het signaal van A naar B. Een van de beide zenders, de „slave“ zender, wordt door de andere zender, de „master“ zender, gesynchroniseerd.

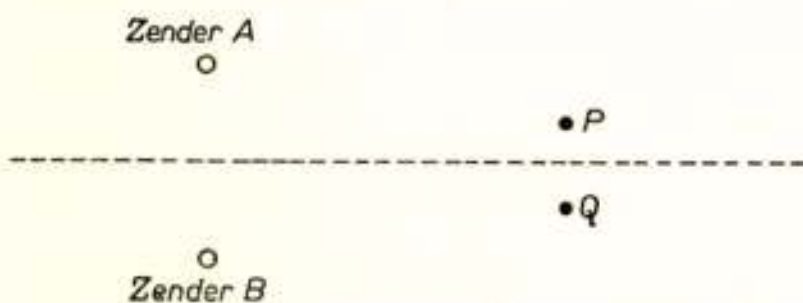


Fig. 8.

Symmetrisch gelegen plaatsen (P en Q) zouden bij een Loran-stelsel met gelijktijdig werkende impulszenders (A en B) niet van elkaar onderscheiden kunnen worden.

De tijdverschilmeting kan aan impulsvormige signalen uitgevoerd worden of op basis van faseverschilmetingen plaats hebben. Het eerste systeem vindt men o.a. bij Loran, het tweede bij Decca.

VIIa. *Het Loran-stelsel.*

Het Loran-systeem (*LONG* distance *RADIO* Navigation) is een hyperbolisch navigatiesysteem, waarbij de verschiltijd gevonden wordt uit het verschil in ontvangsttijd

van twee door verschillende zenders uitgezonden impulsen. Het „Standard Loran“-system werkt op frequenties tussen 1800 en 2000 kHz. De impulsduur is 50 μ sec en de bandbreedte is 60 kHz, wat uiteraard nog al tot storing van andere communicatiemiddelen aanleiding geeft. Signalen afkomstig van verschillende Loran-stelsels kunnen onderling gescheiden worden doordat vier verschillende draaggolffrequenties en veertien verschillende impulsherhalingsfrequenties (25–35 Hz) worden toegepast.

In de ontvangapparatuur voor Loran-signalen maakt men gebruik van kathodestraalbuizen om de tijdverschillen tussen twee impulsen te bepalen.

Om de reikwijdte van het Loransysteem te vergroten is het o.a. nodig om de afstand tussen de zenders te vergroten. Voor de synchronisatie van de zenders kan men dan niet meer de grondgolf van de „master” zender nemen, maar moet men de tegen de Heaviside laag gereflecteerde golf gebruiken (Skywave Synchronisation — Loran S. S.). In de oorlog heeft men afstanden tot 2400 km tussen de zenders toegepast, waarbij de reikwijdte van de zelfde grootte-orde was. Uiteraard moest hierbij gecorrigeerd worden voor de langere weg welke de gereflecteerde golf aflegt vergeleken met de grondgolf. Bovendien is de nauwkeurigheid hier minder dan bij Standard Loran.

Er is een langegolf-Loransysteem ontwikkeld, (180 kHz) met impulsen van 300 μ sec en bandbreedte van 20 kHz. De minder steile impulsfronten maken de bereikbare nauwkeurigheid kleiner, waartegenover de interessante mogelijkheid staat om nu ook de fase van de draaggolf in de meting te betrekken.

Loran is in de oorlog op vrij grote schaal toegepast langs de kusten van Amerika, in de Pacific en langs de Atlantische vliegroute naar Engeland. Deze apparatuur is voor een deel nog in werking en wordt voor navigatie gebruikt.

In Engeland werd gedurende de oorlog het *Gee-systeem* ontwikkeld, een hyperbolisch impulssysteem op hogere frequenties (29—90 MHz) met grotere bandbreedte, dus nauwkeuriger meting, maar beperkter reikwijdte. Voor civiele doeleinden wordt Gee momenteel niet toegepast.

VIIb. *Het Decca-stelsel.*

In het *Deccasysteem* wordt de fasehoek tussen twee signalen van gelijke frequenties afkomstig van twee verschillende zenders, gemeten. Een faseverschil van 2π radialen komt hierbij overeen met een afstandverschil van één golflengte. Hieruit volgt onmiddellijk de meerduidigheid van alle op fasemeting berustende afstandbepalingen: een zekere fasehoek kan op $n \cdot 2\pi$ na bepaald worden en de gemeten afstand kan daardoor $n \cdot \lambda$ groter of kleiner zijn.

Om deze meerduidigheid onschadelijk te maken moet men een zó grote golflengte kiezen, dat men op grond van andere gegevens (bijv. ruwe peilingen) kan weten met welke waarde van $n \cdot \lambda$ bij de afstand gerekend moet worden. Echter gaat een grotere golflengte gepaard met een kleinere nauwkeurigheid, omdat de meting van fasehoeken slechts met begrensde nauw-

keurigheid plaats kan vinden, zodat de in meters uitgedrukte nauwkeurigheid een vast percentage is van de golflengte. Hieruit volgt het dilemma voor de ontwerper van een dergelijk navigatiesysteem: of een grote golflengte met geringe nauwkeurigheid, of een kleine golflengte, maar dan moet op één of andere wijze de meerduidigheid opgeheven kunnen worden.

Voor het Decca-systeem is de tweede mogelijkheid gekozen; de vergelijkingsgolflengte is ca 1 km, zodat lijnen met gelijk faseverschil (z.g. lanen) op de verbindinglijn van twee zenders een onderlinge afstand van 0,5 km hebben, welke afstand in verband met het „uitwaaieren” van de hyperbolen (zie fig. 7) op grote afstand van de zenders aanmerkelijk groter is. Om nu de juiste laan te vinden heeft Decca een systeem van *laan-identificatie* uitgewerkt, dat in principe berust op het eens per minuut vergroten van de meetgolflengte tot een waarde, waarbij de meerduidigheid niet meer stoort. Wel is dan de nauwkeurigheid gering, maar nog groot genoeg om met zekerheid de laan te identificeren waarbinnen met de kleine meetgolflengte de afstand zeer nauwkeurig bepaald wordt.

De moeilijkheid, dat men twee signalen met gelijke frequentie gelijktijdig moet ontvangen om het faseverschil te kunnen meten, wordt bij Decca ondervangen door de zenders op verschillende onderharmonischen van de eigenlijke meetfrequentie te laten werken. In de ontvanger worden deze verschillende signalen afzonderlijk versterkt, en vervolgens worden door frequentievermenigvuldiging de signalen tot eenzelfde frequentie gebracht en de onderlinge faseverhouding gemeten. Omdat bij frequentievermenigvuldiging de fasehoek mee vermenigvuldigd wordt, heeft men voor de uiteindelijke meerduidigheid te maken met een fasehoek van 2π voor de eindfrequentie, of m.a.w. met de golflengte van de eindfrequentie.

De Decca-apparatuur bestaat aan de zenzijde uit vier zenders: een „master” en drie „slaves”, waarvan de frequenties alle een veelvoud zijn van éénzelfde grondfrequentie, welke grondfrequentie f_0 het gehele systeem dus „synchroniseert”. Voor het Engelse Deccanet b.v. heeft de „master” zender een frequentie van $f_1 = 6f_0$ (85 kHz) en de drie door kleuren (rood, groen, violet) aangeduide „slave” zenders frequenties van respectievelijk $f_2 = 8f_0$, $f_3 = 9f_0$ en $f_4 = 5f_0$ (113,3, 127,5 en 70,8 kHz). Aan de zendapparatuur wordt niet alleen de eis gesteld van constante frequenties, maar ook van rigoureuze constante onderlinge faseverhoudingen.



Fig. 9.

Indicatorpaneel van een Decca navigatie-apparatuur. Bovenste schaal is de laan-identificator, waarop de segmentvormige f_0 -phasemeterindicator en de 6-voudige $6f_0$ -phasemeter indicator te zien zijn. Daaronder de drie eigenlijke „Decometers”.

(Foto beschikbaar gesteld door „The Decca Navigator Company Ltd”)

Aan de ontvangkant bevat de apparatuur vier gescheiden ontvangkanalen en vervolgens een aantal frequentievermenigvuldig trappen, zodat voor het rode kanaal $4f_1 = 24f_0$ met $8f_2 = 24f_0$ vergeleken kan worden en voor de beide andere kanalen $3f_1 = 2f_2 = 18f_0$ en $5f_1 = 6f_2 = 30f_0$. De fasemeter in het Decca-systeem kan men een soort „draaiveldmotor” noemen: een magnetisch veld draait volgens het te meten faseverschil en neemt een magneet mee. Indien door beweging van het vaartuig een laan doorsneden wordt, draait iedere keer de indicator een volle slag rond. Bij beweging in omgekeerde richting draait de indicator weer terug. Door een telwerk aan deze meter te verbinden kan men, indien éénmaal de laanidentificatie is geschied, uit de stand van het telwerk blijven opmaken binnen welke laan men zich bevindt.

Valt de zender tijdelijk uit of komt men buiten het werkingsgebied van de zender, dan staat het telwerk stil, reden waarom men steeds een laanidentificatie moet kunnen uitvoeren. In het Deccasysteem worden hiertoe eens per minuut twee van de drie „slave” zenders (bijv. f_3 en f_4) uitgeschakeld; tegelijk zenden de „master” en de overgebleven „slave” ieder een tweetal frequenties uit, n.l. $5f_0$ en $6f_0$ door de „master” en $8f_0$ en $7f_0$ door de „slave”. De één-zijbandmodulatiefrequentie van $1 \times f_0$ kan van beide signalen worden afgeleid, en fasevergelijking op deze frequentie f_0 geeft zo een 24 keer langere „meetgolflengte” dan bij de gewone meting.

Een verdere complicatie volgt nu nog uit het feit dat de nauwkeurigheid bij deze 24 keer grotere golflengte niet voldoende is om steeds met zekerheid de juiste laan te vinden. Vandaar dat uit de „slave” frequenties van $8f_0$ en $9f_0$ nog een frequentie $6f_0$ ($= 3 \times 8f_0 - 2 \times 9f_0$) wordt afgeleid, welke $6f_0$ vergeleken wordt met de $6f_0$ -„master” frequentie. Dit geeft dan nog een meetgolflengte, welke zes keer kleiner is dan die welke met f_0 overeenkomt.

Het indicatorpaneel (zie fig. 9) bevat drie fasemeters plus de laanidentificatie aanwijzing. De fasemeters hebben twee wijzers, waarvan de kleinste de eigenlijke fase aanwijst, terwijl de tweede aan het telwerk gekoppeld is. Voor iedere omwenteling van de eerste wijzer verloopt de tweede wijzer een nummer, en iedere omwenteling van de tweede wijzer brengt een derde, in letters af te lezen schaal een letter verder.

De laanidentificatie indicator bevat drie concentrische schalen, verdeeld in respectievelijk 24, 18 en 30 delen. Hierop be-

wegen twee wijzerstelsels (fig. 9). Het eerste stelsel heeft 6 wijzers op één as (60° tussen de wijzers) en is gekoppeld met het $6f_0$ -fasemeetsysteem. De indicator van de f_0 -fasemeter is in de vorm van een cirkelsegment uitgevoerd. Dit cirkelsegment geeft aan welke van de zes wijzers van de $6f_0$ -fasemeter de juiste laan aanwijst.

Achtereenvolgens wordt voor iedere kleur gedurende enkele seconden de juiste laan aangewezen. Inmiddels zijn de normale fasemeters afgeschakeld, waarbij de uitvoering zo is, dat de wijzers niet verlopen.

VIII *Vergelijking fase- en impulsmetingen.*

Het voordeel van afstandmetingen berustende op fasemetingen is de smalle vereiste frequentieband, waarbij toch een grote nauwkeurigheid mogelijk is. Als nadeel geldt de meerduidigheid, welke des te sterker wordt naarmate de nauwkeurigheid opgevoerd wordt door een kleinere meetgolflengte; gecompliceerde maatregelen zijn nodig om deze meerduidigheid op te heffen. Een verder nadeel is de gevoeligheid voor storingen t.g.v. verschillende mogelijke transmissiewegen. In het bijzonder geeft een gereflecteerde golf (sky wave) een fasedraaiing aan de waargenomen veldsterkte.

Systemen, welke op impulsmetingen berusten zijn op deze laatste twee punten duidelijk in het voordeel: geen meerduidigheid en na elkaar aankomende signalen kunnen visueel op het scherm van een kathodestraalbuis gescheiden worden. Daarentegen is de vereiste bandbreedte een groot nadeel, terwijl een kleine bandbreedte minder steile impulsfronten ten gevolge heeft, waardoor de nauwkeurigheid kleiner wordt.

Vergelijkingen van een hyperbolisch stelsel met een polair ($\rho - \theta$) stelsel geeft als voordeel voor de laatste o.a. het feit dat alle benodigde grondapparatuur op één plaats geconcentreerd is. Daarentegen is de noodzakelijke „activiteit” van een boordzender in een D.M.E.-apparatuur een ongewenste complicatie. De constructie van een „flight log”, d.w.z. een automatisch de koers op een kaart aangevende apparatuur, of van een op het navigatiestelsel werkende automatische piloot, lijkt verder voor een polair coördinatensysteem minder moeilijk dan voor een hyperbolisch coördinatensysteem. Er is echter een goed werkende Decca-„flight log” geconstrueerd.

Navigatiesysteem	Frequentieband	Reikwijdte Overdag	Nauwkeurigheid Overdag	Reikwijdte 's Nachts	Nauwkeurigheid 's Nachts
M.F. Richtingzoekers: Boordapparaat Grondapparaat	250 — 600 kHz 250 — 600 kHz	500 km 900 km	3° 2°	40 km 500 km	3° 4°
V.H.F. Richtingzoekers MF Radioranges Instrument Landing System Consol	100 MHz 200 — 500 kHz 100 en 300 MHz 250 — 350 kHz	Optische horizon 300 km 50 km 2000 km	2° 3° 0,5° 0,6° (Afhankelijk van plaats)	Als bij dag Minder dan bij dag Als bij dag 600 km	Als bij dag Minder dan bij dag Als bij dag 2°
V.O.R. D.M.E.	100 MHz 1000 MHz	Optische horizon Optische horizon	2° 3%	Als bij dag Als bij dag	Als bij dag Als bij dag
LORAN	1,8 — 2,0 MHz	1000 km	Minimum 300 m 0,6%	Minder dan bij dag	Minder dan bij dag
Decca	70 — 130 kHz	500 km	Minimum 200 m (Afhankelijk van plaats) 10 — 1000 m (Afhankelijk van plaats)	Minder nauwkeurig	Minder nauwkeurig

IX *Overzicht reikwijdte en nauwkeurigheid van radionavigatiesystemen.*

In de tabel is een overzicht gegeven, dat echter niet meer aangeeft dan de orde van grootte van de betreffende gegevens. Zowel reikwijdte als nauwkeurigheid zijn dikwijls afhankelijk van plaatselijke omstandigheden, terwijl voor sommige systemen (Consol, Decca e.d.) ook de nauwkeurigheid binnen het werkingsgebied nogal sterk kan variëren. De cijfers moeten daarom uitsluitend als richtgegevens beschouwd worden.
