

Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap

DEEL 20 No. 6

NOVEMBER 1955

Gebruik en toepassingen van magnetofoons

door J. J. Geluk *)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap en de
Geluidstichting op 17 Juni 1955.

SUMMARY

A review is given about applications and the maintenance of magnetic tape recording technique.

Mainly the field of broadcasting is covered and some fundamental requirements for this purpose have been discussed.

For the mechanical part of the tape-recorders special attention is given to the magnetic heads, the wow and flutter, the slip and spooling-properties.

The tape itself is given emphasis in respect to the practice in broadcasting technique and the interchangeability.

From the electrical data are mentioned the distortion, erase-attenuation, printing effect and sensitivity.

The most important mechanical requirement turned out to be spooling smoothly with high speed.

Supplementary applications in the broadcasting field are given e.g. time-delay, reverberation, time-compressor and time-expander.

Finally the application in the TV-field is mentioned: magnetic striping on picture-film and recording of video-signals.

Inleiding.

Het onderwerp „gebruik en toepassingen van magnetofoons” is thans reeds zo uitgebreid en zal in de toekomst een nog groter gebied gaan beslaan, dat beperking en onderverdeling op hun plaats zijn. Hoofdzakelijk zal de professionele toepassing in de radio-omroep worden besproken, waarbij we de indeling kunnen splitsen in: *gebruik, verbruik en toepassingen*. Bij de toepassingen zullen allereerst belicht worden de aanverwante gebieden, waarbij geluidoptekening plaats vindt; tenslotte zal nog iets gezegd worden over het optekenen van *televisie-signalen*.

*) Laboratorium Nederlandse Radio Unie.

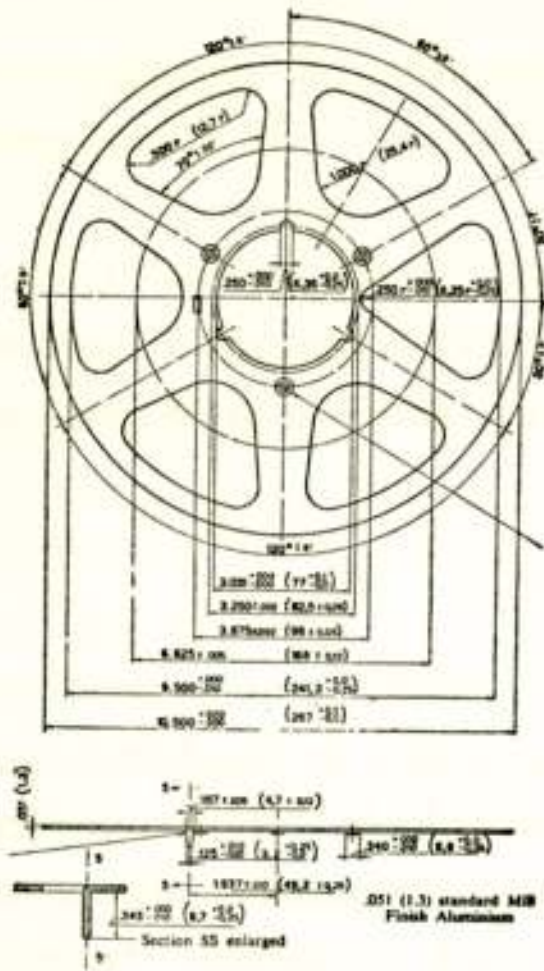


Fig. 3.

Flens voor Amerikaanse bandspoelen.

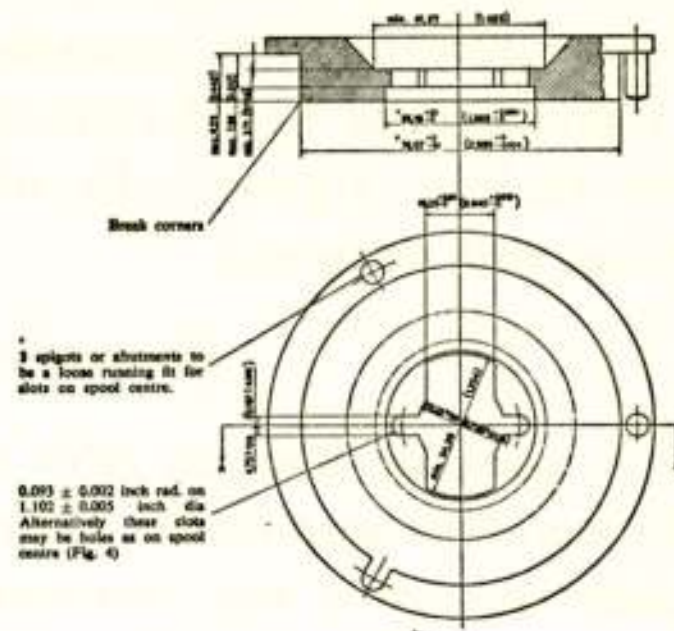


Fig. 4.

Verloopstuk voor Amerikaanse spoelkernen.

Een goede band behoeft alleen een kern en zal bij het spoelen niettemin vlakke schijven geven.

Om een idee te geven van de huidige spoelcapaciteiten diene de volgende tabel:

Spoeldiam	Amateur				Professioneel	
	3"	4"	5"	7"	Spoeldiam.	29 cm
7,5" /sec.	4 min.	8 min.	16min.	32 min.	30"/sec.	20min.
3,75" /sec.	8 "	16 "	32 "	64 "	15"/ "	40 "
1,875"/sec.	16 "	32 "	64 "	128 "	7,5"/ "	80 "

Voor amateurgebruik bestaat er verder nog de toepassing van „double track”, waardoor de tijdsduur nog eens wordt verdubbeld, terwijl tevens door het toepassen van *dunnere* band op een spoeltje van b.v. 4" een tijdsduur van 1 uur kan worden opgetekend met goede kwaliteit (tot 9000 Hz).

Het toepassen van *dubbelspoor* is voor professionele doeleinden uitgesloten door het wegvallen van de *montage*-mogelijkheid, tenzij men eerst weer zou copiëren op een *enkelspoor* band.

Vastgelegd is de positie van de sporen, waarbij in het midden een „nulspoor” van tenminste 0,75 mm moet worden aangehouden.

Bij het lopen van links naar rechts dient de kop zich op de bovenhelft te bevinden, indien men vanaf de band naar het kopje ziet. Neemt de machine alleen op, wanneer de band van *l* naar *r* loopt, dan moet men de band omleggen; kan het

loopwerk ook in de andere richting opnemen en weergeven, dan verspringt de kop naar het onderspoor voor de beweging van rechts naar links.

Voor *stereofonische* opnamen is bepaald, dat spoor 1 het linkersignaal bevat (kijkende naar de uitvoerenden) en spoor 2 het rechter signaal, dit uiteraard voor dezelfde bewegingsrichting van de band.

De magnetische koppen.

Ook voor de koppen is er een verschil voor de twee gebieden; in de amateur-apparaten is practisch steeds een gecombineerde opname-weergave kop aanwezig, waarvoor enkele compromissen zijn genomen. Het af luisteren van een zojuist gemaakte opname, met behulp van de weergeefkop is b.v. niet mogelijk, terwijl verder de verschillen tussen de opname- en weergavekop maken, dat voor beide processen geen optimum wordt bereikt.

De *opname-kop* behoort n.l. een vrij grote achterspleet te bezitten (0,2 mm), hetgeen het magnetisch circuit, gevormd door kern en magnetisch materiaal van de band, lineariseert. Het gevolg is, behalve een kleinere distorsie, een lager ruisniveau t.g.v. de modulatie (modulatie-ruis). De *weergeef-kop* daarentegen is voor de zeer kleine uitsturingen van het magnetisch circuit practisch steeds als een lineair element te beschouwen, en bezit, om een hoge gevoeligheid te bereiken, geen achterspleet (om constructieve redenen is toch een achterspleet aangebracht, die zo klein mogelijk wordt gehouden). De voorspleet is niet alléén zeer kort (14—6 μ m) doch ook ondiep; hierdoor is de magnetische „shunt”weg van het veld uit de band zoveel mogelijk onderbroken.

Alle koppen lopen het gevaar, permanent gemagnetiseerd te worden, hetgeen het ruisniveau aanzienlijk doet stijgen; het meeste gevaar loopt de opnamekop, door momentele grote oversturingen en hierdoor gelijkrichtende effecten. Een *démagnetiseren* is voor deze kop vóór iedere opname dan ook noodzakelijk. Dit kan geschieden met een condensator van omstreeks 4 μ F, die tot 250 Volt is opgeladen; een ontlading door de kopzelf-inductie geeft een gedempte trilling met voldoende kringkwaliteit om volledige *démagnetisatie* te verkrijgen. ($Q_{1kHz} = 5 \text{ á } 10$; $L = 7 \text{ mH}$).

De bandloop.

Tijdens het normale opnemen en weergeven van de band

moet de eis gesteld worden, dat de snelheid zeer constant is. Hoe men dit bereikt valt onder de constructie van magnetofoons, waarbij de *bandspanning* en de *mechanische* eigenschappen van de band eveneens belangrijk zijn. Over het hoorbare effect van een variërende snelheid kan het volgende worden samengevat.

Variëert de snelheid v tussen de waarden $v \pm \hat{\Delta}v$, dan kan men de relatieve variatie $\frac{\hat{\Delta}v}{v}$ de *piek-jank* noemen en $2 \frac{\hat{\Delta}v}{v}$ de p - p waarde hiervan. Voor sinusvormige snelheidsvariatiëes ontstaat bij weergave van een ideale opname een frequentie-gemoduleerd signaal, zodat men heeft:

$$\Delta v = \hat{\Delta}v \cos qt \quad (q \text{ is cirkelfrequentie van de jank}).$$

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta \omega}{\omega} = p \quad (\omega = \text{cirkelfrequentie van het signaal}).$$

$\Delta \omega = \text{momentele afwijking van de signaal-frequentie}).$

De relatieve afwijkingen zijn voor een bepaalde magnetofon dus gegeven $\left(\frac{\Delta v}{v} = p; \frac{\Delta v}{v} = \hat{p}\right)$ zodat het uitgangssignaal de vorm heeft:

$$\cos(\omega t + m \sin qt)$$

waarin $m = \frac{\hat{\Delta}v}{v} = \text{modulatie-index}$.

Deze modulatie-index is dus gegeven door $m = \omega \frac{\hat{p}}{q}$ en verandert dus sterk met de opgenomen frequentie. Zo is voor een toon van 10.000 Hz, $p = 0,1\%$ en $q = 25$ Hz de modulatie-index 0,4.

Dit betekent, dat de sterkte van de 1e zijbanden (10.000 ± 25 Hz) slechts 14 dB liggen beneden het signaal voor een dergelijke goede machine. Voor andere modulatie-indices kan uit de volgende tabel de sterkte van de zijbanden in dB t.o.v. het hoofdsignaal worden afgelezen.

m	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
J_0/J_1	-32 dB	-26 dB	-20 dB	-16,5 dB	-13,8 dB	-11,8 dB
J_0/J_2	-64 „	-52 „	-40 „	-33 „	-27,6 „	-23,6 „
J_0/J_3	-96 „	-78 „	-60 „	-49,5 „	-41,4 „	-35,6 „

Alvorens een voorbeeld te laten horen hoe dit effect voor één machine cumulatief werkt bij het copiëren, kan nog iets over de band zelf worden gezegd. Voor de band bestaat de mogelijkheid om in longitudinale trilling te geraken, daar de koppen en eventueel niet-meedraaiende geleiderollen fungeren als losse punten voor deze trillingsbeweging. Vaste punten daarentegen zijn de linker geleiderol en de drukrol met toonas (afstand l). Een resonantiefrequentie doet zich voor, bepaald door

$$f_r = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

De elasticiteitsmodulus E variëert bij banden van $3 - 4 \text{ N/m}^2$, de dichtheid ρ is ongeveer $1,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, zodat $f_r \approx 2000-3000 \text{ Hz}$.

Deze frequentie-component komt tot uiting in het ruisspectrum, doch eveneens als zijbanden van een opgenomen signaal. Deze liggen dus vrij ver van het origineel en geven een eigenaardig effect, vooral na meerdere copieën.⁵⁾ Een meting hiervan geeft fig. 5.

Om dit effect te verminderen liggen de volgende middelen voor de hand: weergeefkop dicht bij toonas, gladde koppen, geleide-rollen licht draaiend, speciale tussenrol (tussen opname- en weergavekop).

Fig. 6 geeft de constructie van een kophouder met zo'n tussenrol, waarin bovendien een schaar is aangebracht, die onder 45° de band kan doorknippen.

Veelal is de jank niet enkelvoudig harmonisch, doch treden veeleer periodiek fluctuaties op van impulsvormig karakter. Hoe de drempel van de hoorbaarheid gemeten moet worden, is uitgebreid onderzocht. Zwicker²⁾ heeft daartoe het principe van de audiometer van v. Bekesy gebruikt, waarbij de proefpersoon zelf de drempel van waarnemen instelde. De toonhoogte liet men geleidelijk van $100-8000 \text{ Hz}$ oplopen en de modulatie-index werd door de waarnemer zelf geregeld. Voor sinusvormige modulaties bleek een rythme van 4 Hz de laagste drempel te geven en wel was een piekwijziging van 3 Hz bij 1000 Hz juist hoorbaar. Onder 1000 Hz blijft deze piekwijziging ongeveer constant, daarboven is de procentuele deviatie constant (6 Hz bij 2000 Hz ; 12 Hz bij 4000 Hz etc.). Voor een modulatie-rythme van meer dan 4 Hz wordt de drempel verhoogd met $\sqrt{\frac{q}{4}}$, zodat b.v. bij 1000 Hz voor een rythme van 16 Hz de drempel $\sqrt{4} \times 3 = 6 \text{ Hz}$ piek-deviatie bedraagt.

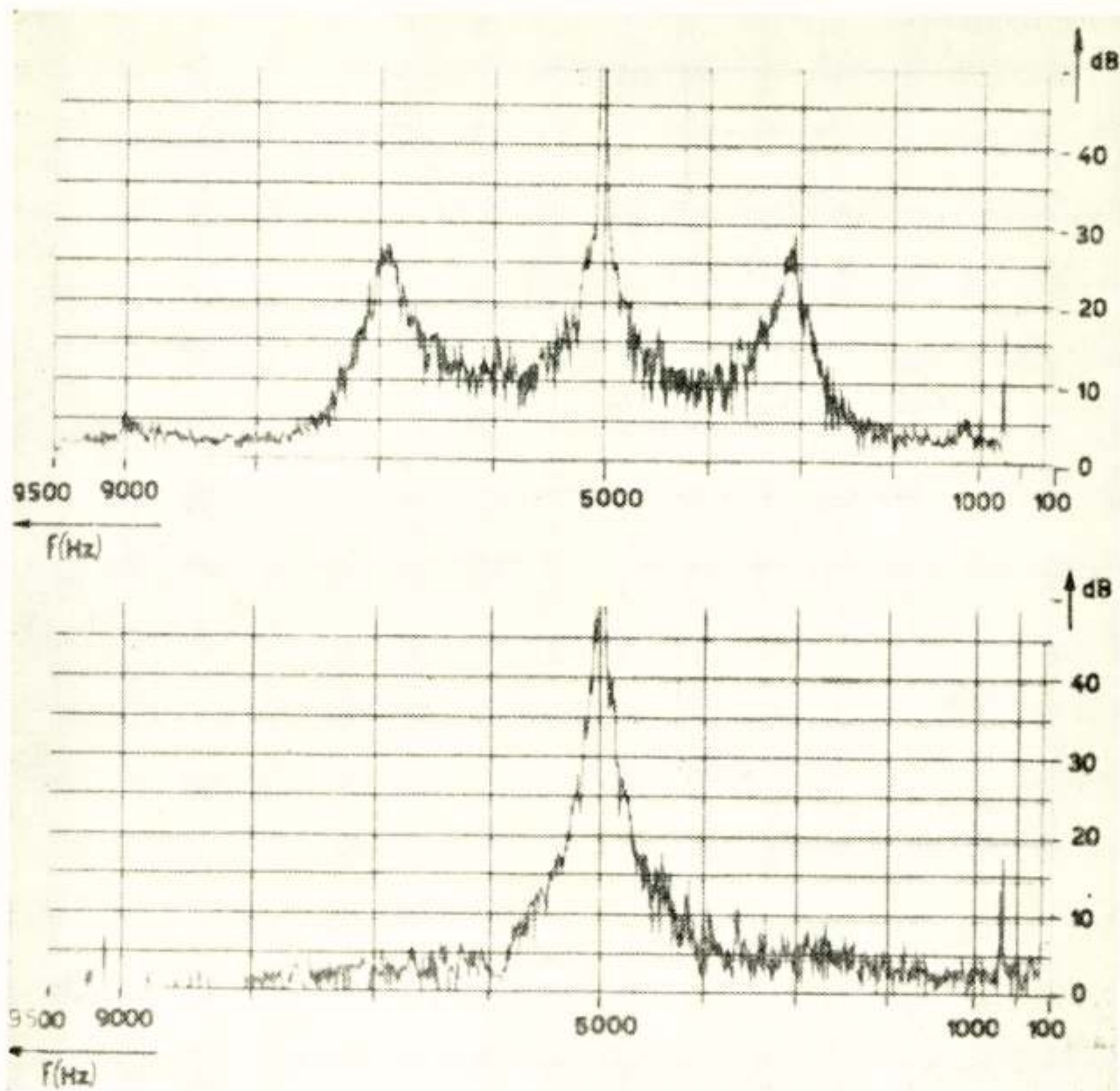


Fig. 5.

Het optreden van zijbanden t.g.v. longitudinale trillingen in een magnetofoonband.

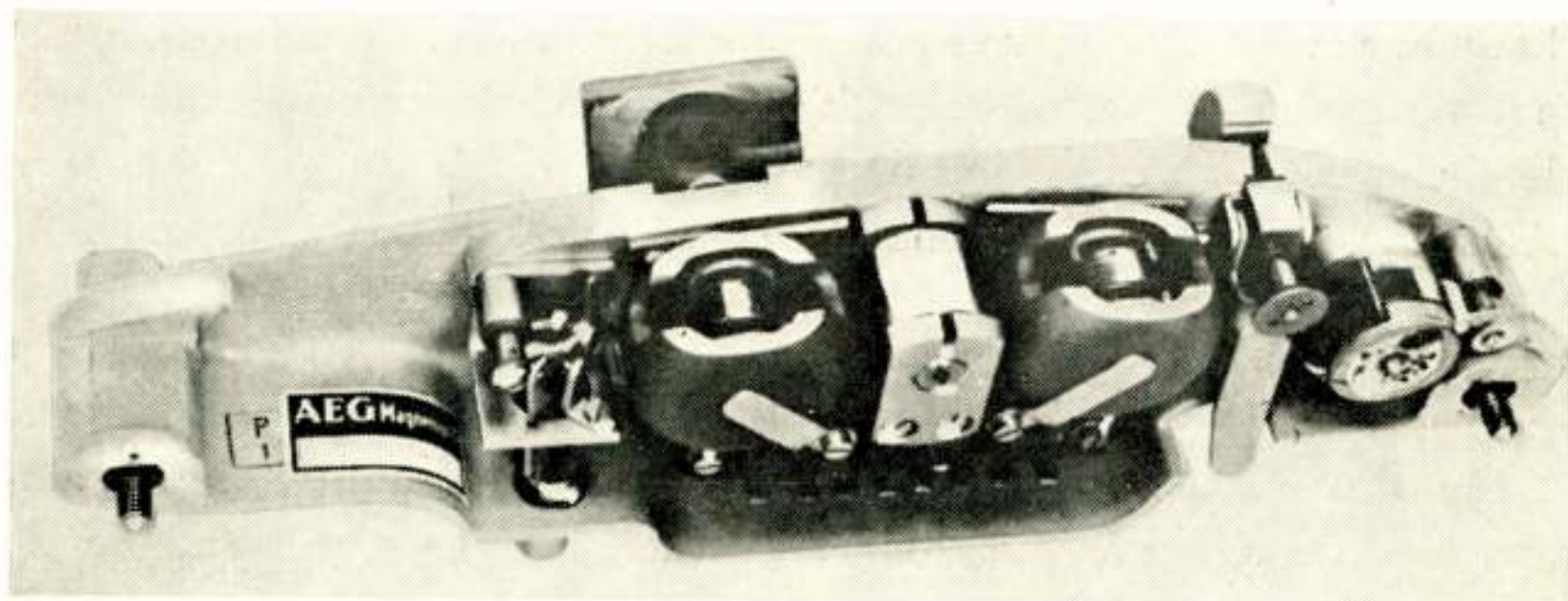


Fig. 6.

Kophouder, waarin een demping van de longitudinale trillingen is aangebracht.

Wordt een toon even sterk gemoduleerd met 2 sinusvormige toonhoogte-variatiës (b.v. 4 Hz en 20 Hz), dan verdwijnt voor het gehoor eerst het 20 Hz rythme en blijft alleen de 4 Hz over.

Voor impuls-achtige jankvorm is de vraag belangrijk of de piek-deviatie aequivalent blijft aan die voor sinusvormige afwijkingen. Het blijkt, dat wanneer de herhalingsfrequentie van de puls maar laag genoeg ligt (b.v. $\frac{1}{4}$ Hz) de piekwaarde maatgevend is, en wel een gelijke drempel geeft als voor 4 Hz modu-

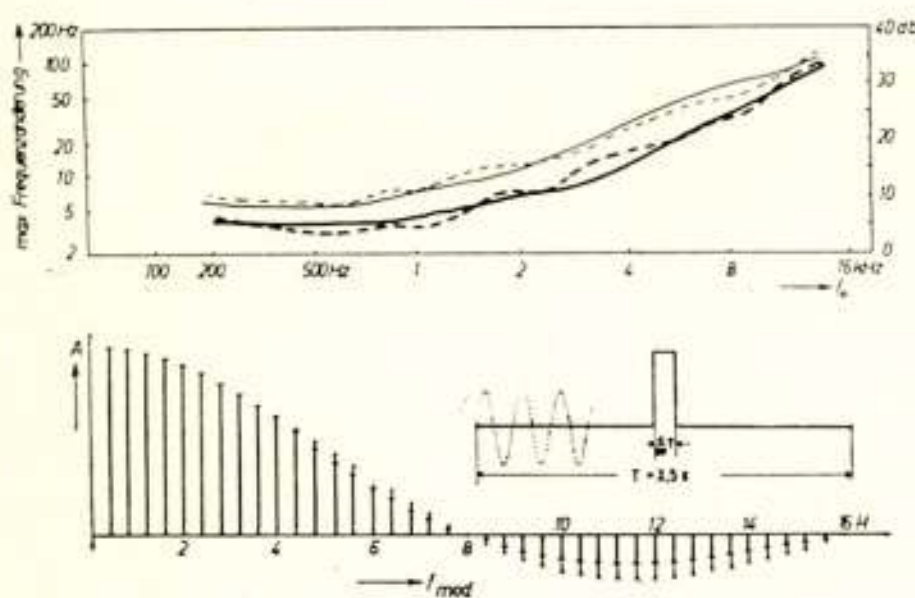


Fig. 7.

Drempelwaarden voor toonhoogte-variatiës (jank). Zowel sinusvormige- als pulsvormige afwijkingen met grote herhalingsstijd blijken voor twee waarnemers een gelijke drempel te geven, voor gelijke waarde van de totale deviatie.

die aan studio-apparatuur is gesteld 3‰ jank ($p-p$ waarde). De volstrekte onhoorbaarheid is hiermede niet gegarandeerd, daar hier individuele gevoeligheden veel kunnen schommelen.¹⁰⁾ De meting geschiedt met een „Tonhöschwankungsmesser“ die de firma EMT in de handel brengt, en die in principe een FM discriminator bevat met een lichtwijzer-meetinstrument.

De slip

De slip ontstaat door de trekkracht van de opwindende motor, tegenkracht van de voorraadspoel, rek van de band en de drukkracht van de aandrukrol tegen de toonas. De slip is meestal positief en variëert over de spoel. De tolerantie is hiervoor $0,2\text{‰}$, hetgeen betekent, dat de stemtoon 440 Hz hoogstens 1 Hz gaat afwijken. Het meten geschiedt in het be-

latie-rythme (de effectieve waarden kunnen b.v. 1:7 verschillen (fig. 7). Anderzijds is de piekwaarde voor enigszins snelle grondrythmen niet zonder meer een maat voor de hoorbaarheid en blijkt, dat men de modulatie-vorm een gewichtsfunctie moet toevoegen die 1 is van 0-4 Hz en daarboven afneemt volgens $\sqrt{\frac{4}{q}}$.

In verband met de begeleidende amplitude-schommelingen door de frequentieveranderingen, is de eis

drijf met stroboscopische middelen, die de netfrequentie-schommelingen niet indiceren. Deze kunnen incidenteel 1% bedragen en onder omstandigheden moeilijkheden veroorzaken.

De bandspanning wordt gecontroleerd m.b.v. spanningsmeters van simpele constructie, en dient 80 ± 20 gram (kracht) te bedragen.

De *speeltijdnaauwkeurigheid* geeft de sommatie aan van de slip over een gehele spoel. Deze bedraagt bij professionele machines 0,05% of wel 0,5 sec. op 20 min. speelduur.

Het snelspoelen.

Liefst zag men, dat de spoelsnelheid zo hoog mogelijk werd opgevoerd, uit praktische overwegingen is het 10-voudige van de normale snelheid gekozen. De spoeltijd van 1000 m in $1\frac{1}{2}$ min. is kort genoeg om de machine weer voor een overfading gereed te maken. Tijdens het spoelen wordt de band geheel of gedeeltelijk van de koppen afgeheven om slijtage te voorkomen; ook tijdens het spoelen is het soms gewenst de band te kunnen afluisteren. De bandspanning mag nimmer, ook niet tijdens het starten of afremmen, meer dan 1 kg bedragen. Een *tjdklokje* is veelal aangebracht om de plaats op de band te bepalen.

Het snelspoelen dient voor professionele toepassingen continue variabel te zijn in beide richtingen.



Fig. 8.

Meettafel voor magnetofoonbanden.

De band.

Er bestaan vele fabrikaten magnetofoonband en het is niet eenvoudig, het beste merk hieruit te vinden. Met behulp van een *bandenmeettafel* (fig. 8) worden reeds 37 meetgegevens bepaald, waarvan de voornaamste „electrische” zijn:

- de gevoeligheid
- de vervorming
- de wisdemping
- de doordruk
- de signaal/ruis verhouding.

De *gevoeligheid* wordt vergeleken met een standaardband, bij een bepaalde waarde (20 mA) van de bijstroom. Afwijkingen van meer dan $\pm \frac{1}{2}$ dB bij 1000 Hz zijn bij eenzelfde electriche apparatuur niet toelaatbaar.

Voor de *frequentie-afhankelijkheid* zijn internationale normen vastgesteld en is een *standaard-weergeef circuit* aangenomen. Dit standaard-kanaal bezit een „ideale” weergeefkop, waarbij de ijzerverliezen en de spleetverliezen verwaarloosbaar zijn. Aangezien de eerste soort alléén frequentie-afhankelijk zijn en de tweede soort golflengte-afhankelijk, kan men de eerste soort bepalen door een opgenomen band met „glijtoon” met verschil-

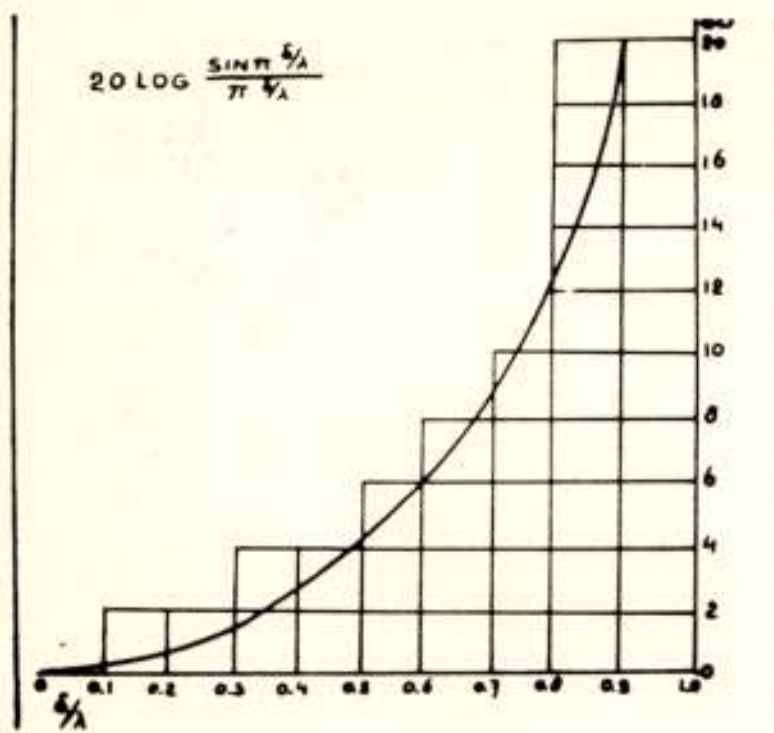


Fig. 9.

De spleetfunctie, die verzwakking van hoge frequenties veroorzaakt.

lende snelheid af te spelen. Laat men de golflengte-schalen samenvallen, dan is het verschil in frequentie-karakteristiek bepaald door de ijzerverliezen. De golflengte-afhankelijke verliezen bepaalt men uit de effectieve spleetlengte δ door de formule:

$$20 \log \frac{\sin \frac{\pi \delta}{\lambda}}{\frac{\pi \delta}{\lambda}} \quad (\text{fig. 9}).$$

De effectieve spleetlengte volgt uit het eerste minimum

in de frequentie-karakteristiek, waarvoor $\sin \frac{\pi \delta}{\lambda} = 0$ of $\delta = \lambda_g$.

De e.m.k. in de „ideale” weergeefkop wordt nu versterkt

volgens een verloop, dat gelijk is aan dat van de modulus van een impedantie van de serie-schakeling van een C en R , waarvan de tijdconstante = $35 \mu \text{ sec.}$ bedraagt (voor $76,2 \text{ cm/sec.}$ en $38,1 \text{ cm/sec.}$). De tijdconstante is $100 \mu \text{ sec.}$ voor $19,05 \text{ cm/sec.}$ en $200 \mu \text{ sec.}$ voor een bandsnelheid van $9,53 \text{ cm/sec.}$.

Schematisch komt men zodoende tot de standaardgrootheden als aangegeven in fig. 10.

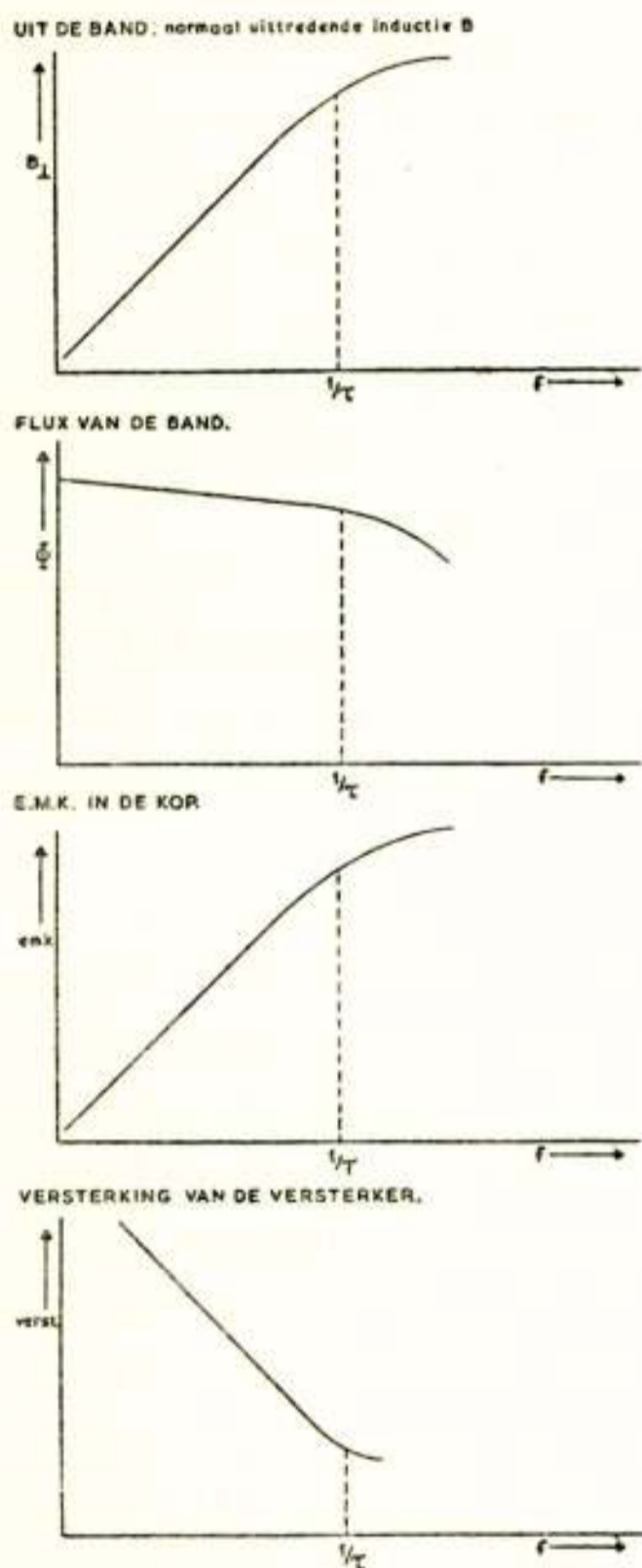


Fig. 10.

Standaardgrootheden.

De schakeling van de weergeefversterker kan zo gemaakt worden, dat de ijzerverliezen geen rol spelen, zodat men voor het meten van een dergelijke versterker slechts een zelfde impedantie aan de ingang behoeft aan te sluiten. Dit is bv. een ferroxcube spoel, waarop een éénwindingswikkeling met constante stroom wordt gevoed. Dit simuleert dan de juiste E.M.K. van de kop. Een dé-emphasis voor de stroom van $35 \mu \text{ sec}$ behoort dan een constante uitgangsspanning te geven. (fig. 11) Een andere methode om het standaard-weergeefcircuit te bepalen is een meting met *brede spleet*. Er ontstaan dan vele minima en maxima, waarbij de lijn door de maxima van de e.m.k.'s de flux geeft vermeerderd met 2 dB/oct. (fig. 12).

Voor de *uitwisselbaarheid* van de banden is verder een nauwkeurige loodrechte instelling van de spleten noodzakelijk. Dit kan langs optische weg geschieden doch eveneens door op een zgn. *homogene* band een hoge toon op te nemen en deze getwist of normaal af te spelen.

In beide gevallen moet de weergeefkopstand optimaal zijn. Een precisie van enkele boogminuten is vereist.

De *vervorming* is afhankelijk van de uitsturing; deze wordt zó ingesteld dat de vervorming maximaal 3% bedraagt (intermodulatie 10%). De *wisdemping* hangt af van de tijd dat een signaal op de band heeft gestaan en wordt ongeveer 10 dB

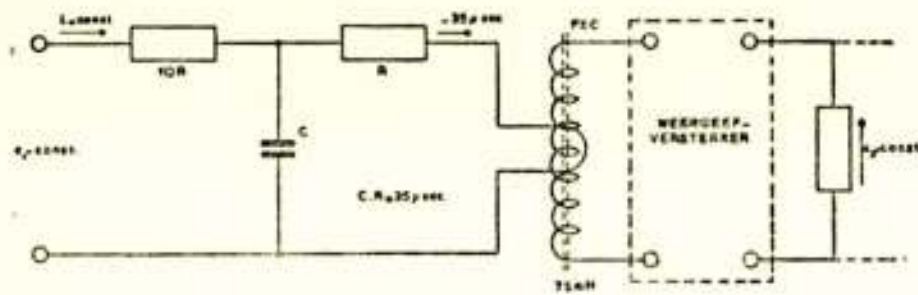


Fig. 11.
Meetschakeling
voor een weergeefversterker.

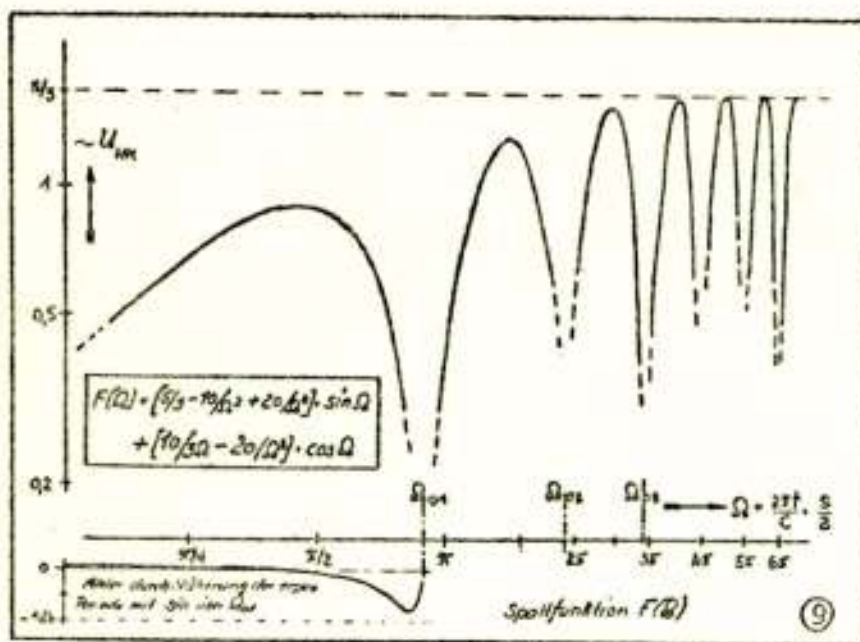


Fig. 12.
Weergeef-karakteristiek van een magneto-
foon kop met brede spleet.

de verzadigingswaarde (resp. 16000 en 3400 Gauss) maar daarnaast een permeabiliteit die vooral bij hoge temperaturen lager is dan voor Hyperm. Het dwarsveld is daardoor relatief aanzienlijk lager dan het langsveld. Men vergroot daarom de inwerktijd van het dwarsveld door in 2 spleten achtereenvolgens de band te wisselen. Bovendien kan men de wisselfrequentie nu hoger kiezen, (110 kHz), waardoor het aantal ompolingen tijdens het passeren groter wordt (2 spleten van $50 \mu m$). Het opgenomen vermogen voor éénzelfde wisseldemping wordt gereduceerd van 3 W tot 150 mW.⁴⁾

Om sterkere wisseldemping te verkrijgen en om gehele spoelen ineens te wisselen (voor batterij gevoede kleine magnetofoons) gebruikt men 50 Hz wisselvelden van 3000 à 5000 Gauss; ook met behulp van een ontlading van een condensator ($4 \mu F - 6 kV$) en een grote luchtspoel kan een voldoende grote wisseldemping worden bereikt.

De doordruk. Dit nadelige effect is sterk afhankelijk van het bandtype; de meeteis hiervoor is dat na een opgespoelde tijd

slechter voor 2 maanden „postrecording time”. Bij directe meting dient de wisseldemping $> 65 dB$ te bedragen. Niet alleen moeten langs-magnetisatie's volledig worden gewist, waarvoor een betrekkelijk grote tijd ter beschikking is (spleetlengte $200 \mu m$), doch evenzeer dwarsmagnetisaties. Aan de randen van de spleet is hiervoor een dwars-wisseld aanwezig, dat echter zwakker is en korter inwerktijd heeft dan het langsveld.

De nieuwere wiskoppen van Ferroxcube (III B), die de voorkeur verdienen boven de koppen met Hyperm uit een oogpunt van slijtage en elektrische verliezen, hebben slechts $\frac{1}{4}$ van

van 24 uur bij een temperatuur van 25°C de doordruk niet groter mag zijn dan -52dB . Dit betekent dat na 1 jaar de doorgedrukte signalen toch wel zijn toegenomen tot -48dB . Onder omstandigheden is de meeteis beslist te gering, maar verbetering schijnt moeilijk te bereiken door de bandproducenten; anderzijds zijn de middelen om dit effect te verminderen riskant. Deze middelen berusten op een verschil in stabiliteit van beide signalen; zo kan een zwak wisveld, dat het nuttige signaal slechts 1dB verzwakt, voor het storende signaal reeds een onderdrukking van 10dB geven. Ook een „vrije” tijd, voordat de band wordt afgetast (bv. grote omloopweg, voordat de kop wordt gepasseerd), zodat de band enige tijd zonder invloed van het naburige signaal verkeert, werkt gunstig.

Als praktische toepassing van dit effect is de zgn. „*contact-printing*” ontstaan, waarbij onder invloed van een zwak h.f. bijveld het signaal van een moederband wordt gecopiëerd op een dochterband. Het nadeel hierbij is dat de frequentie-afhankelijkheid van deze doordruk reeds op de moederband moet zijn gecompenseerd, hetgeen het gevaar van oversturing met zich brengt.

De mechanische eisen zijn o.a. de *elastische* ($< 1\%$) en de *plastische rek* ($< 0,15\%$) die wordt bepaald door een kracht van 1kg gedurende 1min. op een bandlengte van 1m te laten werken.

Voor *schokbelasting* wordt een valproef gebruikt, waarbij onder een vóórbelasting van 150gram , een gewicht van 100gram over een hoogte van 250mm valt. De monsterlengte bedraagt 10cm .

Andere mechanische eisen zijn moeilijker in cijfers vast te leggen maar niettemin belangrijk. Zo heeft men nog de begrippen: sabelvormigheid, dwarskromming, lasbaarheid, vastheid van poederlaag, etc.

Bijkomende gebruikshandelingen

Is de tijdsduur van één spoel niet voldoende, zo moet op een tweede machine het vervolg worden opgenomen. Dit geschiedt door *overlapping*. Tijdens het weergeven wordt de tweede machine een voorsprong gegeven (d.m.v. aankleven van z.g. ruiters), waarna door afschakelen van de toonmotor de voorsprong wordt geëgaliseerd (vóór-afluistering op hoofdtelefoon).

Het *knippen* geschiedt onder 45° om een geleidelijke overgang te verkrijgen. Het *plakken* geschiedt ofwel door een oplosmiddel

of met behulp van speciale kleefband, die geen klevende naverwerking vertoont.

Bij het opnemen van hoorspelen komt vaak het z.g. *terugnemen* voor. Hierbij wordt bij het maken van een fout van de artisten, de opgenomen band teruggespoeld, daarna weergegeven op een decor luidspreker in de studio, waarna op een afgesproken punt continue wordt overgegaan tot opname. Deze mogelijkheid bezitten amateur-apparaten in het algemeen niet.

Ook komt het z.g. *in-copiëren* voor, waarbij in een opgenomen band een bepaald gedeelte wordt vervangen door een andere modulatie. Men speelt daartoe de band af met gedeeltelijk afgeheven band (raakt slechts aan weergeefkop), terwijl toch reeds de wisstroom en de bijstroom door de andere koppen vloeien. Op het gewenste moment start men de gewenste „inlas” en laat de bandafheffing schieten. Eerst dient dan de *opnamekop* in contact te komen met de band en daarna de wiskop om een soepele overgang te verkrijgen.

Soms wenst men een bepaald gedeelte uit een band alleen te wissen; om de band niet van te voren te behoeven te merken, of een extra weergeefkop aan te brengen, kan men wissen tijdens de terugspoelbeweging en subjectief de informatie schatten.

Het verbruik.

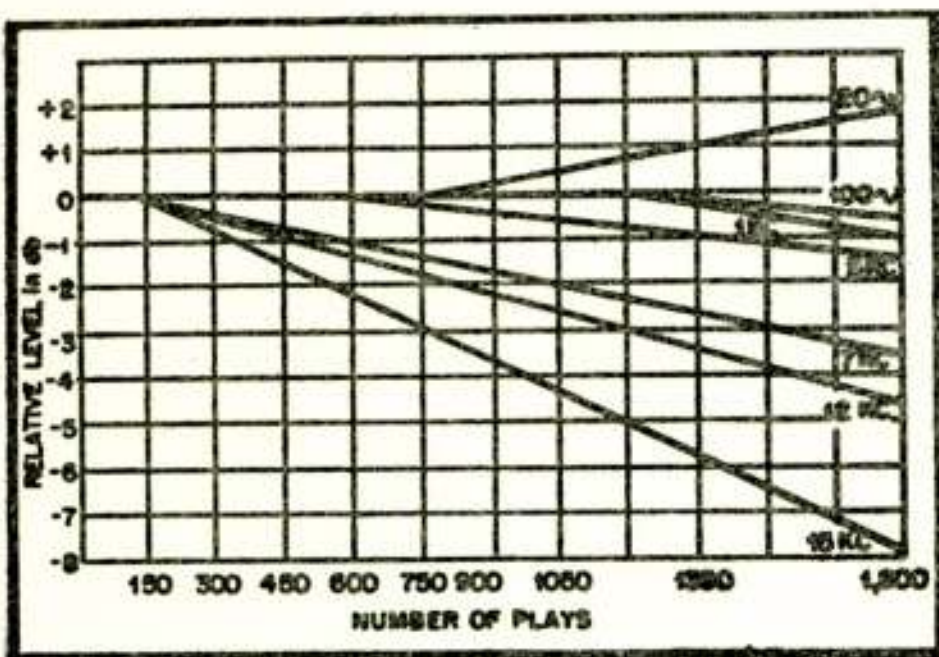


Fig. 13.

„Slijt”-proeven van magnetofoonbanden.

Een belangrijke vraag was vroeger, *hoeveel malen* een magnetofoonband kon worden *afgespeeld*; hierbij zal de associatie met de grammofoonplaat niet vreemd zijn geweest.

Thans is de vraag meer een theoretische en kan men zeggen: praktisch ongelimiteerd. De theoretische limiet wordt gesteld door de volgende verschijnselen:

- 1) Toename van het ruisniveau door het vormen van ongelijkmatigheden in het materiaal (na 1000 × belangrijk).
- 2) Ongelijke rek van de band over de dwarsdoorsnede geeft onvlakke spoelen (slecht spoelen na 100 ×).

- 3) Verlies van hoge tonen door mechanische afschuring (na $1000 \times$ belangrijk (fig. 13).³⁾

Een minder theoretische vraag is, *hoe lang* een opname bewaard kan worden, dus m.a.w. is de magnetofoonband geschikt als *archief*-materiaal. Een goede band (waarbij de magnetische laag goed gehecht is aan de drager) behoeft *mechanisch* niet achteruit te gaan, mits de vochtigheid $\approx 60\%$ bedraagt en de temperatuur $\approx 18^\circ \text{C}$; de lassen kunnen op den duur verharderen en daardoor de band vervormen. Electricisch gezien neemt de *doordruk* steeds toe; men vermijdt daarom wisselvelden $> 50 \text{ mGs}$ en temperaturen $> 25^\circ \text{C}$. Opwikkelen met papier tussen de windingen of ook het copiëren na iedere 5 jaar onder toepassing van anti-doordrukmiddelen, maakt de goede band toch geschikt als archiefmateriaal (omstreeks 100 jaar).

Wordt een bepaalde band herhaalde malen voor een opname gebruikt? Aanvankelijk meende men door deze mogelijkheid een groot economisch voordeel te bereiken, maar in het professioneel gebruik blijkt, dat slechts $8 \times$ een band voor herhaald opnemen wordt gebruikt. Daarna is er teveel in geknipt, geplakt, mechanisch vervormd, etc., om nog volkomen betrouwbaar te zijn.

De *bedrijfszekerheid* van magnetofoons is bij juist onderhoud groot. Niettemin is voor eenzelfde „break-down” kans, de herhalingscyclus voor periodiek onderhoud kleiner dan b.v. voor elektronische apparaten. Statistische cijfers zijn bekend van E n k e l, waarbij voor 50% storingskans de volgende onderhoudstijden worden ontleend:

Magnetofoon-loopwerken	18 dagen
Condensator-microfonen	19 weken
Versterkers	7 maanden (zie fig. 14)

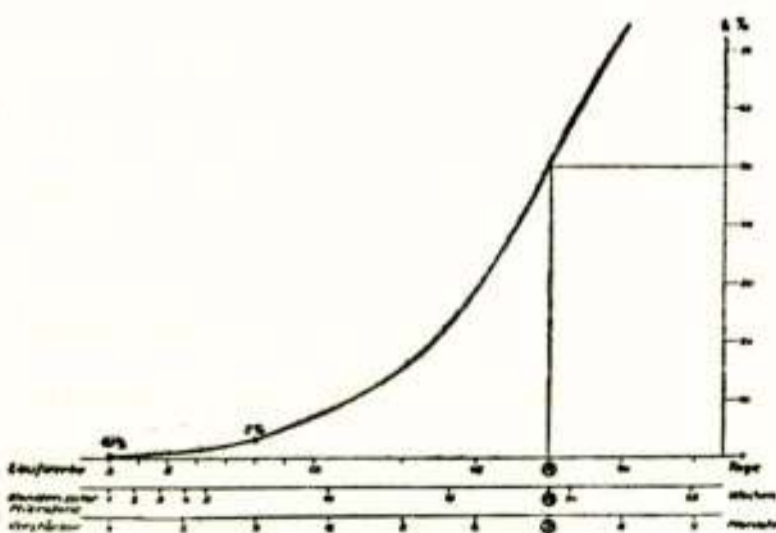


Fig. 14.

Statistische vergelijking van bedrijfsstoringen voor resp.: magnetofoons, condensator-microfoons, versterkers.

Een juistere basis lijkt het aantal bedrijfsuren, zeker in een bedrijf, waar naar verhouding weinig „rust” voorkomt. Urentellers zijn dan aangewezen. Bij de radio-omroep vindt na ≈ 120 uur een kleine revisie van de loopwerken plaats en na 500 uur een algehele revisie; voor controle-kamers geschieden controle-metingen na ≈ 200 uur (versterkers *en* schakelmateriaal) en volledige metingen na ≈ 1500 uur.

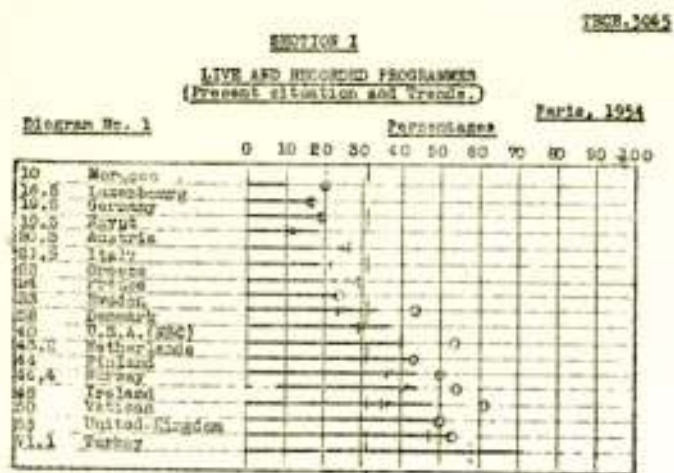


Fig. 15a.

Verhouding van directe radio-uitzendingen tot opgenomen programma's.

Table No. 1 Paris, 1954

COUNTRY	NUMBER of PROGRAMS	PERCENTAGES		
		Live Programs	Internal	RECORDED COMMERCIAL or exchanged
Germany (FRG)	81,000	39.5	60	20.5
Austria	14,000	41.5	45.5	33.5
France	7,476	44	55	16.5
Egypt	2,476	40.5	35	22.5
Finland	2,284	46.4	35	23
Denmark	22,700	45	45	33
Greece	2,000	43	22.5	25.5
Ireland	2,270	49	20	30
Italy	20,000	42	61	17.5
Luxembourg	10,000	36.8	17.5	26
Norway	2,000	48	30	22
Netherlands	22,500	46	30.5	23.5
United Kingdom	51,000	51	48	9
Sweden	10,540	48	20	32
Turkey	20,000	51.1	9.5	38.5
U.S.A. (NBC)	2,000	45.5	60	10
Vatican	2,100	50	40	10
TOTAL	200,000	45	40	25

Fig. 15b.

Verhoudingen van directe- en uitgestelde uitzendingen in cijfers.

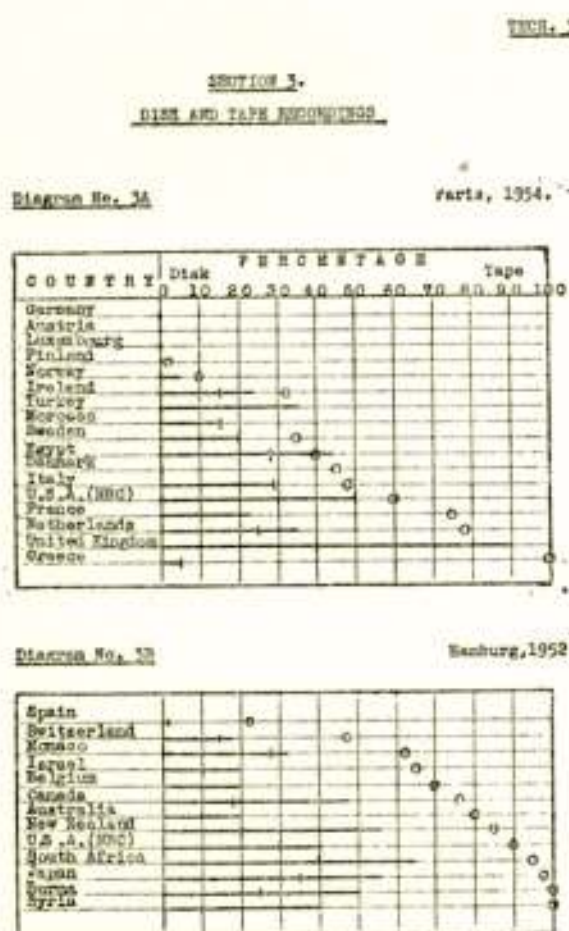


Fig. 16.

Verhouding tussen eigen-opname op plaat en band voor verschillende omroep-organisaties.

In totaal zijn thans voor de radio-omroep in gebruik:

1500 versterkers, etc.

100 magnetfoon-loopwerken

30 gramfoon opname-machines

100 „ „ weergeefmachines

400 microfoons.

De kopslijtage.

Met de huidige koppen van μ -metaal is vervanging noodzakelijk na 500 uur; dit zal ongeveer 10 maal gunstiger worden wanneer ferroxcube toegepast kan worden. Hiertegenover staat, dat de uitval tijdens de productie veel groter is (50%) en de prijs waarschijnlijk hoger. Voor de weergeefkop geldt dit het sterkst, daar de effectieve spleetbreedte groter is dan geometrisch, die dus wel zeer klein moet zijn (4 μ m).

Het bandverbruik is thans voor de radio-omroep gemiddeld 200 km per maand, veroorzaakt door de intense toepassing van de magnetische registratie t.o.v. de plaat-opname.

Fig. 15 laat zien, dat gemiddeld voor de Europese Omroeporganisaties 70% van de programma's niet direct plaats vindt, maar dat naar schatting toch steeds 25% van de programma's direct zullen blijven.

Tevens ziet men, dat van de „re-

corded programs" slechts een kleiner deel bestaat uit *handelsplaten* (23 : 46).

In fig. 16 is voor de verschillende landen de verhouding: eigenplaatopname tot bandopname gegeven. Gemiddeld wint de band veld en is nu reeds met 80 : 20 in het voordeel. Anderzijds verliest in absolute zin de plaat slechts weinig door de stijging van de totale „recorded program" tijd.⁷⁾⁸⁾

Fig. 17 geeft tenslotte een beeld van een registratiekamer en fig. 18 dat van een hoofd-weergeefkamer. Deze HWK dient om gedurende het dagprogramma alle eigen opnamen weer te geven en is daarom geen „opname" kamer.

Toepassingen.

In het reeds genoemde toepassingsgebied vindt men magnetofoons van diverse vorm. Voor reportage-doeleinden zijn *batterij* gevoede apparaten ontwikkeld, waarbij een veer de motor drijft; ook kan een kleine accu een electromotor drijven. Moest men door de compacte bouw afzien van mogelijkheden zoals: wissen, snelspoelen, aparte weergave-versterker etc., met behulp van transistoren, ferroxcube-koppen worden ook deze apparaten vollediger. Fig. 19 toont U een professioneel reportage-apparaat. Het kleinste op dit gebied is wel de „Minifon", dat met draad werkt en niettemin een redelijke kwaliteit geeft.

Van de *aanverwante* toepassingen kunnen genoemd worden:

De Muziek. Met behulp van de magneetband kan men „bestaande" muziek omvormen op velerlei manieren, zoals daar zijn: de snelheid van de band variëren, „achterste voren" inlassen, galmeffecten toevoegen, galmvolgorde omkeren, etc. Dit alles kan men dan nog weer met meerdere magnetofoons doen en als een „canon" samenvoegen. Het oordeel over deze toepassing varieert van afschuw tot verering, maar maakt de taak van technicus en musicus disputabel.

De lusweergave. Met behulp van een lus zonder einde kan men een kort fragment steeds laten herhalen. Hiervan stamt b.v. de *pauzeteken-machine* (fig. 20), waarop ongeveer 1 minuut herkenningssignaal kan worden opgetekend.

Met zo'n lus kan men ook eenvoudig zich reeds voorgedaan hebbende storingen alsnog vastleggen op een normale magnetofon (fig. 21). Het inschakelen van de normale magnetofon kan met de hand geschieden, of wel automatisch.

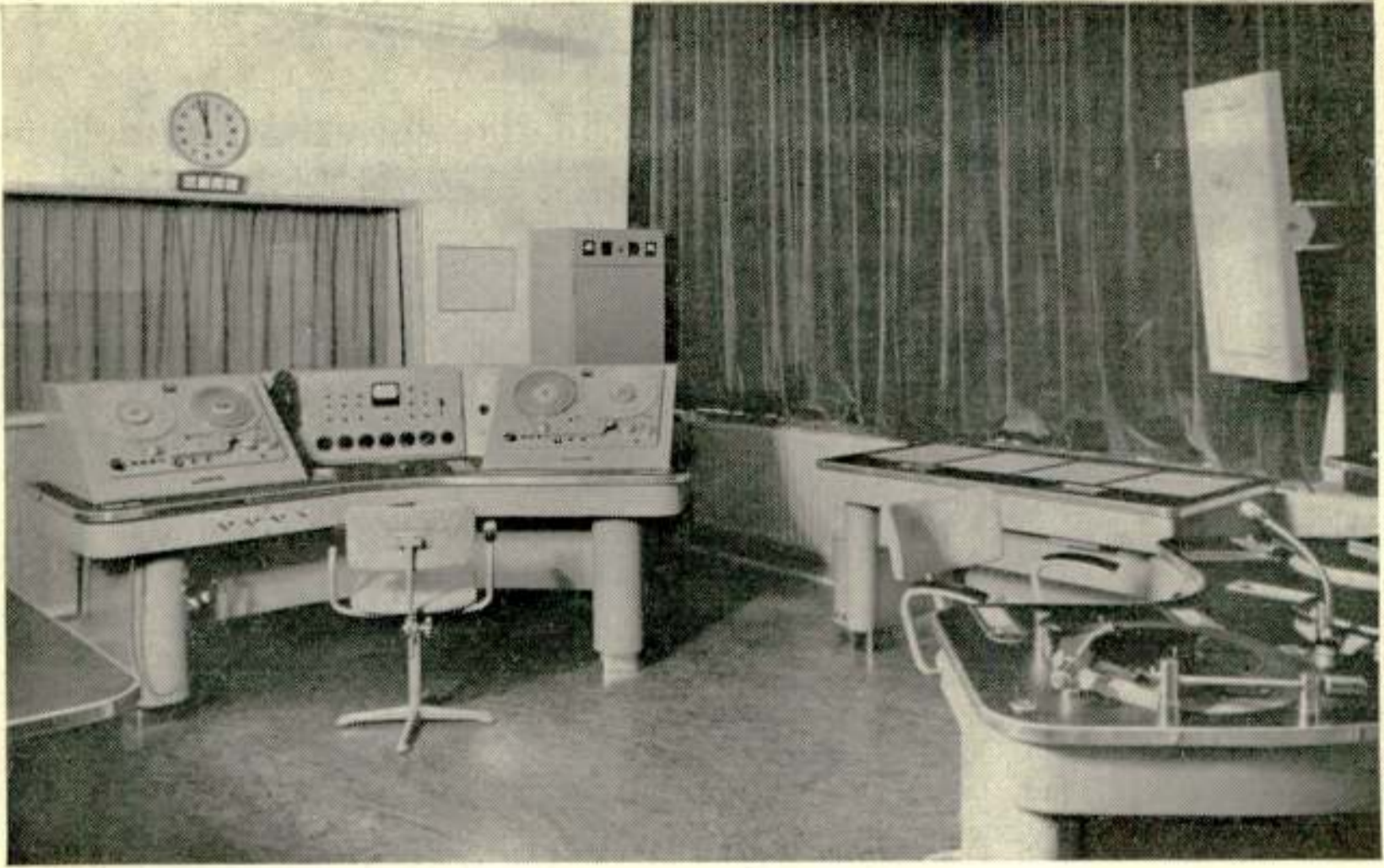


Fig. 17.

Een registratiekamer van de N.R.U., geïnstalleerd in de N.C.R.V.-studio.

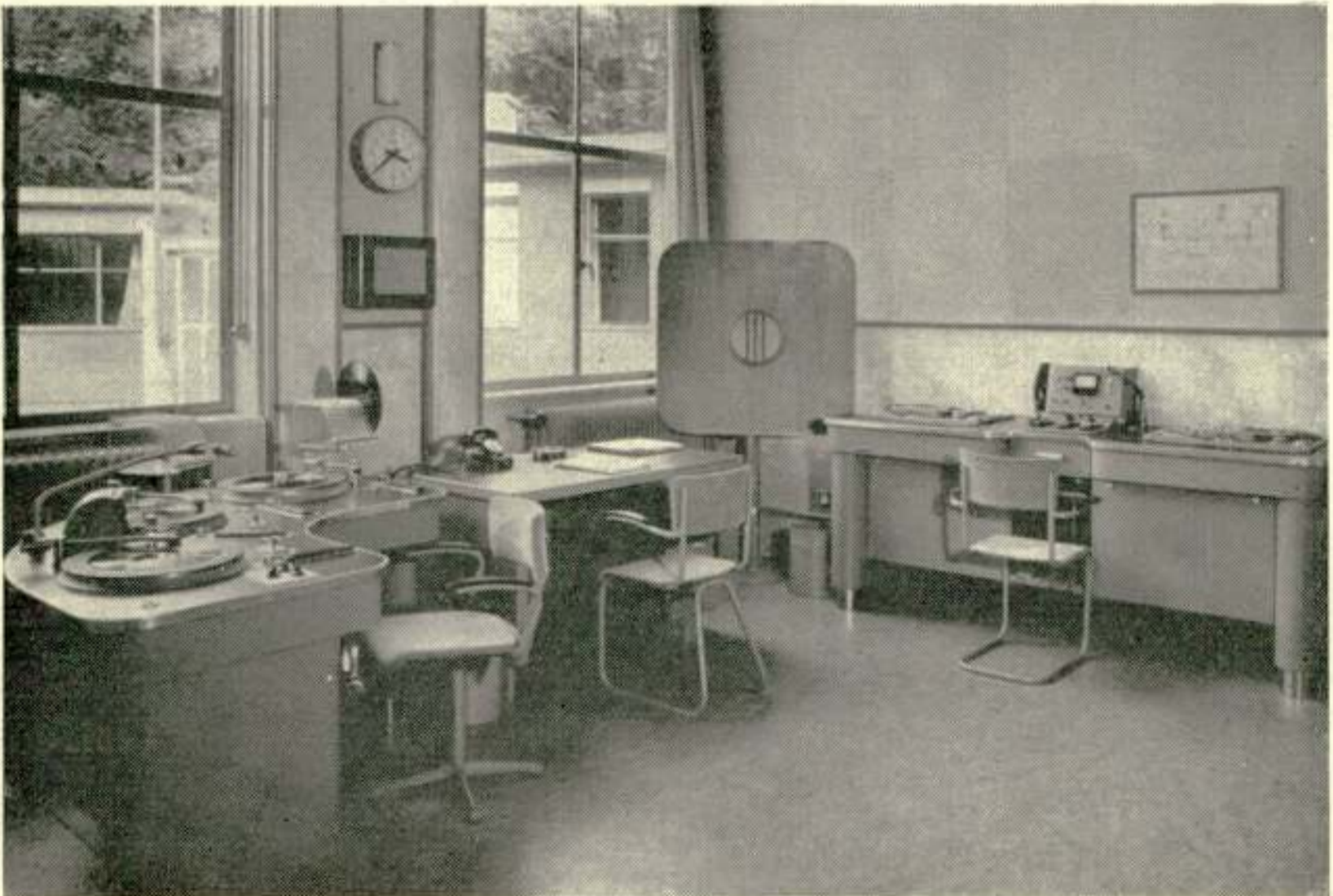


Fig. 18.

De hoofdweergeefkamer in de A.V.R.O.-studio.

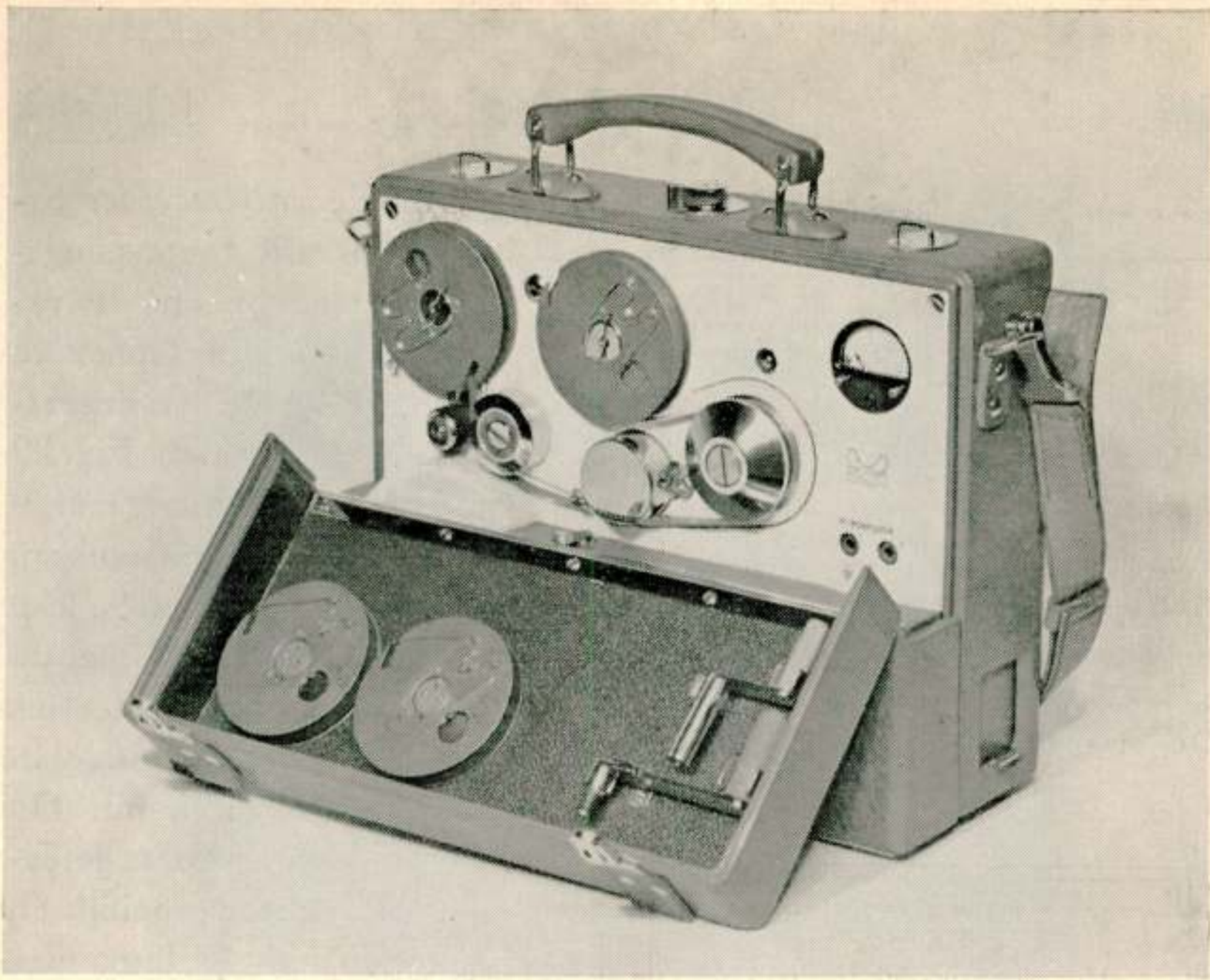


Fig. 19.

Draagbaar magnetofoon-apparaat, geschikt voor 6 min.
continue opname-tijd.



Fig. 20.

Pauzeteken-machine. Op het wiel bevindt zich een magnetofoonband in
een groef. De kop heeft geen contact met de band.

- een constante toon opnemen (bij voorkeur 5 kHz) en deze direct daarna afspelen op een geometrisch andere plaats dan tijdens de opname. Men is dan onafhankelijk van excentriciteiten en kan de weergegeven toon analyseren met een jankmeter.
- 2) het *iteratie-procédé* werkt als een vergrootglas voor alle electro-acoustische elementen. Men behoeft slechts de koppen van plaats te verwisselen, zoals aangegeven in fig. 25.

Voorwaarde is slechts, dat het meet-object „slechtere” kwaliteiten bezit dan de magnetische herhaling; dit is voor vele „transducers” helaas niet het geval.

- 3) als „geheugen” wordt de magnetofoon toegepast in rekenmachines en kan zij ook bij de automatische telefonie worden gebruikt.

- 4) Voor *correlatie*-onderzoek gebruikt men ook met voordeel de gesloten magnetische lus, waarbij de verschuivingstijd τ continue kan worden gevarieerd (zie fig. 26).

De waarde van de integraal

$$\frac{1}{T} \int_0^T f(t) \cdot f(t - \tau) dt$$

kan dan langs elektronische weg worden geregistreerd met als parameter de verschuivingstijd τ .

- 5) In de *phonetiek* heeft men eveneens in de magnetische registratie een belangrijk hulpmiddel verkregen.

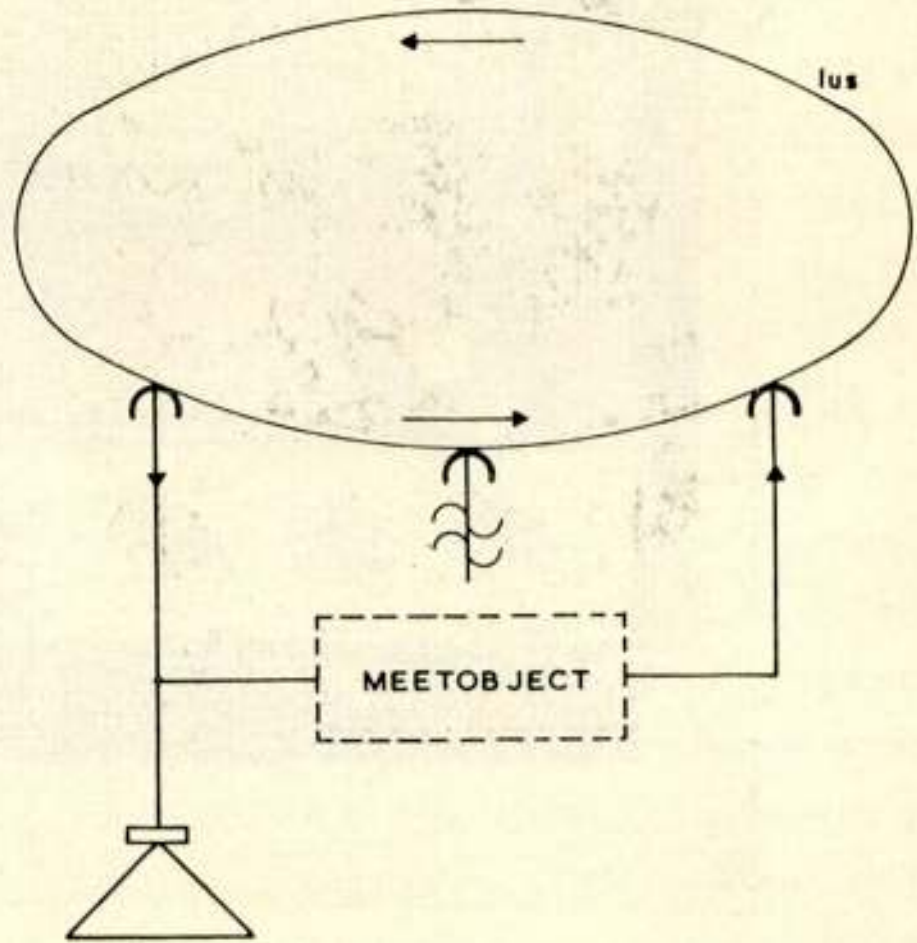


Fig. 25.
Iteratie procedé.

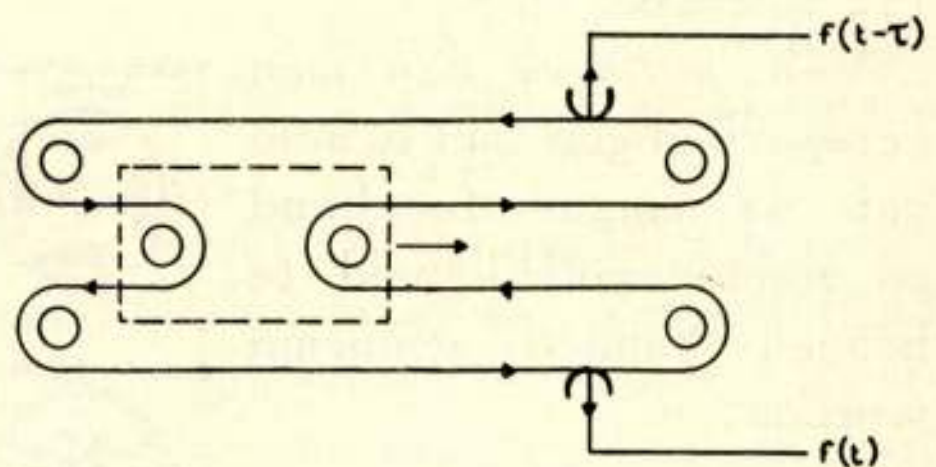


Fig. 26.
Lus voor correlatie onderzoek.

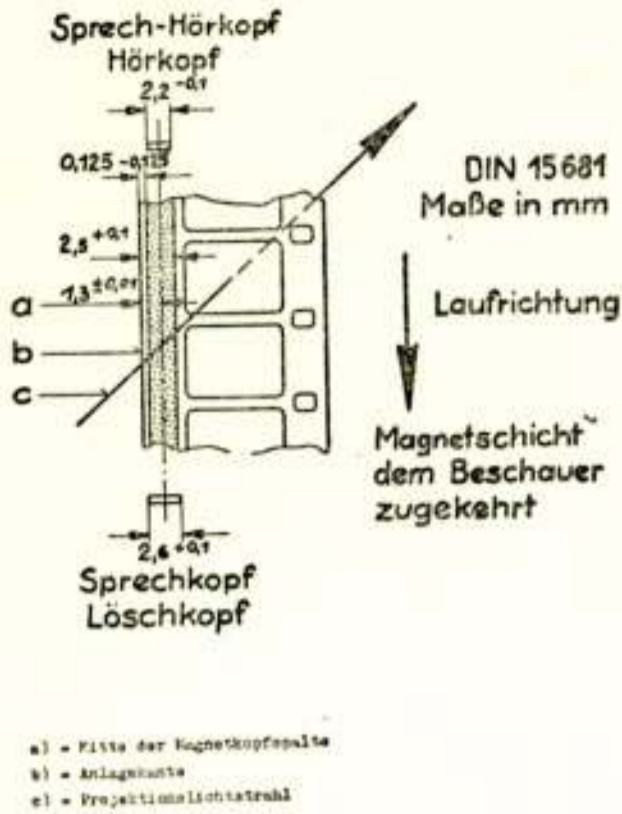


Fig. 27.

Gestandaardiseerde film met magnetische strip voor uitwisseling van Televisie-programma's.

Gecombineerd met *beeldfilm* is er een betere mogelijkheid ontstaan om het geluid op te tekenen. Sporen van 2,5 mm zijn voldoende voor goede kwaliteit en met normaal-film kunnen gemakkelijk 3 sporen worden „geborgen”. Voor *televisie-programma's* is de 16 mm gestandaardiseerd, waarvan fig. 27 een beeld geeft.

Fig. 28 geeft voor 16 mm enkele andere mogelijkheden. Het grote voordeel is gelegen in het feit dat „striping” kan worden toegepast, zowel vóór als ná het chemisch procédé. De „striping” geschiedt voor negatief en omkeerfilm aan de zijde van de drager, voor positief film aan de emulsie-zijde.⁹⁾

Voor het *synchroniseren* van beeld en geluid op afzonderlijke films heeft men eveneens systemen ontwikkeld; met behulp van de vertanding van beide films en het geleidelijk „op gang” brengen, wordt goed synchronisme verkregen. Deze methode is geschikt tijdens montage-handelingen.

Andere synchronisatie-methoden bestaan in principe uit het maken van een „magnetische vertanding” op de geluidsfilm; een ≈ 50 Hz signaal, afgeleid van het beeldfilmtransport b.v. wordt onder 90° opgetekend op de geluidsband, of wel wordt de bijstroom in frequentie ermede gemoduleerd. Bij het weergeven wordt het synchronisme gehandhaafd door beide spanningen van beeldprojector en van de geluidsband te vergelijken en de verschilwerking te benutten, om de geluidsband te versnellen of te vertragen. Bij *televisie-toepassing* is de beeldsnelheid geheel constant, en worden alle fluctuaties van de opnamebeeldcamera „verhaald” op de geluidsband tijdens het weergeven.

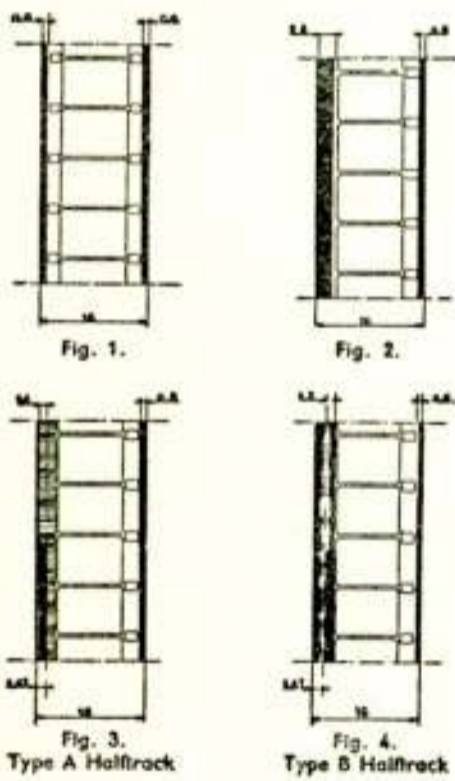


Fig. 28.

Enkele systemen van magnetische sporen op een 16 mm. beeldfilm.

Overigens kan men met goede camera's en magnetofoons

zonder enige voorzorg het synchronisme handhaven voor enkele minuten.

Een recente toepassing van de magnetofoon is het optekenen van *video* signalen, die een bandbreedte hebben van 0–5 MHz. Zou men dit willen bereiken door het opvoeren van de bandsnelheid, dan moest deze 75 m/sec bedragen ($\lambda_{min} = 15 \mu$). Dit is technisch niet uitvoerbaar, maar, beperkt men zich tot 9 m/sec.

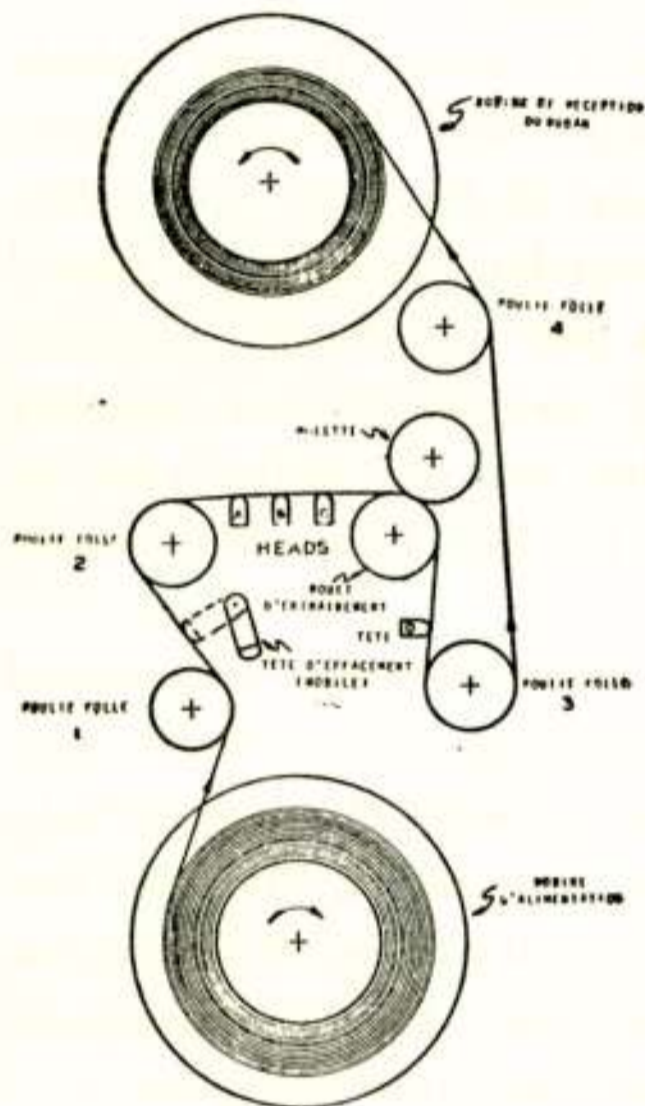


Fig. 29.

Bandloop voor het optekenen van kleuren-televisie signalen op een magnetische band (RCA-systeem).

en gebruikt men koppen met $2,5 \mu$ m spleet, dan is een grensfrequentie van 3,5 MHz bereikbaar. Dit systeem is door *RCA* ontwikkeld voor *kleuren-televisie*, waarbij een schijf van 30 cm omtrek en 30 omw/sec voor het transport zorgt (fig. 29). Vooral de constante bandspanning is hier noodzakelijk, doordat de spoelmotoren zo snel lopen (300 à 600 omw/min.). Op een film van 12,7 mm (acetaat cellulose basis) en dik 43μ m, lukt het om 4 min. *kleurenfilm* op te nemen (spoeldiam. 43 cm).

Behalve de drie grondkleuren (rood, groen, blauw), worden ook het geluid en de synchronisatie-signalen op een afzonderlijk spoor opgetekend; het geluid wordt eerst gemoduleerd op een draaggolf van 150 kHz (AM).

Voor zwart-wit beelden kan men volstaan met 6,30 mm band, waarvan de coërcitiefkracht hoog is ($H_c = 250$ Oersted).

Een andere mogelijkheid om een hoge snelheid te bereiken, is het dwarsaftasten met een bewegende kop. Zo kan men een soort „Nipkow” schijf, bezet met 75 koppen, snel laten ronddraaien, terwijl het bandtransport langzaam blijft.

Maakt de schijf 3000 toeren/minuut en is de diameter 50 cm, dan bereikt men reeds een relatieve snelheid van 75 m/sec. Op een film van 24 mm en een transportsnelheid van 45 cm/sec worden dan 3000 lijnen/sec opgetekend. De grote moeilijkheid hierbij is het goede contact tussen koppen en band te handhaven. Een verdere mogelijkheid

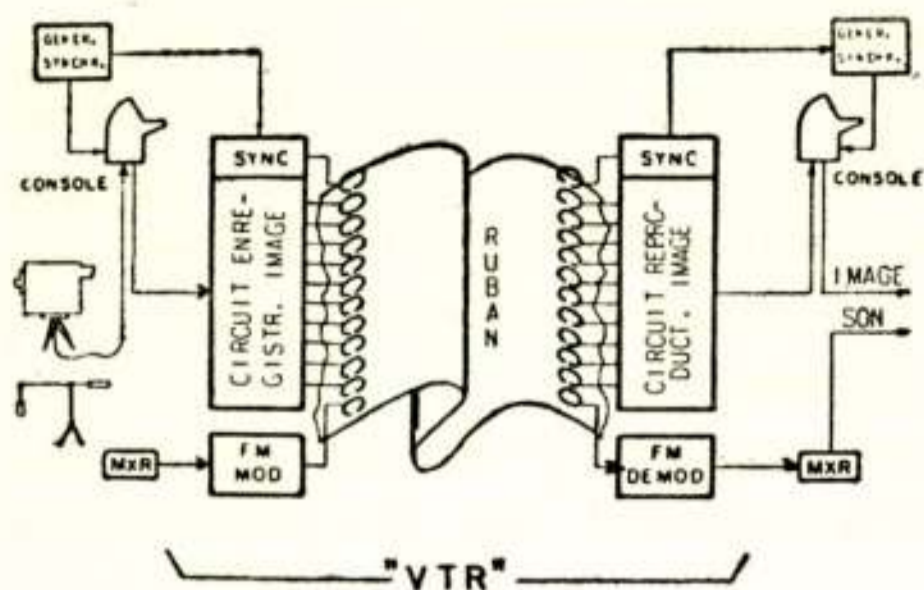


Fig. 30.

De magnetische sporen van het „Bing Crosby” systeem voor het optekenen van T.V.-signalen.

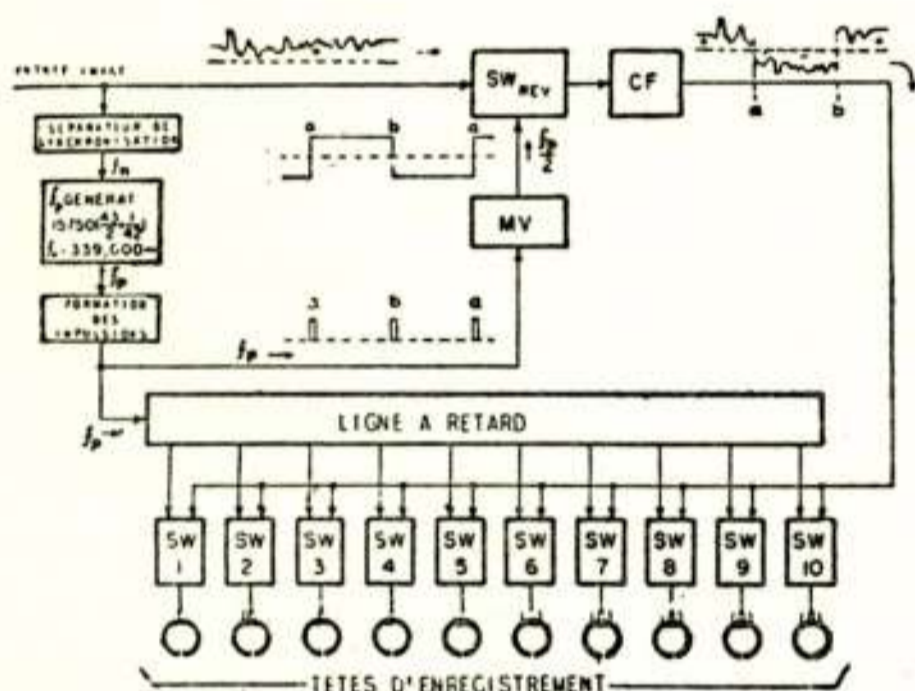


Fig. 31.

Het puls-systeem voor het verdelen van het frequentie-spectrum van een T.V.-signaal voor het magnetisch optekenen.

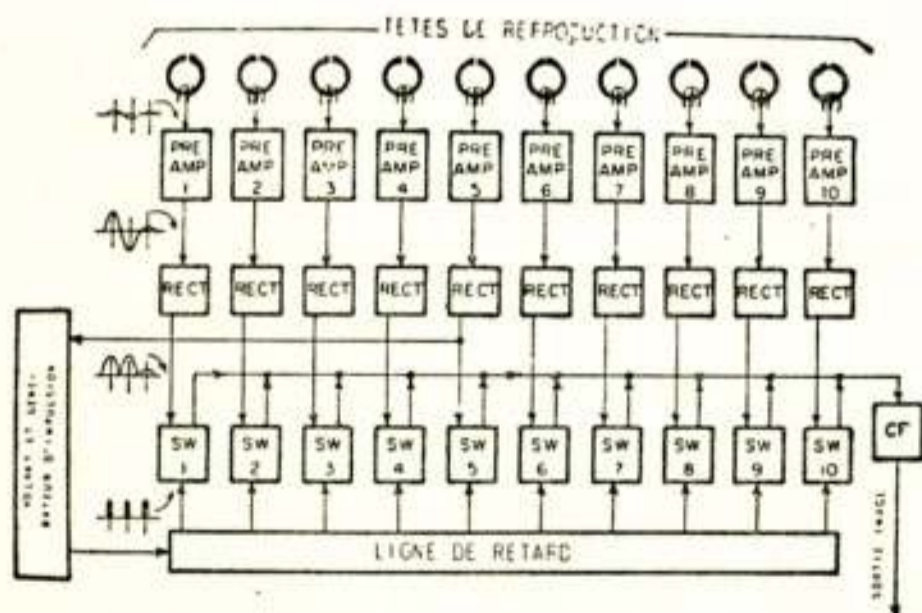


Fig. 32.

Het puls-systeem voor het sommeren van het frequentie-spectrum van een opgetekend T.V.-signaal.

wordt gevonden door de informatie te verdelen en wel op de volgende manieren:

- a) *Frequentie-verdeling*
- b) *Chronologische verdeling*
- c) *Geometrische verdeling.*

Deelt men het video-spectrum in 25 delen, dan heeft ieder kanaal slechts 200 kHz weer te geven. De bandsnelheid zou dan hoogstens 2 m/sec behoeven te zijn. Om echter 25 sporen later weer geheel volgens de goede phase-lijging samen te voegen schijnt lastig. Ook het overspreken van de sporen voor lage frequenties (< 10 kHz) is hinderlijk. Een systeem, dat zowel onder a) als b) valt, is dat van de firma: „Bing Crosby Enterprises” en lijkt in wezen veel op het *dot-sequential* systeem van de televisie.

Met 10 sporen wordt het video-signaal opgetekend op een 12,7 mm film, daarnaast apart het geluid en de synchronisatie-signalen (fig. 30).

Er worden *hulp-pulsen* gemaakt van $0,15 \mu \text{ sec.}$ tijdsduur en een herhalingsfrequentie, van $2,95 \mu \text{ sec.}$ Ongeveer $21\frac{1}{2}$ pulsen komen overeen met de lijn-

frequentie, die voor het Amerikaanse systeem $63,2 \mu$ sec bedraagt. Zodoende is de herhalingsfrequentie 339.000 Hz. Deze pulsen worden door een vertraginglijn gestuurd, waarop 10 aftakkingen, die onderling $0,295 \mu$ sec. verschillen (fig. 31). Deze pulsen openen ieder op hun beurt een opname-versterker, zodat slechts dan hetingangssignaal wordt opgetekend.

Dit ingangssignaal is echter „gepolariseerd” door een „square wave” of kanteelspanning, afgeleid van de pulsgenerator (freq. = $\frac{339}{2}$ kHz). Hierdoor vindt de optekening plaats met

een draaggolffrequentie van 169,5 kHz, die in amplitude is gemoduleerd. De bandbreedte van het totale systeem is ongeveer 1,69 MHz (aftasting van 10×339.000 punten/sec). Bij het aftasten wordt ieder signaal gelijkgericht, waardoor een sterke component van 339 kHz ontstaat. Deze component wordt gebruikt om een pulsgenerator te synchroniseren, gelijk aan die tijdens de opname. Met behulp van eenzelfde vertraginglijn worden de gelijkgerichte signalen afgetast op het juiste moment en wordt het totale signaal aan de uitgang verkregen. De component 339 kHz is hierin nog sterk aanwezig, hetgeen verminderd wordt door de pulsfrequentie met 15 Hz te wobbelen. De pulsen „schuiven” dan $0,14 \mu$ sec heen en weer, zodat dan tevens alle „overgeslagen” punten ook worden afgetast. De indruk ontstaat daardoor van een grotere bandbreedte, die echter aan scherpe randen onnatuurlijke eigenschappen geeft. Het geluid wordt hier opgetekend na frequentie-modulatie op 100 kHz draaggolf. (fig. 32)

Een geheel onconventionele methode is tenslotte het optekenen met behulp van een *electronenstraal*, die immers ook een magnetisch veld bezit en in intensiteit kan worden gemoduleerd met het video-signaal. Dit veld is echter zeer zwak (4 m Oersted voor 0,2 mA), maar kan worden versterkt door de straal een roterende beweging (100 MHz) te laten uitvoeren. Een veldsterkte is nodig van ongeveer 100 Oersted, en een factor 10^4 moet worden gewonnen; het materiaal dient n.l. eerst verzadigd te zijn, omdat een electronenstraal een cirkelvormig veld bezit en er dus geen magnetisatie buiten het oppervlak uitkomt, indien aanvankelijk het magnetisch materiaal neutraal zou zijn. Een verdere moeilijkheid is om de electronenbundel (vacuum) in contact te brengen met de band; de bundelscherpte kan met huidige televisie-projectiebuizen worden bereikt, terwijl de bandsnelheid gelijk kan zijn aan die van normaal film (45 cm/sec).

Voor het aftasten van een dergelijke opname kan men een electronenstraal laten afbuigen, die met lijnfrequentie de band afzoekt. Deze afbuigingen kunnen ladingen induceren in een mozaïek en verder video-spanningen geven zoals bij de camera.

Hoewel de laatste methode meer een idee is dan een toepassing, is het door het volkomen ontbreken van massa van het „schrijvende” of „lezende” middel een beschouwing waard geworden. Overigens moet op dit gebied de gewone beeldfilm eerst worden verdrongen, voordat de magnetische video-optekening zijn toepassing kan vinden.

Het grote commerciële argument, dat zo'n band steeds weer is te gebruiken, heeft echter door de ervaring met de laagfrequent toepassing een gevoelige klap gekregen.

LITERATUUR

- 1) *l'Onde Electrique*;
Mrt 1954 Congrès International de l'Enregistrement. Paris 1954.
Oct. 1954 Congrès International de l'Enregistrement. Paris 1954.
- 2) *Funk und Ton*; Z w i c k e r: Die Hörbarkeit von Tonhöenschwankungen.
Juli 1953.
- 3) *Audio Engineering*; W. S. L a t h a m: Limitations of Magnetic Tape.
Sept. 1952.
- 4) *Techn. Hausmitteilungen*; R. C r u e l: Entwicklungsbericht über Ferrit-
magnettonköpfe. Mrt 1953.
- 5) *Techn. Mitteilungen P.T.T.* (Bern); P. H. W e r n e r: Die mechanischen
Eigenschaften verschiedener Magnettonbänder und ihr Einfluss auf die
Aufnahmequalität. No. 5, 1952.
- 6) *Funk und Ton*; H. S c h i e s s e r: Einrichtungen zur Erzeugung künst-
lichen Nachhalls. Juli 1954.
- 7) *U.E.R. Bulletin* Juli 1953; Magnetic Recording Convention. Hamburg,
Juli 1952.
- 8) *U.E.R. Document*. Paris, 1954. H. A n g l è s d' A u r i a c: The present
situation and trends of sound recording in sound and television broad-
casting.
- 9) *Kinotechnik*; H. L a u e r: Schmalfilm mit Magnetton in S.W.F. Fernseh-
betrieb. Juli 1954.
- 10) *Journal of the S.M.P.T.E.*; F. C o m e r c i: Perceptibility of flutter in
speech and music. Mrt 1955.



Versterktrap met monotoon stijgende sprongkarakteristiek

door J. Roorda *)

SUMMARY

The transient reponse of a loaded amplifier tube is investigated. The purpose is to derive design formulae for the composition of the load so as to obtain a monotonic increasing reponse curve with as small a rise-time as possible.

It is assumed that the circuit is excited by a Heaviside unit pulse. By applying a Laplace-transformation the impedance- or admittance-operator to comply with the prescribed monotonic increase of the transient response curve is found. The next step is then to devise a circuit with an indicial impedance or admittance equal to the found operator.

Due consideration is given to the fact, that a circuit containing pure capacitances and inductances can not exist in practical cases. In the devised circuits all capacitances are therefore supposed to be leaky and all inductances to have a series-resistance.

It is shown that the rise-time of the amplifier circuit can not be decreased below a certain limit, given by the internal resistance and capacitance of the tube. It is further shown in which way and to which extent the rise-time can be improved assuming a monotonic increase of the transient reponse curve.

1. Inleiding.

Als een netwerk wordt geëxciteerd door een spannings- of stroomsprong, dan zal de uitgangsspanning of -stroom geen sprong vertonen, daar de onvermijdelijk in het netwerk aanwezige zelfinductie en capaciteit een abrupte (d.w.z. sprongsgewijze) verandering van stroom en spanning verhinderen. Onder de *sprongkarakteristiek* van het netwerk wordt nu verstaan de uitgangsspanning of -stroom als functie van de tijd bij excitatie door een spannings- of stroomsprong.

Bij abrupte verandering van de ingangsgrootte (stroom of spanning) bereikt de uitgangsgrootte (spanning of stroom) theoretisch eerst na oneindig lange tijd de eindwaarde of stationnaire waarde. Practisch echter veel eerder, als wordt aangenomen, dat de stationnaire waarde reeds dan is bereikt als

*) Van der Heem N.V., Den Haag.

het verschil tussen de werkelijke waarde en de theoretisch bereikbare eindwaarde onmeetbaar klein of onwaarneembaar klein is geworden.

De overgang van de beginwaarde naar de eindwaarde kan op verschillende wijzen geschieden, m.a.w. de sprongkarakteristiek kan verschillende vormen aannemen. De hoofdvormen, voorgesteld in fig. 1, zijn de volgende:

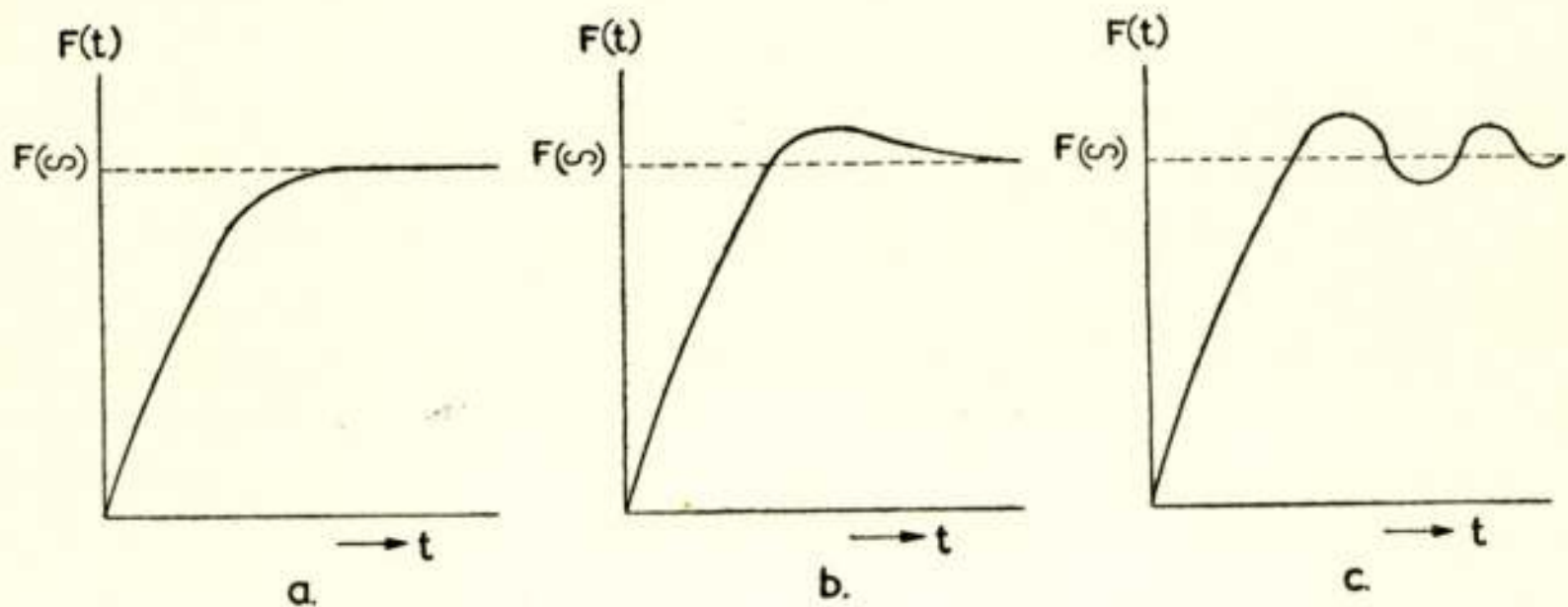


Fig. 1.

Typische vormen van de sprongkarakteristiek van een netwerk.

- a) de sprongkarakteristiek kan monotoon stijgend de eindwaarde asymptotisch naderen;
- b) de sprongkarakteristiek kan door de eindwaarde schieten en na het doorlopen van het maximum monotoon dalend de eindwaarde asymptotisch naderen;
- c) de sprongkarakteristiek kan na doorschieten door de eindwaarde deze gedempt oscillerend naderen.

De drie mogelijkheden zijn schematisch in fig. 1 *a*, *b* en *c* voorgesteld, waarin de uitgangsgrootheid zeer in het algemeen door $F(t)$ is aangegeven.

Nu is het bij versterkers in vele gevallen ongewenst, dat er bij abrupte verandering van de ingangsgrootheid doorschieten van de uitgangsgrootheid optreedt. Met name in videoversterkers kan doorschieten een hinderlijke beeldvervorming ten gevolge hebben. Het is dus van belang om te onderzoeken op welke wijze versterktrappen met monotoon stijgende sprongkarakteristiek kunnen worden verkregen. Dat niet alleen, maar tevens versterktrappen, die aan de gestelde voorwaarde voldoen en bovendien in staat zijn om de abrupte verandering van de ingangsgrootheid zo snel mogelijk te volgen. De stijgtijd van de versterker moet m.a.w. zo gering mogelijk worden gehouden. Onder de *stijgtijd* worde verstaan de tijd, die verloopt tussen

het bereiken van 0,1 en 0,9 van de eindwaarde van de uitgangsgrootte¹⁾. De eindwaarde van de uitgangsgrootte $F(t)$ is $F(\infty)$. Als nu voor het tijdstip t_1 geldt: $F(t_1) = 0,1 F(\infty)$ en voor het tijdstip t_2 : $F(t_2) = 0,9 F(\infty)$ dan is dus per definitie de stijgtijd τ te berekenen uit:

$$\tau = t_2 - t_1$$

Het volgende probleem wordt nu gesteld: te ontwerpen een anode-kringimpedantie voor een versterkbuis van zodanige samenstelling, dat een monotoon stijgende sprongkarakteristiek wordt verkregen, waarbij de stijgtijd zo klein mogelijk is.

De oplossing van dit probleem behoort min of meer tot de synthese van netwerken, resp. versterktrappen met voorgeschreven eigenschappen. Deze synthese is geen onbekend onderwerp in de vakliteratuur. Er moge b.v. worden verwezen naar de publicaties van Nadler (1, 2), Aigrain en Williams (3, 4) en Macdiarmid (5). Genoemde auteurs gaan alle blijkbaar uit van de gedachte, dat een geringe stijgtijd alleen te verwezenlijken is als er enig doorschot van de sprongkarakteristiek wordt toegelaten. Voorts hebben ze bij de ontwikkeling van hun theorie en hun voorbeelden vaak de grootste moeite om netwerken te vinden, die geschikt zijn om in de anodekring van een versterkbuis te worden toegepast, omdat ze tussen de ingangsklemmen niet voorzien zijn van een ingangscapaciteit. Dit is nl. een principiële eis voor een als anodekringimpedantie voor een versterkbuis te gebruiken netwerk, want er is nu eenmaal niet te ontkomen aan de inwendige anode-capaciteit van de buis als schakelelement in het netwerk.

In het volgende zal laatstgenoemd element onvoorwaardelijk als eis voor het te ontwerpen netwerk gelden.

2. Afbakening van de stof en wijze van behandeling.

Als uitgangspunt van de beschouwingen wordt gekozen een weerstandsversterktrap, waarbij de nadruk geheel zal worden gelegd op de verschijnselen, die onmiddellijk na het optreden van een abrupte spanningsverandering op het rooster van de buis aan de dag treden. Daarbij zal worden aangenomen, dat

¹⁾ Strikt genomen is deze definitie niet geheel volledig. Om dubbelzinnigheden te voorkomen, b.v. bij oscillerend naderen tot de eindwaarde, zou moeten worden gezegd: „die verloopt tussen het voor de eerste maal bereiken van 0,1 en 0,9 van de eindwaarde”.

de koppelcondensator naar de roosterkring van de volgende buis een zo grote capaciteit heeft, dat deze condensator in het beschouwde tijdsinterval praktisch als een kortsluiting kan worden opgevat. De roosterkringweerstand van de volgende buis met de daaraan parallel geschakeldeingangsimpedantie van die tweede buis wordt dus gedacht parallel te staan aan de weerstand in de anodekring van de beschouwde buis.

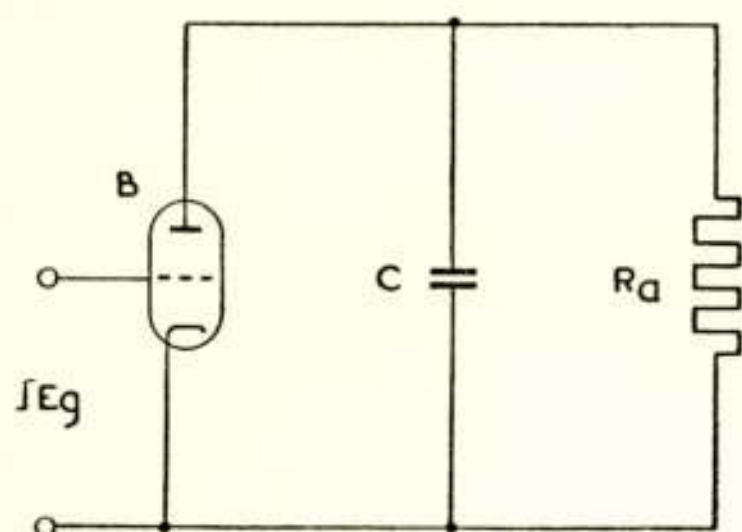


Fig. 2.

Vereenvoudigd schema van een weerstandsversterktrap.

de roosterkringweerstand van de volgende buis en de ingangweerstand van die buis.

De onder de geschetste omstandigheden tengevolge van een roosterspanningssprong $\square Eg$ over de weerstand R_a ontwikkelde spanning $E(t)$ kan worden berekend door de versterkbuis vervangen te denken door een stroombron welke een stroomsprong $S \square Eg$ levert in de parallelschakeling van C , R_a en R_i , als S en

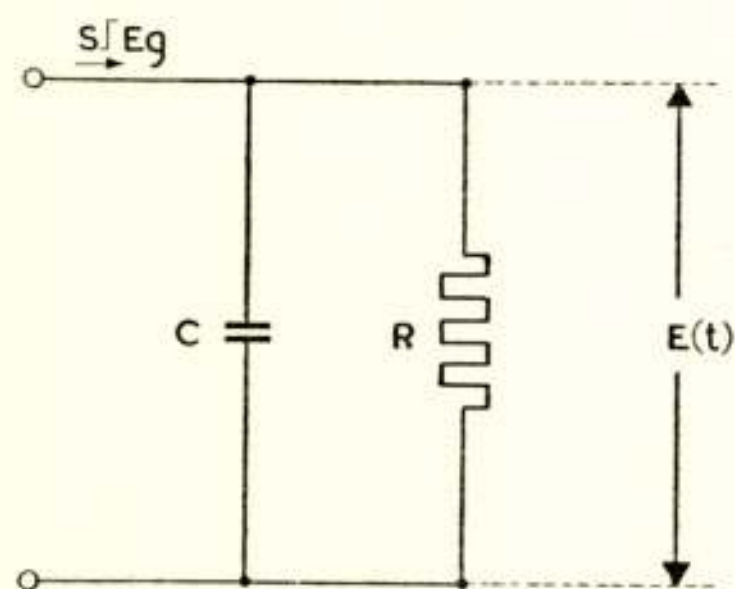


Fig. 5.

Vervangingsschema voor fig. 2.

eenheidssprong $u(t)$, waarvoor geldt:

De schakeling, die in eerste aanleg in behandeling komt, is dus als voorgesteld in fig. 2. In deze figuur stelt C de capaciteit voor, die wordt gevormd door de inwendige capaciteit van de buis B , de ingangscapaciteit van de volgende buis en eventuele strooi-capaciteiten die tot uiting komen als capaciteit tussen anode en kathode van de buis; R_a de parallelschakeling van de weerstand in de anodekring van de buis B ,

de roosterkringweerstand van de volgende buis en de ingangweerstand van die buis. R_i resp. de steilheid en de inwendige weerstand van de versterkbuis voorstellen. Als vervangingschema voor de schakeling volgens fig. 2 kan dus worden gewerkt met het schema volgens fig. 3, waarin R de parallelschakeling van R_a en R_i voorstelt.

Gemakshalve zal nu worden verondersteld, dat de stroomsprong $S \square Eg$ overeenkomt met de door Heaviside gedefinieerde

$$\left. \begin{aligned} t < 0, u(t) &= 0 \\ t > 0, u(t) &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Wordt de schakeling volgens fig. 3 geëxciteerd door de eenheidssprong van stroom, dan is het zonder meer duidelijk, dat de uitgangsspanning nooit sneller kan stijgen, dan hij zou stijgen als alleen de capaciteit C aanwezig ware. Deze stijgsnelheid

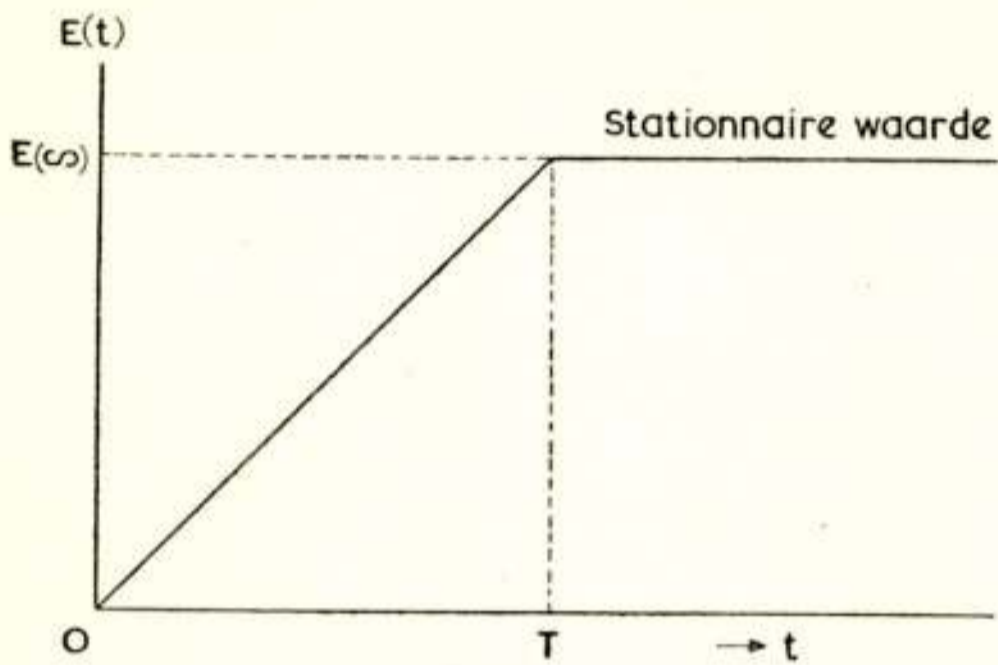


Fig. 4.

Theoretisch beste sprongkarakteristiek van een versterktrap.

worden gehandhaafd tot het bereiken van de stationnaire toestand. Deze beste sprongkarakteristiek — die practisch niet te verwezenlijken zal zijn, omdat er een discontinuïteit, een abrupte vormverandering in voorkomt — zou er dus uit zien als aangegeven in fig. 4. Het gestelde probleem draait er dus om, deze theoretisch beste, doch practisch niet te verwezenlijken sprongkarakteristiek zo goed mogelijk te benaderen door een monotoon stijgende. Voor de laatstgenoemde kunnen uit fig. 4 enkele belangrijke voorwaarden worden afgeleid.

Ware alleen C aanwezig, dan zou bij de eenheidssprong van de stroom voor $E(t)$ worden gevonden:

$$E(t) = \frac{t}{C} .$$

Daaruit volgt voor de aanvangsstijgsnelheid:

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = \frac{1}{C} \quad (2)$$

Bij excitatie door de eenheidssprong van stroom is de stationnaire waarde $E(\infty)$ van $E(t)$ gelijk aan de waarde van R . Voor de beste sprongkarakteristiek volgens fig. 4 volgt hieruit voor T , d.w.z. voor het tijdstip waarop de overgang naar de stationnaire waarde plaats vindt:

treedt in elk geval op het tijdstip $t = 0$ op, want zolang C nog geen lading heeft opgenomen, kan er in R geen stroom vloeien, omdat de daartoe vereiste spanning dan nog ontbreekt. Theoretisch zou de beste sprongkarakteristiek dus worden verkregen als de aanvangsstijgsnelheid zou kunnen

$$\frac{T}{C} = E(\infty) = R; \quad T = CR$$

Dit geeft voor de berekening van de stijgtijd voor die karakteristiek:

$$E(t_1) = 0,1 E(\infty), \quad t_1 = 0,1 T;$$

$$E(t_2) = 0,9 E(\infty), \quad t_2 = 0,9 T.$$

Dus:

$$\tau_{min} = 0,8 RC \quad (3a)$$

of, als wordt ingevoerd:

$$\alpha = \frac{1}{RC}, \quad (4)$$

$$\alpha \tau_{min} = 0,8 \quad (3)$$

Door de definities (2), (3) en (4) is de theoretisch beste karakteristiek volgens fig. 4 geheel vastgelegd. De gedefinieerde begrippen zullen bij de verdere behandeling consequent worden gebruikt, omdat daardoor is vastgelegd, dat de netwerken een ingangsshuntcapaciteit C hebben en alle dezelfde stationnaire waarde $E(\infty)$ geven.

De bestudering van de sprongkarakteristiek kan plaats vinden door middel van de operatorenrekening volgens de methode van de Laplace-transformatie. Deze transformatie komt hierop neer, dat de reële variabele t in de differentiaalvergelijkingen van het netwerk wordt getransformeerd tot een complexe variabele p , waardoor de differentiaalvergelijkingen in t worden omgezet in equivalente algebraïsche vergelijkingen in p . Voor de wiskundige grondslagen van deze transformatie moge worden verwezen naar de tekstboeken (6, 7, 8).

Voor de oplossing van het gestelde probleem wordt het bovengenoemde principe als volgt uitgewerkt (vgl. Nadler, t.a.p.).

Als $F(t)$ een willekeurige functie van de reële variabele t is, welke functie een eindig aantal extreme waarden en discontinuïteiten mag hebben, terwijl voorts geldt: $F(t) = 0$ voor $t < 0$, dan is de Laplace-transformatie van die functie gedefinieerd door

$$L F(t) = \int_0^{\infty} \varepsilon^{-pt} F(t) dt, \quad (5)$$

wanneer $\varepsilon =$ basis van het natuurlijke logaritmenstelsel en als voorwaarde voor de complexe variabele p geldt, dat het reële

deel groter dan nul moet zijn ($Re p > 0$). Bovendien moet de bepaalde integraal absoluut convergeren.

Heeft men nu te doen met een netwerk, dat wordt geëxciteerd door een grootheid $F_e(t)$ en is de uitgangsgrootheid $F_u(t)$, dan worde de z.g. overdrachtsfunctie $\Phi(p)$ als volgt gedefinieerd:

$$\Phi(p) L F_u(t) = L F_e(t),$$

of:

$$\Phi(p) = \frac{L F_e(t)}{L F_u(t)} \quad (6)$$

Deze overdrachtsfunctie kan dimensieloos zijn of het karakter van een impedantie-operator of een admittantie-operator hebben, al naar de aard van het onderhanden probleem.

Is nu $F_e(t)$ de eenheidssprong van de exciterende grootheid, dan is $F_u(t)$ volgens definitie de sprongkarakteristiek. Bij voorgeschreven sprongkarakteristiek kan dus volgens (6) de overdrachtsfunctie worden berekend. Als de laatste bekend is, is daaruit af te leiden òf en hoe het netwerk moet worden gerealiseerd om de gewenste sprongkarakteristiek te verkrijgen.

Wordt nu aangenomen, dat $F_e(t) = u(t)$ volgens (1), dan volgt hieruit door toepassing van (5):

$$L u(t) = \int_0^{\infty} \varepsilon^{-pt} dt = \frac{1}{p}, \quad (7)$$

en dientengevolge voor de sprongkarakteristiek $F(t)$:

$$\Phi(p) = \frac{1}{p L F(t)} \quad (8)$$

Waar nu in het probleem, zoals het is gesteld, $u(t)$ de eenheidssprong van stroom is en $F(t)$ de uitgangsspanning voorstelt, is de overdrachtsfunctie $\Phi(p)$ de admittantie-operator $Y(p)$ van het netwerk, zodat voor het onderhavige vraagstuk de uitdrukking (8) in de volgende vorm kan worden geschreven:

$$Y(p) = \frac{1}{p L E(t)} \quad (8a)$$

Na de berekening van $Y(p)$ moet dan dus worden nagegaan òf en hoe het netwerk kan worden gerealiseerd.

Recept: De overdrachtsfunctie, resp. de impedantie- of admittantie-operator kan uit de symbolisch geschreven overdrachtsfunctie of

operator voor de stationnaire toestand bij excitatie door een sinusvormige grootte met cirkelfrequentie ω worden afgeleid door overal de imaginaire term $j\omega$ te vervangen door de nieuwe variabele p .

N.B. Eigenlijk is de situatie de volgende: de stationnaire toestand bij excitatie door een sinusvormige grootte is een bijzonder geval van de overgangstoestand; de overdrachtsfunctie van de stationnaire toestand wordt nu gevonden door in $\Phi(p)$ de variabele p te vervangen door $j\omega$ (zie b.v. Gardner en Barnes, t.a.p.) Het genoemde recept is dus eigenlijk een omkering van deze meer algemene regel.

3. Voorbeeld van uitwerking. Eerste benadering.

Volgens de gegeven probleemomschrijving zullen nu aan $E(t)$ de volgende eisen worden gesteld (vgl. 2, 3, 4):

$$E(0) = 0 \quad (9)$$

$$E(\infty) = R = \frac{I}{aC} \quad (9a)$$

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = \frac{I}{C} = aR \quad (10)$$

De hier gestelde eisen vormen het minimum, waaraan de sprongkarakteristiek moet voldoen. Hieraan kan nog de wenselijkheid worden toegevoegd, dat $E(t)$ zo innig mogelijk moet aansluiten bij het oplopende gedeelte van de theoretisch beste karakteristiek volgens fig. 4. Met andere woorden: de wens kan bestaan om in het punt $t=0$ een aanraking van zo hoog mogelijke orde tussen $E(t)$ en het oplopende deel van de theoretisch beste karakteristiek tot stand te brengen. Noemen we $F(t)$ de functie, die dit oplopende deel voorstelt, dan hebben we met een aanraking van de m de orde in het punt $t=a$ te doen als voldaan is aan de voorwaarden:

$$\left\{ \frac{d^k E(t)}{dt^k} \right\}_{t=a} = \left\{ \frac{d^k F(t)}{dt^k} \right\}_{t=a} \quad \text{voor } k = 1, 2, 3, \dots, (m-1), m.$$

Passen we deze algemene stelling toe op het onderhavige probleem, waarbij $F(t)$ volgens fig. 4 en (4) de vorm $F(t) = \frac{t}{C} aRt$ heeft, dan vinden we als voorwaarden voor een aanraking van de m de orde in het punt $t=0$ tussen $E(t)$ en $F(t)$:

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = aR \quad (10)$$

$$\left\{ \frac{d^k E(t)}{dt^k} \right\}_{t=0} = 0 \text{ voor } k = 2, 3 \dots (m-1), m \quad (10a)$$

Of aanrakingen van hogere dan de 1e orde mogelijk en realiseerbaar zijn, zal in het volgende van geval tot geval worden onderzocht.

Bij wijze van voorbeeld en om vertrouwd te raken met de methode van uitwerking zal, als eerste benadering van de karakteristiek volgens fig. 4, worden verondersteld, dat:

$$E(t) = R(1 - a e^{-bt}), \quad (11)$$

door welke functie zeker voldaan is aan de voorwaarden (9) en (9a). Hieruit volgt:

$$\frac{dE(t)}{dt} = a b R e^{-bt},$$

waaruit blijkt, dat de functie alleen dan een monotoon stijgende kan zijn als a en b beide positief zijn.

Waar we verder vinden:

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = a b R,$$

moet, om te voldoen aan voorwaarde (10), gelden:

$$a b = a \quad (12)$$

Aanraking van hogere orde dan de eerste is niet mogelijk, want om de hogere differentiaalquotienten voor $t = 0$ gelijk aan nul te maken (vgl. 10a) zouden òf a òf b of beide nul moeten zijn. Dit is niet realiseerbaar.

Voor de Laplace-transformatie van $E(t)$ wordt gevonden:

$$\begin{aligned} L E(t) &= R \left(\int_0^{\infty} e^{-pt} dt - a \int_0^{\infty} e^{-pt} e^{-bt} dt \right) = \\ &= R \left(\frac{1}{p} - \frac{a}{p+b} \right) = \frac{1}{aC} \left(\frac{1}{p} - \frac{a}{p+b} \right). \end{aligned}$$

Voor de admittantie-operator wordt dientengevolge door toepassing van (8a) gevonden:

$$Y(p) = \frac{aC}{1 - \frac{ap}{p+b}} = \frac{aC(p+b)}{(1-a)p+b} \quad (13)$$

Daar als voorwaarde voor de te gebruiken netwerken is gesteld, dat ze een ingangsshuntcapaciteit C moeten bevatten, geldt

als principiële voorwaarde voor de realisering van $Y(p)$, dat daarvoor geschreven moet kunnen worden:

$$Y(p) = p C + Y_1(p) \quad (14)$$

De uitdrukking (13) kan alleen dan in de vorm (14) worden gebracht als $1 - a = 0$. Dus $a = 1$, waaruit dan tengevolge van (12) volgt: $b = a$. Uit (13) wordt dan gevonden:

$$Y(p) = \frac{a C (p + a)}{a} = p C + a C,$$

en met behulp van (9):

$$Y(p) = p C + \frac{1}{R}.$$

De conclusie hieruit is, dat het netwerk volgens fig. 3 de eerste benadering geeft van de karakteristiek volgens fig. 4 en wel met de sprongkarakteristiek:

$$E(t) = R (1 - \varepsilon^{-at}).$$

De stijgtijd van het netwerk volgens fig. 3 kan hieruit worden berekend en blijkt de volgende uitdrukking op te leveren:

$$a \tau_1 = 2,197.$$

Dit is nog ver verwijderd van de theoretische optimumwaarde

$$a \tau_{min} = 0,8$$

4. *Algemene beschouwing over de te verwezenlijken sprongkarakteristiek. Genormaliseerde karakteristieken.*

Als men een snellere stijging van de sprongkarakteristiek wil bewerkstelligen dan in het geval van de eerste benadering door middel van het netwerk volgens fig. 3, dan kan men proberen, dit te bereiken door het vergroten van de exponent van de ε -macht. Zoals uit het voorbeeld in de vorige paragraaf is gebleken, is dat alleen mogelijk als men de sprongkarakteristiek een meer ingewikkelde vorm geeft dan is voorgesteld door uitdrukking (11). Voor die meer gecompliceerde vorm dringt zich als min of meer vanzelfsprekend op:

$$E(t) = R \{1 - f(t) \varepsilon^{-nat}\}, \quad (15)$$

waarin n een factor groter dan $+1$ is.

Alvorens tot een nadere specificatie van $f(t)$ over te gaan, zal eerst in het algemeen worden onderzocht, welke voorwaarden aan die functie moeten worden gesteld om te voldoen aan de eisen (9), (9a) en (10).

In de eerste plaats moge dan worden opgemerkt dat $E(t)$ moeilijk een monotoon stijgende functie kan zijn als $f(t)$ discontinuïteiten vertoont. Als eerste algemene voorwaarden moet dus worden gesteld, dat $f(t)$ een continue functie moet zijn.

Om te voldoen aan de voorwaarde (9) moet gelden:

$$f(0) = 1 \tag{16}$$

Uit (15) volgt:

$$\frac{dE(t)}{dt} = R \{ n a f(t) - f'(t) \} e^{-n a t}.$$

Wil $E(t)$ nu een monotoon stijgende functie zijn, dan moet gelden:

$$n a f(t) - f'(t) > 0 \tag{17}$$

Voorts is:

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = R \{ n a f(0) - f'(0) \},$$

of met gebruikmaking van (16):

$$\left\{ \frac{dE(t)}{dt} \right\}_{t=0} = R \{ n a - f'(0) \}.$$

Teneinde te voldoen aan de voorwaarde (10) moet dus zijn:

$$f'(0) = (n - 1) a \tag{18}$$

Wil men een aanraking van hogere orde met de theoretisch beste kromme bewerkstelligen, dan kan door toepassing van (10a) nog een aantal voorwaarden worden afgeleid. Voor een aanraking van de 2e orde moet behalve aan de voorwaarden (16), (17) en (18) ook nog worden voldaan aan:

$$\left\{ \frac{d^2 E(t)}{dt^2} \right\}_{t=0} = 0$$

Dit geeft: $-n^2 a^2 f(0) + 2 n a f'(0) - f''(0) = 0$ en met de reeds afgeleide waarden $f(0) = 1$ en $f'(0) = (n - 1) a$ de voorwaarde:

$$f''(0) = n(n - 2) a^2 \tag{18a}$$

Op deze weg voortgaande vindt men, dat voor een aanraking van de orde m voldaan moet worden aan de voorwaarden:

$$f^{(k)}(0) = n^{k-1} (n - k) a^{k-1}, \quad k = 1, 2, \dots, (1 - m), m \tag{18b}$$

Als langs deze weg dan alle constanten van $f(t)$ zijn bepaald, kan tenslotte nog een hogere afgeleide van $E(t)$ gelijk aan nul worden gesteld (de orde van de aanraking dus nog met 1 worden verhoogd) en kan n worden bepaald.

Om te voldoen aan eis (9a) moet gelden:

$$f(\infty) \varepsilon^{-\infty} = 0 \quad (19)$$

Mocht $f(\infty) = \infty$ zijn, dan kan alleen aan voorwaarde (19) worden voldaan als $f(t)$ slechts een eindig aantal afgeleiden heeft.

Natuurlijk is door de voorwaarden (16) t.m. (19) $f(t)$ niet ondubbelzinnig bepaald, maar ze geven wel enige aanwijzingen omtrent de mogelijke vorm van de functie. In aanmerking nemende, dat gesteld is, dat $f(t)$ een continue functie moet zijn, voorts in overweging nemende, dat mogelijkerwijze moet worden voldaan aan (18) t/m (18b), lijkt de meest voor de hand liggende vorm van de functie die van een eindige machtreeks in t , resp. at . Immers een continue functie kan volgens Taylor in een machtreeks worden ontwikkeld.

In deze richting werkende, dus stellende:

$$f(t) = 1 + A at + B a^2 t^2 + \dots, \quad (20)$$

zal nu worden onderzocht of er netwerken mogelijk zijn, die een betere benadering van de in fig. 4 voorgestelde sprongkarakteristiek geven dan dat volgens fig. 3 en hoe deze netwerken dan moeten worden samengesteld.

Indien we niet t doch $at = x$ als onafhankelijke variabele beschouwen en niet $E(t)$ doch $\frac{E(t)}{R} = y$ als afhankelijke variabele, dan krijgen we voor de genormaliseerde vorm van de sprongkarakteristiek volgens (20):

$$y = 1 - (1 + Ax + Bx^2 + \dots) \varepsilon^{-nx} \quad (21)$$

De in deze genormaliseerde vorm theoretisch beste sprongkarakteristiek, overeenkomende met fig. 4, is dan bepaald door:

$$\left. \begin{array}{l} y = x \text{ voor } 0 < x < 1 \\ y = 1 \text{ „ } 1 \leq x < \infty \end{array} \right\} \quad (22)$$

Om een aanraking van de orde m in het punt $x = 0$ tot stand te brengen tussen de functie volgens (21) en die volgens (22) moet dan volgens (10) en (10a) worden voldaan aan de voorwaarden:

$$\left. \begin{array}{l} \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = 1 \\ \left(\frac{d^k y}{dx^k}\right)_{x=0} = 0 \text{ voor } k = 2, 3, \dots, (m-1), m \end{array} \right\} \quad (23)$$

De stijgtijd is dan per definitie bepaald door $a\tau = x_2 - x_1$, wanneer x_1 en x_2 zijn bepaald door $y_1 = 0,1$ en $y_2 = 0,9$

Er zal nu van een aantal gevallen van genormaliseerde krommen, zonder daarbij te letten op praktische uitvoerbaarheid, volgens uitdrukking (21) worden onderzocht hoeveel er met het oog op de stijgtijd kan worden gewonnen door aanrakingen van de hoogst mogelijke orde in het punt $x = 0$ met de functie volgens (22) tot stand te brengen.

Voor de eerste benadering is de genormaliseerde vorm $y = 1 - \varepsilon^{-x}$. Hierbij is slechts een aanraking van de 1e orde mogelijk. Op het bijgaande grafiekenblad, fig. 5, waarop in de eerste plaats de grafiek volgens (22) is voorgesteld, is de eerste benaderingskromme voorgesteld door kromme 1. Uit deze curve

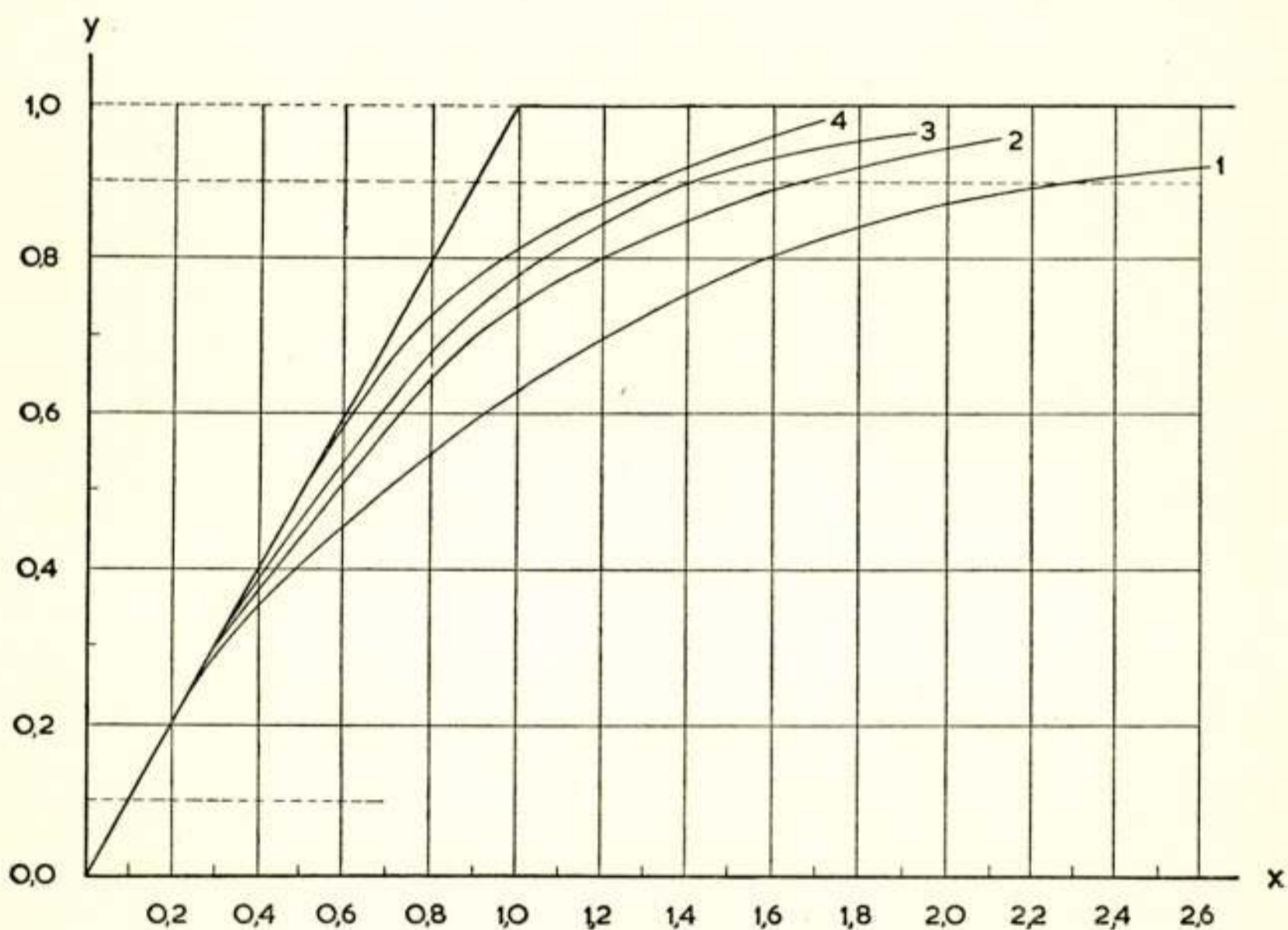


Fig. 5.

Genormaliseerde benaderingskrommen.

$$1: y = 1 - \varepsilon^{-x} \quad 2: y = 1 - (1 + x) \varepsilon^{-2x} \quad 3: y = 1 - \left(1 + 2x + \frac{3}{2}x^2\right) \varepsilon^{-3x}$$

$$4: y = 1 - \left(1 + 3x + 4x^2 + \frac{8}{3}x^3\right) \varepsilon^{-4x}$$

lezen we af: $y_1 = 0,1$ voor $x_1 = 0,12$ en $y_2 = 0,9$ voor $x_2 = 2,32$, zodat voor dit geval de stijgtijd is bepaald door: $a \tau_1 = x_2 - x_1 = 2,20$ (twee decimalen nauwkeurig).

Volgens de ontwikkelde theorie komt voor de tweede benadering in aanmerking: $y = 1 - (1 + Ax) \varepsilon^{-nx}$. Om deze kromme in $x = 0$ een aanraking van de 2e orde te geven met de theoretische beste karakteristiek, moet worden voldaan aan

$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=0} = 1$ en $\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)_{x=0} = 0$. Toegepast op de algemene formule voor de tweede benadering geeft dit: $n - A = 1$ en $-n + 2A = 0$ en dientengevolge $A = 1$ en $n = 2$. De best mogelijke tweede benadering geeft derhalve: $y = 1 - (1 + x)\varepsilon^{-2x}$, welke functie door kromme 2 in fig. 5 is voorgesteld. Uit deze kromme lezen we af: $y_1 = 0,1$ voor $x_1 = 0,1$ en $y_2 = 0,90$ voor $x_2 = 1,64$, zodat in dit geval de stijgtijd is bepaald door: $\alpha\tau_2 = x_2 - x_1 = 1,54$.

Voor de best mogelijke derde benadering en wel met een aanraking van de 3e orde wordt dan gevonden: $y = 1 - (1 + 2x + \frac{3}{2}x^2)\varepsilon^{-3x}$. Voor deze kromme (vgl. kromme 3 van fig. 5) geldt: $y_1 = 0,1$ voor $x_1 = 0,1$ en $y_2 = 0,9$ voor $x_2 = 1,36$, zodat hierbij de stijgtijd is bepaald door $\alpha\tau_3 = x_2 - x_1 = 1,26$.

Op dezelfde voet voortgaande wordt voor de best mogelijke vierde benadering, nl. met een aanraking van de 4e orde, gevonden: $y = 1 - (1 + 3x + 4x^2 + \frac{8}{3}x^3)\varepsilon^{-4x}$ (zie grafiek 4 van fig. 5). Hiervoor geldt: $y_1 = 0,1$ voor $x_1 = 0,10$ en $y_2 = 0,90$ voor $x_2 = 1,25$, zodat in dit geval de stijgtijd is bepaald door: $\alpha\tau_4 = x_2 - x_1 = 1,15$.

Daar t.o.v. de derde benadering de winst in stijgtijd niet zo groot is (nl slechts 9%), is er van afgezien om verdere benaderingen te onderzoeken, vooral omdat nog moet blijken, of de theoretische winst door de successievelijke benaderingen (nl. 43%, 22% en 9%) ook praktisch te verwezenlijken is.

Opmerking: Voor de berekening van x_1 , resp. x_2 kan gebruik worden gemaakt van de iteratiemethode. Brengen we een vergelijking in de vorm $x = \varphi(x)$ en is $\varphi'(x) < 1$, dan vinden we uit een benaderde oplossing x_a een betere benadering x_b uit $x_b = \varphi(x_a)$ enz.

Hier hebben we nu te doen met $y = 1 - (1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1})\varepsilon^{-nx}$, die voor een bepaalde waarde $y = a$ naar x moet worden opgelost. We krijgen dus te doen met de vergelijking:

$$(1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1})\varepsilon^{-nx} = 1 - a$$

Hieruit volgt:

$$(1 - a)\varepsilon^{nx} = 1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1}$$

en verder:

$$x = \frac{1}{n} \ln(1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1}) - \frac{1}{n} \ln(1 - a) = \varphi(x)$$

Dit geeft:

$$\begin{aligned} \varphi'(x) &= \frac{1}{n} \cdot \frac{A + 2Bx + \dots + (n-1)Kx^{n-2}}{1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1}} = \\ &= \frac{1}{nx} \cdot \frac{Ax + 2Bx^2 + \dots + (n-1)Kx^{n-1}}{1 + Ax + Bx^2 + \dots + Kx^{n-1}} \end{aligned}$$

De maximale waarde van de tweede breuk achter het gelijkteken, welke wordt bereikt bij $x = \infty$, bedraagt $n - 1$. Hieruit volgt:

$$\varphi'(x) < \frac{n-1}{nx}.$$

Voor $x \geq 1$ geldt dus zeker: $\varphi'(x) < 1$

Zolang $x > \frac{n-1}{n}$ is, geldt eveneens: $\varphi'(x) < 1$

Voor de bepaling van x_2 komt de methode dus zeker in aanmerking, voor x_1 is hij van geen belang, omdat practisch steeds $x_1 = 0,1$ (zie voorbeelden).

5. Tweede benadering: $f(t) = 1 + A a t$.

Als algemene uitdrukking voor de tweede benadering aan de na te streven karakteristiek volgens fig. 4 wordt dus gesteld:

$$E(t) = R \{1 - (1 + A a t) \varepsilon^{-n a t}\} \quad (24)$$

a) Worden in de eerste plaats A en n zo gekozen, dat in het nulpunt een aanraking van de hoogste, d.w.z. van de 2e, orde met de na te streven karakteristiek tot stand komt, dan geldt als genormaliseerde vorm daarvoor: $y = 1 - (1 + x) \varepsilon^{-2x}$ m.a.w. $A = 1$ en $n = 2$. In dit geval geldt dus voor de sprongkarakteristiek:

$$E(t) = R \{1 - (1 + a t) \varepsilon^{-2 a t}\} \quad (25)$$

Door toepassing van:

$$\int_0^{\infty} t^n \varepsilon^{-p t} dt = \frac{n!}{p^{n+1}}, \quad (n < \infty) \quad (26)$$

wordt uit (25) gevonden:

$$L E(t) = R \left\{ \frac{1}{p} - \frac{1}{p + 2 a} - \frac{a}{(p + 2 a)^2} \right\}.$$

Met $R = \frac{1}{a C}$ (vgl. 4) wordt dan voor de admittantie-operator gevonden:

$$\begin{aligned} Y_{2a}(p) &= \frac{a C}{1 - \frac{p}{p + 2 a} - \frac{p a}{(p + 2 a)^2}} = \\ &= \frac{C(p^2 + 4 p a + 4 a^2)}{p + 4 a} = \end{aligned}$$

$$= p C + \frac{4 a^2 C}{p + 4 a} .$$

Aan de primaire voorwaarde voor $Y(p)$, nl. dat deze admittantie de capaciteit C als ingangssusceptantie moet bevatten, is dus voldaan. Ontwikkelen van de uitdrukking voor $Y(p)$ geeft verder:

$$Y_{2a}(p) = p C + \frac{I}{\frac{p + 4 a}{4 a^2 C}} = p C + \frac{I}{\frac{p}{4 a^2 C} + \frac{I}{a C}} = p C + \frac{I}{p \frac{C R^2}{4} + R} \quad (27)$$

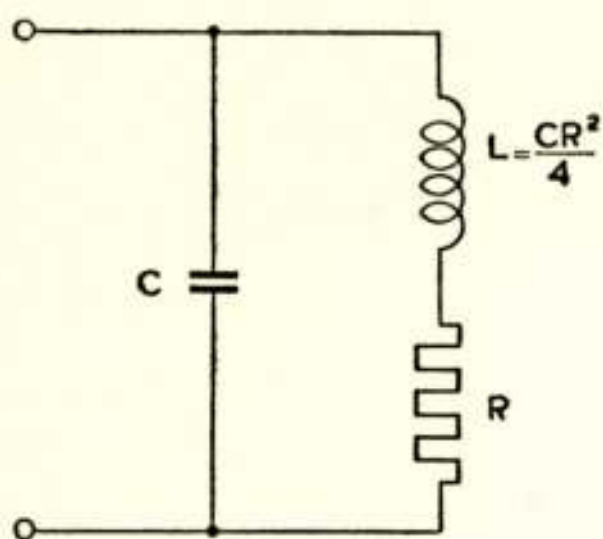


Fig. 6.

Eerste correctie van het netwerk volgens fig. 3.

Kennelijk moet, om het gestelde doel te bereiken, parallel aan C de serieschakeling van een zelfinductie

$$L = \frac{C R^2}{4} \text{ en een weerstand } R \text{ worden}$$

aangebracht, zodat het netwerk volgens fig. 6 nodig is om de admittantie-operator (27) te geven. Dit netwerk is overigens uit de literatuur wel bekend. De stijgtijd voor dit netwerk wordt gevonden uit $a \tau_2 = 1,54$, zoals in een vorige paragraaf reeds werd afgeleid.

b) De oplossing volgens fig. 6 is in zoverre niet bevredigend, dat het practisch onmogelijk is om een zuivere, dat wil zeggen verliesloze capaciteit aan de ingang van het netwerk aan te brengen. Immers de inwendige weerstand van de versterkbuis, de roosterkringweerstand en de ingangsweerstand van de volgende buis blijven altijd parallel aan C staan, ook al brengt men de anodekringweerstand op een andere plaats in het netwerk aan, zoals b.v. in fig. 6 is geschied. Met andere woorden: de volledige weerstand R kan nooit van de ingangscapaciteit C worden gescheiden, slechts een gedeelte van die weerstand kan worden verplaatst. De schakeling volgens fig. 5, hoewel theoretisch aan het doel beantwoordend, kan dus nimmer practisch worden uitgevoerd.

De eis van een aanraking van de 2e orde moet derhalve vervallen. Teruggrijpende op de algemene formule (24) wordt door toepassing van (18) gevonden, dat tussen A en n het verband:

$$A = n - 1 \quad (28)$$

moet bestaan. Hiermede wordt dan voor dit geval gevonden:

$$L E(t) = \frac{1}{\alpha C} \left\{ \frac{1}{p} - \frac{1}{p + n \alpha} - \frac{(n - 1) \alpha}{(p + n \alpha)^2} \right\},$$

waaruit voor de admittantie-operator dan volgt:

$$Y_{2b}(p) = \frac{\alpha C}{1 - \frac{p}{p + n \alpha} - \frac{(n - 1) p \alpha}{(p + n \alpha)^2}} =$$

$$= p C + \frac{(2 - n) n}{R} + \frac{(n - 1)^2 n^2 \alpha^2 C}{p + n^2 \alpha} \quad (29)$$

Wat de keuze van n betreft zijn we nu eerst gebonden aan (17), welke voor dit geval geeft:

$$n f(t) > n - 1,$$

of:

$$n > 1 \quad (30)$$

omdat n en $f(t)$ positief moeten zijn.

Willen we aan de andere kant in $Y(p)$ volgens (29) een realiseerbaar geleidingsvermogen parallel aan C hebben, dan moet $n < 2$ zijn. Indien nu $1 < n < 2$ is, dan volgt uit (29):

$$Y_{2b}(p) = p C + \frac{(2 - n) n}{R} + \frac{1}{\frac{p}{(n - 1)^2 n^2 \alpha^2 C} + \frac{R}{(n - 1)^2}} \quad (29a)$$

Dit betekent, dat men parallel aan de ingangscapaciteit C een weerstand

$$R_1 = \frac{R}{(2 - n) n} \quad (31)$$

laat staan en parallel aan de met R_1 geshunte capaciteit C de serieschakeling aan moet brengen van een zelfinductie

$$L = \frac{C R^2}{(n - 1)^2 n^2} \quad (32)$$

en een weerstand

$$R_2 = \frac{R}{(n - 1)^2} \quad (33)$$

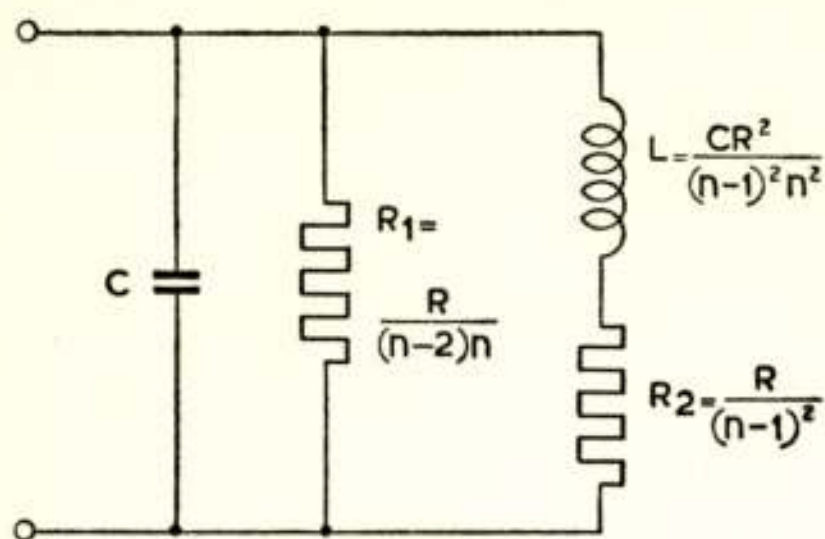


Fig. 7.

Practische schakeling voor de realisatie van de sprongkarakteristiek (24) met $1 < n < 2$.

De praktische schakeling voor het bewerkstelligen van de sprongkarakteristiek (24) kan dus worden verkregen met de schakeling volgens fig. 7, waarbij dan moet gelden $1 < n < 2$. Binnen de genoemde grenzen is men vrij in de keuze van n . Dit is ook logisch, want de uitdrukking (24) heeft twee onbekenden, A en n , terwijl volgens fig. 7 drie grootheden moeten worden bepaald.

Voor de sprongkarakteristiek geldt in dit geval:

$$E(t) = R [1 - \{1 + (n-1)at\} \varepsilon^{-nat}], \quad 1 < n < 2 \quad (34)$$

Stelt men b.v. $R_1 = 100R$, dan moet $n = 1,995$ zijn en vindt men voor de berekening van de stijgtijd: $a\tau_2 = 1,55$. Deze waarde wijkt slechts weinig af van de theoretisch bereikbare en is dus zeker nog acceptabel. Vergeleken bij de eerste benadering geeft deze tweede benadering een verbetering van ruim 41% van de stijgtijd.

$$\left(\text{nl. } \frac{a\tau_1}{a\tau_2} = \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{2,20}{1,55} = 1,413 \right).$$

$$6. \text{ Derde benadering: } f(t) = 1 + Aat + Ba^2t^2.$$

Voor de derde benadering van de nagestreefde sprongkarakteristiek worde gesteld:

$$E(t) = R \{1 - (1 + Aat + Ba^2t^2) \varepsilon^{-nat}\} \quad (35)$$

a) In de eerste plaats onderzoeken we in dit geval de mogelijkheid van realiseren van een aanraking van de 3e orde in het nulpunt tussen de benaderingskromme en de nagestreefde karakteristiek. Volgens curve 3 van fig. 5 moet dan dus gelden: $A = 2$, $B = \frac{3}{2}$, $n = 3$. Met deze waarden geeft toepassing van de Laplace-transformatie op de uitdrukking (35) en berekening van de admittantie-operator voor dit geval:

$$\begin{aligned} Y_{3a}(p) &= \frac{C(p^3 + 9p^2a + 27pa^2 + 27a^3)}{p^2 + 9pa + 27a^2} = \\ &= pC + \frac{1}{\frac{p^2 + 9pa + 27a^2}{27a^3C}} \end{aligned} \quad (36)$$

Hoewel dus inderdaad, zoals wordt geeist, de susceptantie gevormd door C als ingangssusceptantie afsplitsbaar is, komt deze oplossing niet in aanmerking, omdat het verdere gedeelte van de admittantie volgens (36) niet te verwezenlijken is. De mogelijkheid om in derde benadering een aanraking van de 3e orde met de nagestreefde karakteristiek te bewerkstelligen blijkt dus bij een monotoon stijgende karakteristiek onbereikbaar.

b). Gaan we nu onderzoeken of met de algemene uitdrukking volgens (35) een aanraking van de 2e orde mogelijk is in het nulpunt van de nagestreefde karakteristiek, dan vinden we langs de in § 4 aangegeven weg, dat dan moet worden voldaan aan de voorwaarden: $A = n - 1$, $B = \frac{n}{2}(n - 2)$. Hieruit volgt reeds

direct, dat n dan groter dan 2 moet zijn, want een negatieve coëfficiënt in $f(t)$ zou niet te rijmen zijn met de eis van een monotoon stijgende karakteristiek.

De hierbij behorende admittantie-operator wordt dan:

$$\begin{aligned}
 Y_{3b}(p) &= \frac{C(p^3 + 3np^2a + 3n^2pa^2 + n^3a^3)}{p^2 + 3npa + n^3a^2} = \\
 &= pC + \frac{a^2 C \{(3n^2 - n^3)p + n^3a\}}{p^2 + 3npa + n^3a^2} \quad (37)
 \end{aligned}$$

Het onderzoek zou hier kunnen worden afgebroken, want uit (37) blijkt dat Y_{3b} slechts theoretische betekenis kan hebben, omdat C als ingangssusceptantie alleen voorkomt, d.w.z. niet geschunt door een weerstand. Om echter in het algemeen een inzicht te krijgen in de samenstelling van het mogelijke netwerk, zetten we de uitwerking nog een eindje voort. We vinden dan:

$$\begin{aligned}
 Y_{3b}(p) &= pC + \frac{1}{\frac{p + \frac{n(8-3n)}{3-n}a}{n^2(3-n)a^2C} + \frac{1}{n^2(3-n)C} \cdot \frac{\left\{ n^3 - \frac{n^2(8-3n)}{(3-n)^2} \right\}}{p + \frac{n}{3-n}a}} = \\
 &= pC + \frac{1}{Z(p) + \frac{1}{Y(p)}}
 \end{aligned}$$

In de laatste uitdrukking is:

$$Z(p) = p L_1 + R_1 = \frac{p}{n^2 (3-n) a^2 C} + \frac{8-3n}{n(3-n)^2} \cdot R;$$

$$Y(p) = p C_2 + \frac{1}{R_2} = \frac{(3-n)^3 p C}{n(3-n)^2 - (8-3n)} + \frac{n(3-n)^2}{n(3-n)^2 - (8-3n)} \frac{1}{R}$$

De hierdoor voorgestelde schakeling van $Y_{3b}(p)$ is aangegeven in fig. 8, waarin dus geldt:

$$L_1 = \frac{CR^2}{n^2(3-n)}; \quad R_1 = \frac{8-3n}{n(3-n)^2} R; \quad C_2 = \frac{(3-n)^3 C}{n(3-n)^2 - (8-3n)}$$

$$\text{en } R_2 = \frac{\{n(3-n)^2 - (8-3n)\} R}{n(3-n)^2}.$$

De schakeling is slechts (theoretisch) realiseerbaar, als voldaan is aan:

$$2 < n < \frac{8}{3},$$

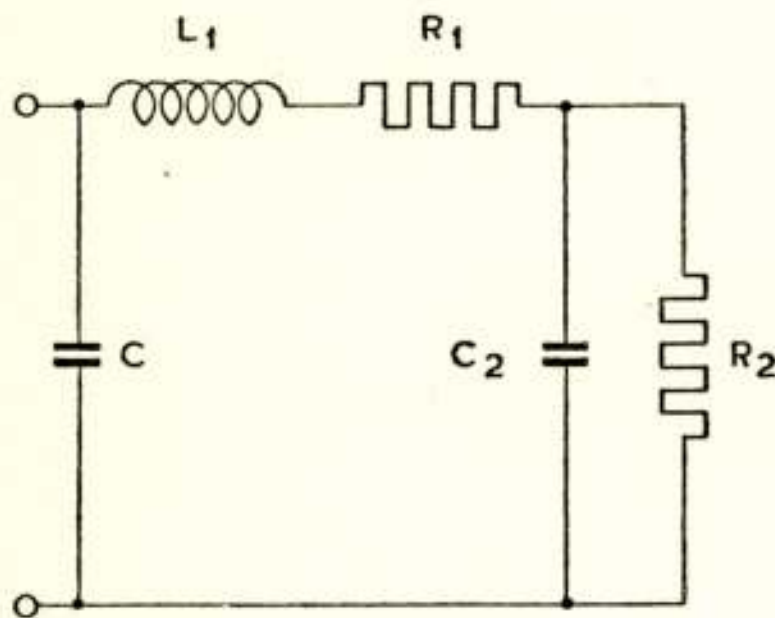


Fig. 8.

Schakeling voor de derde benadering met aanraking van de 2e orde in het nulpunt. Voor de waarden van L_1 , R_1 , C_2 en R_2 zie tekst.

want anders zouden R_1 en/of R_2 negatieve waarden moeten hebben.

De eis van een aanraking van de 2e orde in het nulpunt is blijkbaar niet verenigbaar met de eis, dat de ingangscapaciteit C van het netwerk geshunt moet zijn door een weerstand.

c) Om aan de laatstgenoemde praktische eis te kunnen voldoen, moet dus voor de derde benadering genoeg worden genomen met aanraking van de 1e orde in het nulpunt. Daartoe moet in (35) voor A worden ingevuld: $A = (n-1)$, terwijl B en n voorshands nog onbepaald zijn. Voor de admittantie-operator wordt dan gevonden:

$$Y_{3c}(p) = \frac{C(p^3 + 3np^2a + 3n^2pa^2 + n^3a^3)}{p^2 + (n^2 + n - 2B)pa + n^3a^2} \quad (38)$$

Hiervoor kan worden geschreven:

$$Y_{3c}(p) = pC + \{2B - (n^2 - 2n)\} aC + Y_{31}(p), \quad (39)$$

waarin:

$$Y_{3r}(p) = a^2 C \frac{\{n^2(n-1)^2 - n(2n-1)2B + 4B^2\}p + n^3\{(n-1)^2 - 2B\}a}{p^2 + \{n(n+1) - 2B\}pa + n^3a^2} =$$

$$\frac{I}{a^2 C \cdot \frac{I}{\{n^2(n-1)^2 - n(2n-1)2B + 4B^2\}p + n^3\{(n-1)^2 - 2B\}a} \cdot \frac{I}{p^2 + \{n(n+1) - 2B\}pa + n^3a^2}} \quad (40)$$

Wil men (39) kunnen realiseren, d.wz. in de vorm

$$Y_{3c}(p) = pC + \frac{I}{R_r} + Y_{3r}(p), \quad (39a)$$

kunnen brengen, waarin R_r een positieve weerstand is, welke deel uitmaakt van de totale, in de stationnaire toestand werkzame weerstand R , dan moet $R_r > R$ zijn. Daaruit volgt dan, omdat

$$R_r = \frac{R}{2B - n(n-2)}$$

is, dat moet worden voldaan aan de voorwaarde:

$$0 < 2B - n(n-2) < 1$$

of:

$$n(n-2) < 2B < (n-1)^2 \quad (41)$$

Waar het er nu verder om gaat, te onderzoeken of en hoe $Y_{3r}(p)$ kan worden gerealiseerd, worde (40) eerst in iets eenvoudiger vorm geschreven en wel:

$$Y_{3r}(p) = \frac{I}{D a^2 C} \cdot \frac{I}{\frac{p^2 + E p a + n^3 a^2}{p + F a}}, \quad (40)$$

waarin:

$$D = n^2(n-1)^2 - n(2n-1)2B + 4B^2, \quad (40a)$$

$$E = n(n+1) - 2B \quad (40b)$$

$$F = \frac{n^3\{(n-1)^2 - 2B\}}{n^2(n-1)^2 - n(2n-1)2B + 4B^2} \quad (40c)$$

Er wordt dan bij verdere ontwikkeling van de vorm (40) gevonden:

$$Y_{3r}(p) = \frac{I}{\frac{p}{D a^2 C} + \frac{E-F}{D a C} + \frac{I}{DC} \cdot \frac{n^3 - (E-F)F}{p + F a}} =$$

$$= \frac{I}{pL + R_2 + \frac{I}{DC} \cdot \frac{n^3 - (E - F)F}{p + Fa}},$$

mits voldaan is aan de voorwaarden:

$$D > 0, \quad (42)$$

$$E - F > 0 \quad (43)$$

Voor de derde term van de noemer van $Y_{31}(p)$ kan dan nog worden geschreven:

$$\frac{I}{DC} \cdot \frac{I}{p + Fa} \cdot \frac{1}{n^3 - (E - F)F} = \frac{I}{pC_1 + \frac{I}{R_3}},$$

mits voldaan wordt aan de voorwaarden:

$$F > 0, \quad (44)$$

$$n^3 - (E - F)F > 0 \quad (45)$$

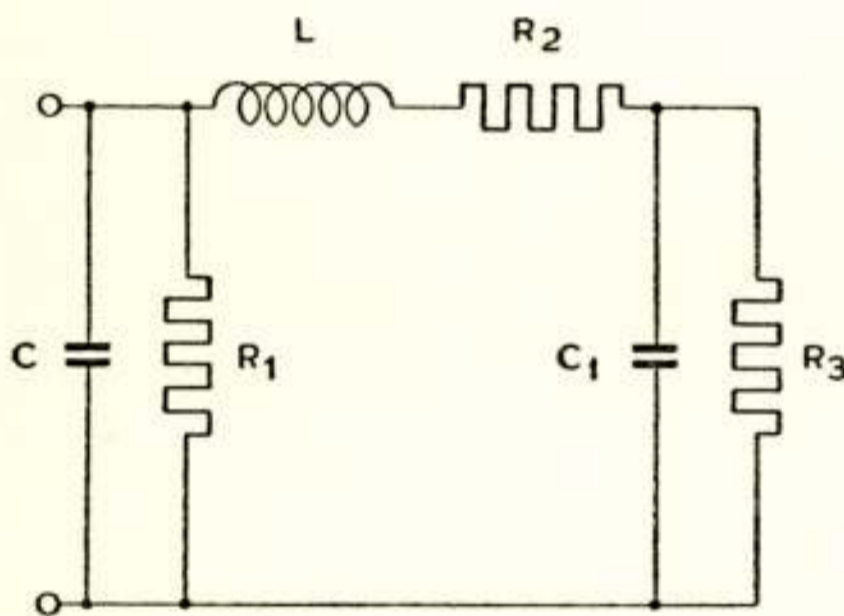


Fig. 9:

Principeschema voor de verwezenlijking van de sprongkarakteristiek (35). Voor de berekening van R_1 , L , R_2 , C_1 en R_3 zie tekst.

De principiële schakeling voor de verwezenlijking van de admittantie-operator (38) komt er dus uit te zien als aangegeven in fig. 9. Er moet nu nog worden nagegaan hoe deze schakeling kan worden uitgevoerd, zodat aan de voorwaarden (41) t/m (45) is voldaan.

Aan de voorwaarde (41) is voor elke positieve waarde van $n > 2$ te voldoen. Immers de voorwaarde zegt niet anders dan dat $2B$ tussen $n(n-2)$ en $n(n-2) + 1$ moet liggen.

Een beter overzicht van de mogelijkheden verkrijgt men door te stellen:

$$2B = n(n-2) + \delta, \quad (47)$$

waarbij dan moet gelden:

$$0 < \delta < 1 \quad (47a)$$

Hiermede wordt dan gevonden:

$$R_1 = \frac{R}{2B - n(n-2)} = \frac{R}{\delta}, \quad (48a)$$

$$D = -n^3 + 3n^2 - 3n\delta + \delta^2, \quad (48b)$$

$$E = 3n - \delta, \quad (48c)$$

$$F = \frac{n^3(1-\delta)}{-n^3 + 3n^2 - 3n\delta + \delta^2} \quad (48d)$$

De maximum waarde, die n kan hebben volgt uit de voorwaarde (42). Uit (48b) volgt, dat D bij gegeven n groter wordt naarmate δ kleiner wordt. Als δ tot nul nadert, dan loopt D op tot $-n^3 + 3n^2$. Om dan te blijven voldoen aan $D > 0$ moet $n < 3$ zijn. Als aan de andere kant δ tot 1 nadert, dan nadert D tot $(-n+1)^3$ en is aan de voorwaarde (42) alleen te voldoen als n tot 1 nadert (of kleiner dan 1 wordt). Dit is echter triviaal, want de schakeling komt dan overeen met die voor de eerste benadering.

Als δ tot nul nadert, resp. zeer klein wordt gehouden, dan is:

$$D = \infty - n^3 + 3n^2,$$

$$E = \infty 3n,$$

$$F = \infty \frac{n}{3-n},$$

$$E - F = \infty \frac{8n - 3n^2}{3-n}.$$

Om te voldoen aan de voorwaarde (42) moet dan dus gelden:

$$\frac{8n - 3n^2}{3-n} > 0,$$

waaruit volgt:

$$n < \frac{8}{3} = 2,667 \quad (49)$$

Voorts is met bovenstaande benaderingen:

$$n^3 - (E - F)F = \infty n^3 - \frac{(8 - 3n)n^2}{(3-n)^2}.$$

Hieruit volgt, dat om te voldoen aan de voorwaarde (43) moet gelden:

$$n^5 - 6n^4 + 12n^3 - 9n^2 + 6n - 9 > 0$$

Voor $n < \frac{8}{3}$ wordt hieraan voldaan als:

$$n > 2,4 \quad (50)$$

Door (49) en (50) is n dus beperkt tot een zeer klein gebied.

Neemt men nu bij wijze van voorbeeld weer $R_1 = 100 R$ (vgl. praktische voorbeeld in § 5), dus volgens (48a) $\delta = 0,01$ en stelt men n b.v. op 2,6 dan is aan alle gestelde voorwaarden voldaan en vindt men: $A = 1,600$; $B = 0,785$; $D = 2,624$; $E = 7,790$; $F = 6,587$. Voor de dimensionering van de schakelementen van fig. 9 geldt dan in dit geval:

$$L = \frac{CR^2}{D} = 0,381 CR^2,$$

$$R_2 = \frac{E-F}{D} \cdot R = 0,458 R,$$

$$C_1 = \frac{D}{n^3 - (E-F)F} \cdot C = 0,272 C,$$

$$R_3 = \frac{n^3 - (E-F)F}{DF} \cdot R = 0,557 R.$$

Daar in de stationnaire toestand tussen de ingangsklemmen de weerstand R werkzaam moet zijn, dient te gelden:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3}$$

Met de zoëven berekende waarden wordt gevonden:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2 + R_3} = \frac{0,99522}{R}.$$

De geringe afwijking is natuurlijk te wijten aan de toegepaste afrondingen.

De sprongkarakteristiek van de berekende schakeling is:

$$E(t) = R \left\{ 1 - (1 + 1,6 at + 0,785 a^2 t^2) e^{-2,6 at} \right\},$$

waaruit voor de berekening van de stijgtijd wordt gevonden:

$$a \tau_3 = 1,42.$$

7. Slotbeschouwing.

Op de aangegeven weg kan men nu trachten verder te komen, b.v. door voor $f(t)$ een 3e graads functie te nemen en op die wijze kromme 4 van fig. 5 zo goed mogelijk te benaderen. Daar

deze, vergeleken bij de daaraan voorafgaande kromme 3, slechts een geringe verbetering toont, doet zich de vraag voor of er nog veel winst te verwachten is bij het zoeken naar een vierde of verdere benadering, c.q. of de uitbreiding van de schakeling met verdere elementen en correctiemiddelen wel is verantwoord tegenover de te boeken verbetering.

Vergelijkt men nl. de stijgtijden voor de genormaliseerde benaderingscurven volgens fig. 5 met τ_{min} volgens (3) dan vindt men de volgende verhoudingsgetallen:

$$\frac{\tau_1}{\tau_{min}} = 2,75; \quad \frac{\tau_2}{\tau_{min}} = 1,94; \quad \frac{\tau_3}{\tau_{min}} = 1,58; \quad \frac{\tau_4}{\tau_{min}} = 1,44.$$

De praktisch bereikbare in de verschillende behandelde stadia zijn echter:

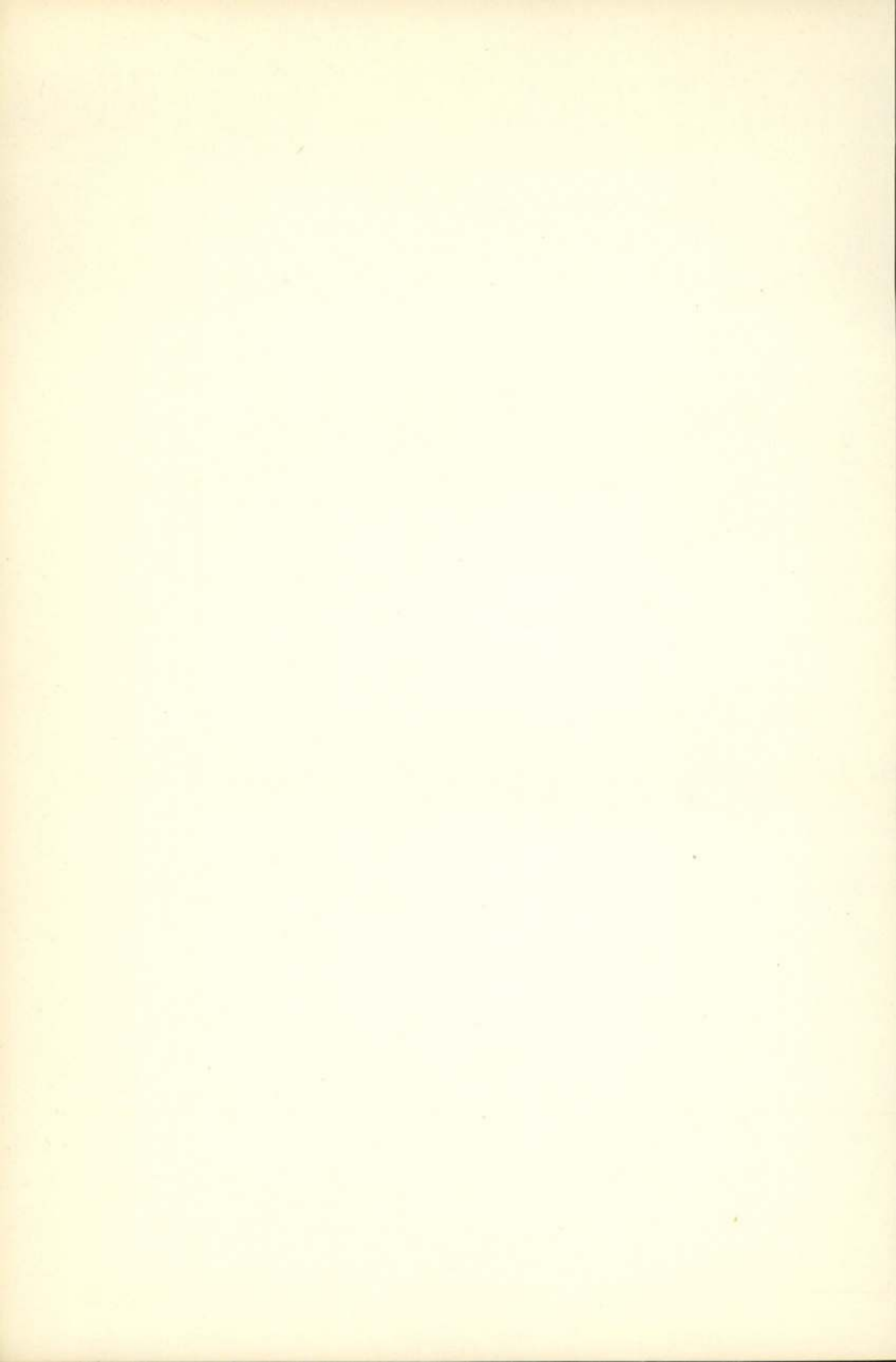
$$\frac{\tau_1}{\tau_{min}} = 2,75; \quad \frac{\tau_2}{\tau_{min}} = 1,94; \quad \frac{\tau_3}{\tau_{min}} = 1,78,$$

zodat reeds de derde benadering belangrijk achter blijft bij de theoretische verwachting en slechts een geringe winst geeft te zien t.o.v. de tweede benadering.

Wil men een verdere benadering onderzoeken dan vindt men in het bovenstaande de aanknopingspunten om dit te kunnen doen voor een versterktrap met monotoon stijgende sprongkarakteristiek.

Literatuuroverzicht

- 1) Morton Nadler, „The Synthesis of Electric Networks according to Prescribed Transient Conditions”, Proc. I.R.E., Juni '49.
- 2) Morton Nadler, „A note on the Synthesis of Electric Networks according to Prescribed Transient Conditions”. Proc. I.R.E., April '50.
- 3) P. R. Aigrain and E. M. Williams, „Design of Optimum Transient Response Amplifiers”, Proc. I.R.E., Aug. '49.
- 4) P. R. Aigrain and E. M. Williams, „Synthesis of n-reactance Networks for desired Transient Response”, Journ. Appl. Physics, Juni '49.
- 5) I. F. Macdiarmid, „Transient Response”, Wireless Engineer, Nov. '51.
- 6) N. W. Mc Lachlan, „Complex Variable and operational Calculus”, University Press, Cambridge '39.
- 7) Louis A. Pipes, „Applied Mathematics for Engineers and Physicists”, Mc Graw Hill, New York '46.
- 8) M. F. Gardner and J. L. Barnes, „Transients in Linear Systems”, Wiley, New York '42.



PROF. IR. L. H. M. HUYDTS

40 jaar verbonden aan de T. H. te Delft



Curriculum vitae: 14 Mei 1890 geboren te Maastricht; 1908 diploma Rijks H.B.S.; 1914 electrotechnisch ingenieur T. H. Delft; 1914—1915 ingenieur bij Brown Boveri, Mannheim; 1 Jan. 1916 assistent zwakstroomtechniek T. H. Delft; 1918 conservator Radiolaboratorium; 1925 bijzitter examen radiotechniek; 1932 lector in de experimentele hoogfrequenttechniek; 1946 hoogleraar in de electronica.

Op 1 Januari 1956 is het veertig jaar geleden, dat Ir. Léon Hubert Marie Huydts aan de Technische Hogeschool te Delft verbonden werd als assistent op de Afdeling der Electrotechniek. Voorzeker een feit voor de leden van het Nederlands Radiogenootschap — voor een belangrijk deel oud-leerlingen van

hem —, om in dankbaarheid te herdenken alles wat deze pionier van de radio-techniek in ons land heeft gedaan. Hoewel volledigheid ten enen male is uitgesloten, willen we bij gelegenheid van dit bijzondere jubileum enkele van de belangrijkste feiten uit zijn loopbaan herdenken.

In 1916 aangesteld om leiding te geven bij de practica der studievakken telefonie en telegrafie, werd hij reeds in 1918 benoemd tot conservator, met de opdracht, een radiolaboratorium te stichten. De ouderen onder ons zullen zich nog herinneren hoe juist in 1918 de toenmalige Vereniging voor Radiotelegrafie door een groots opgezette tentoonstelling in de Dierentuin in Den Haag, de aandacht van Nederland vestigde op de snelle ontwikkeling der radio. Electronenbuizen waren in die dagen practisch nog niet in gebruik. In 1920 kon Huydts reeds een facultatief radiopracticum voor studenten instellen, dat in 1925 verplicht werd gesteld voor het keuzevak Radio.

Het Radiolaboratorium groeide snel onder de leiding van deze jongste conservator in den lande, mede doordat hij kans zag de Nederlandse industrie het belang ervan te doen inzien. Deze stelde vertrouwen in zijn energieke leiding en steunde hem door het verschaffen van middelen voor uitbreiding en modernisering van zijn laboratorium. In 1927 verleende ook het ministerie een speciale subsidie voor dit doel.

Dat voor zijn werk ook in het buitenland belangstelling was gewekt, moge blijken uit zijn contacten met bekende figuren uit de eerste tijd der radio, zoals prof. Barkhausen, prof. Rukop, prof. Schröter en dr. M. von Ardenne.

De Technische Hogeschool mag zich gelukkig prijzen dat Huydts toentertijd, gepakt als hij was door de opbouw van zijn laboratorium en door het boeiende werk van het opleiden der studerenden in dit nieuwe vak, weerstand geboden heeft aan de aanbiedingen, die de uitbreidende industrie de actieve conservator deed. De radio groeide in die tijd snel en verkreeg industrieel een steeds grotere importantie.

In 1932 aanvaardde Huydts het lectoraat in de experimentele hoogfrequentetechniek met een rede getiteld: „Toepassingen van electronenlampen”, die een goed overzicht gaf van de toenmalige stand der techniek. De leiding van het Radiolaboratorium en de verzorging van het diplomawerk der afstuderenden op dit gebied werden hem nu geheel toevertrouwd. Hij stelde een college Electronenlampen I op voor de derdejaars- en een college Electronenlampen II voor de vierdejaars-studenten. Ook verzorgde hij het practicum voor de colleges van de buitengewoon hoogleraar prof. dr. Koomans. Het was een interessante en snel groeiende taak die hem op de schouders werd gelegd, mede doordat dit nieuwe vak zich mocht verheugen in een zeer grote belangstelling van de zijde der studenten.

Naast de vele werkzaamheden direct het onderwijs betreffende, werden in het laboratorium onderzoekingen gedaan die later ook voor de industrie van belang bleken te zijn. Zo werden van 1920 tot 1930 vele nieuwe typen radio-ontvangers ontworpen en soms ook industrieel vervaardigd. Enkele resultaten verkregen bij balansschakelingen konden worden toegepast in Kootwijk voor de radioverbinding met het toenmalige Nederlands-Indië.

De eigenschappen van de, voor die tijd, zeer korte golven (ca. 2,5 m), fase-omkeerbuizen, buisvoltmeters, storingwerende antennes (de „Huydts-antenne”), toongeneratoren, meetzenders enz. enz. hadden zijn belangstelling. Zij werden onderzocht en somtijds met zodanig succes verbeterd, dat octrooien werden verleend en industriële uitvoeringen ontstonden. Waardering voor zijn werk aan toongeneratoren b.v. blijkt o.a. door toekenning van een Vederfondsprijs.

Met verschillende andere wetenschappelijke laboratoria werd een samenwerking opgebouwd, zoals b.v. met prof. Aten van de Amsterdamse universiteit voor het meten van dipoolmomenten, met prof. Bok van de Leidse universiteit voor stroomgeleiding langs zenuwbanen en met prof. Biezeno en dr. Koch te Delft voor het meten van kleine afstandsveranderingen. De meettechniek met behulp van elektronenbuizen is door Huydts in Nederland geïntroduceerd en in aanzienlijke mate gestimuleerd. Ook heeft hij in 1940 een succesvolle actie ingeleid om, door samenwerking van enkele hoogleraren en de industrie, het Delftse Hogeschoolfonds een belangrijker taak te laten vervullen in het wetenschappelijk onderzoek in de verschillende laboratoria van de T. H.

Het is moeilijk om een enigszins bevredigend overzicht samen te stellen van de vele onderwerpen waarmede Huydts zich in de afgelopen 40 jaren heeft beziggehouden en waaraan in zijn laboratorium met succes is gewerkt. Een deel hiervan vond de weg naar openbaarheid door de verschillende publicaties van zijn hand, o.a. in het Tijdschrift voor Telegrafie en Telefonie, in Radionieuws, in het Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap en in De Ingenieur.

Het is jammer dat door gebrek aan tijd een groot deel niet gepubliceerd kon worden. Dit euvel van tijdgebrek was eigenlijk bijna vanaf het begin aanwezig, en werd in de loop der jaren niet minder. De stormachtige ontwikkeling van radio en electronica en de grote belangstelling die hij op zijn colleges bij de studenten ervoor wist te wekken, benevens het chronisch gebrek aan medewerkers en hulpkrachten, dit alles maakte dat zijn educatieve werkzaamheden ten slotte steeds minder ruimte overlieten voor het wetenschappelijk onderzoek, dat hij toch eveneens tot zijn taak rekende. Een enkel getal moge dit illustreren. In de afgelopen jaren hebben 200 — waarschijnlijk een record-aantal — electro-technische ingenieurs hun diplomawerk verricht onder zijn directe verantwoording.

Een ieder die het voorrecht heeft met prof. Huydts in persoonlijk contact te komen, zal intussen getroffen worden door zijn bijzonder levendige, op de mens gerichte aandacht. Het behoort tot de levenshouding van deze sympathieke geleerde, dat hij, hoe druk hij het ook heeft, steeds met een grote onzelfzuchtige belangstelling zijn medemensen tegemoet treedt, tracht ze te begrijpen en zo mogelijk te helpen, en dat vaak doet ten koste van zichzelf.

Deze opofferende gezindheid heeft er ten slotte echter toe geleid dat, na jarenlange overbelasting, het moeten woekeren met onvoldoende ter beschikking staande middelen en het werken met overgrote aantallen studenten, zijn gezondheid zodanig is ondermijnd, dat hij nu op doktersadvies een half jaar volledig rust moet houden, waardoor een grootse herdenking en huldiging, zoals men hem gaarne had bereid, vooralsnog achterwege moeten blijven. Zijn vele vrienden en dankbare oud-leerlingen wensen hem daarom allereerst een spoedig algeheel herstel toe, en hopen later in de gelegenheid te worden gesteld, hem persoonlijk van hun gevoelens te doen blijken.

J. L. H. JONKER

URSI BIJEENKOMST TE BOULDER, COLORADO, USA.

De 12de algemene vergadering van de URSI wordt gehouden van 22 Augustus tot 5 September 1957 te Boulder, Colorado, USA, in de universiteit van Boulder.

De vergaderingen van de technische commissies beginnen op 26 Augustus, de sluitingszitting vindt plaats op 5 September.

De excursies omvatten:

25 Augustus: Bezoek aan de Mount Evans and Echo Lake Laboratories. Dit zijn de gemeenschappelijke laboratoria van diverse Amerikaanse universiteiten.

31 Augustus en 1 September: Chayenne Mountain and Climax. Bezoek aan het Chayenne Mountain Field Station van het National Bureau of Standards. Hier worden diverse proefnemingen op het gebied van troposferische voortplanting gedaan.

Daarna bezoek aan het 11000 voet hoog gelegen „High Altitude Observatory”.

Boekbesprekingen

Electronenbuizen voor batterij-ontvangers, door E. Rodenhuis.
Uitgave Meulenhoff en Co. N.V. Amsterdam 1955. 184 blz.,
14½ x 21, f 8,50.

In het voorwoord van dit boekje — dat een nieuwe verschijning is in de Populaire Serie van de Philips' Technische Bibliotheek — merkt de schrijver o.a. op, dat het is samengesteld om de technische kennis die nodig is voor de zelfbouw van goede batterij-ontvangers, te vergroten en dat het voorts kan dienen als aanvullende lectuur voor studerende in de radiotechniek.

In het eerste hoofdstuk wordt een historisch overzicht gegeven van de ontwikkeling die de buizen voor batterijvoeding in de loop der jaren hebben ondergaan, vanaf de eerste heil gloeiende buizen met een gloeistroomverbruik in de orde van 1 A bij 4 V tot de moderne buisjes van de D 96-serie met een gloeistroom van slechts 25 mA bij 1,4 V. In overeenstemming met de titel van het boekje heeft de schrijver zich blijkbaar willen beperken tot de buisjes die gewoonlijk in ontvangers worden gebruikt; de nog aanzienlijk zuiniger buisjes van de D 60-serie voor toepassing in hoorapparaten worden in dit boekje niet behandeld en zelfs niet genoemd. Verder wordt in hoofdstuk I een overzicht gegeven van de eisen die aan de verschillende typen batterij-ontvangers (draagbare ontvangers, zgn. ABC-ontvangers en stationnaire ontvangers) moeten worden gesteld.

In de volgende drie hoofdstukken, die tezamen ongeveer tweederde deel van het boekje beslaan, vindt men dezelfde uitvoerige gegevens met vele grafieken en tabellen van de miniatuur-batterijbuizen met gloeidraden voor 50 en 25 mA, zoals deze ook voorkomen in deel I van het Philips' Electronic Tube Handbook.

Een afzonderlijk hoofdstuk is gewijd aan de voedingsproblemen die zich bij batterijbuizen voordoen, o.a. omdat veelal de emissiestroom niet te verwaarlozen klein is t.o.v. de gloeistroom. Aan de hand van vele voorbeelden worden de weerstanden berekend die dan nodig zijn om de emissiestroom te compenseren.

In het laatste hoofdstuk worden aan de hand van een viertal bijgevoegde uitslaande schemabladen, uitvoerige beschrijvingen gegeven van verschillende batterij-ontvangers. Behalve de waarden van weerstanden en condensatoren worden daarbij ook de wikkelgegevens van alle spoelen en een groot aantal meetresultaten vermeld.

Het boekje is even uitstekend verzorgd als de reeds eerder in deze reeks verschenen uitgaven. Aan hen die met batterij-ontvangers hebben te maken, zal het ongetwijfeld nuttige diensten kunnen bewijzen.

L. V. V.

Computer Development (SEAC and DYSEAC) at the National Bureau of Standards, Washington D.C. Nat. Bur. of Standards circular 551, 146 blz. 75 figuren. Prijs \$ 2.—.

A series of eight papers on the Nat. Bur. of Standards computers SEAC and DYSEAC, some of which have appeared already in the periodical press (e.g. the computer number of Proc. I.R.E. of October 1953 contains the first two papers).

Both computers are of the binary series type with 1 Mc repetition frequency, and they belong at this time to the medium fast type (mean addition time for a 45 bit-word in 3- or 4-address code is 0,86 milliseconds), although at the time of its completion (1950) SEAC was one of the fastest machines.

The SEAC technique, where logical operations are all done by standard subassemblies, consisting of a 15-input diode and/or gate with a hard triode pulse repeater, is described in details.

An interesting paper is given about the systems design procedure, starting with the formulation of the operations the machine is required to do, and ending with detailed wiring plans.

The DYSEAC has some special operations which enable it to be transferred very easily from one program to another at certain points in the program, and under command of a switch which can be set by an external information source.

This for example enables the machine to work at a lower urgency program B while waiting for external information, essential for a higher urgency program A, and switch back autonomously to A as soon as this information arrives.

There is a description of the high-speed memories in use in both computers (mercury delay lines, Williams tubes, and an experimental diode-capacitor matrix memory.)

To keep the SEAC in shape a checking, inspection and calibration program taking $\frac{1}{2}$ h a day plus 8 h a week is used, during which each of the 1428 vacuum tubes is tested every 3 months. The paper gives many data and several graphs about the operating experience with tubes and diodes.

In conclusion we can say that the book as a whole gives a very instructive survey of the technical and organisational problems that have to be mastered in the building and maintaining of a large computer.

J. F. K.

NEDERLANDS TIJDSCHRIFT VOOR NATUURKUNDE

Zoals bekend kunnen leden van het Nederlands Radiogenootschap een abonnement tegen gereduceerd tarief verkrijgen op het Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde.

Dit tarief is ingaande 1 Januari 1956 verhoogd tot f 12.— per jaar. Belangstellenden kunnen zich opgeven bij de secretaris van het N.R.G.

Uit het Nederlands Radiogenootschap

NIEUW BESTUURLID

Op voorstel van het bestuur werd op 12 December j.l. Ir. J. J. van Rijsinge, adjunct directeur Philips Telecommunicatie Industrie, tot bestuurslid gekozen.

De Heer van Rijsinge verklaarde zich gaarne bereid in het bestuur zitting te nemen.

PERSONALIA**Ir. H. RINIA**

Ir. H. Rinia, directeur van het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven, is benoemd tot Vice-President van The Institute of Radio Engineers.

Deze eervolle onderscheiding is voordien slechts eenmaal aan een Nederlander te beurt gevallen, namelijk in 1934 aan Prof. Dr. Balthasar van der Pol, destijds eveneens aan het Natuurkundig Laboratorium verbonden.

Ir. Rinia heeft internationaal grote bekendheid verworven, zowel door zijn persoonlijke uitgebreide kennis als door zijn directeurschap van het Natuurkundig Laboratorium, dat zo vele bijdragen tot de vooruitgang op het gebied van radio en televisie heeft geleverd. Vooral in de kringen van het C.C.I.R., het internationale comité dat zich bezig houdt met aangelegenheden op het gebied van radio en televisie, waarin Ir. Rinia als expert in de Nederlandse delegatie zitting heeft, is hij een bekende persoonlijkheid, wiens adviezen op hoge prijs worden gesteld.

VERGADERINGEN

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

Woensdag 7 December 1955 te Den Haag. Spreker: *Dr. H. G. Manfield* met als onderwerp: „Printed and potted circuits and automation techniques” (in samenwerking met het Kon. Inst. van Ingenieurs en het Genootschap van Ingenieurs der P.T.T.)

Maandag 12 December 1955 te Rotterdam. Sprekers: *Ir. C. B. Broersma*: Enkele nieuwe ontwikkelingen op het gebied van richtingzoekers, geleidebakens enz. ten behoeve van de scheepvaart.

N. Schimmel: Enkele bijzonderheden over het door het Nederlands Radar Proefstation ontwikkelde Ramarkbakens.

Ir. H. T. Hylkema: Moderne scheepsradio communicatieapparatuur.

NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN

Ir. R. L. Bosch, Marine Hospitaal, Overveen.
 Ir. M. P. Breedveld, Wassenaarseweg 187, Den Haag.
 Dipl. Ing. W. van Essen, Walkartweg 3, Zeist.
 Ir. F. de Jager, St. Lutgartstraat 11, Eindhoven
 Ir. B. L. Kaper, Mauritsstraat 22 B, Eindhoven.
 Ir. P. D. v. d. Knaap, Dommelstraat 4, Geldrop.
 Ir. J. M. Olthuis, Koekoeklaan 2, Eindhoven.
 Ir. E. E. Poelman, Groot Hertoginnelaan 118, Den Haag.

NIEUWE LEDEN

G. Gaikhorst, Coosje Buskenstraat 32, Vlissingen.
 Ir. L. Krul, Jan Maetsuyckerstraat 63, Den Haag.
 C. A. Smit, Sandenburgstraat 194, Den Haag.

VOORGESTELDE LEDEN

E. G. Dorgelo, Bezuidenhoutseweg 7, Eindhoven (Philips).
 J. C. Mol, Amstel 75, Amsterdam (directeur Unitran).
 Ir. J. Starreveld, Oude Amersfoortse weg 315, Hilversum (P.T.I.).
 W. Costerus, J. v. Vlietstraat 84, Haarlem (Telefunken).
 Ltz II R. F. M. Leonhard, van Weede van Dijkveldstraat 28, Den Haag (Marine).

Ledenlijst Nederlands Radiogenootschap

1 Januari 1955

Ere-leden

- | | | |
|------|-----------------------------|----------------------------------|
| 1920 | Prof. Dr Balth. van der Pol | Chemin Krieg 22, Genève. |
| 1928 | Prof. Ir J. L. v. Soest | v. Soutelandelaan 35, Den Haag. |
| 1927 | Prof. Ir B. D. H. Tellegen | Tongelresestraat 193, Eindhoven. |

Donateurs

Kon. Ned. Meteorologisch Instituut, de Bilt.
Nederlandse Kabelfabriek N.V., Delft.
Ned. Radio Unie, Hilversum.
Nederlandse Standard Electric Mij N.V.
's-Gravenhage.
N.V. Philips' Telecommunicatie Industrie, v/h N.S.F.,
Hilversum.
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.
Radio-Holland N.V., Amsterdam.
Staatsbedrijf der P.T.T., 's-Gravenhage.
Wetenschappelijk Radiofonds Veder.

Leden

- | | | |
|------|------------------------------|--------------------------------------|
| 1950 | Ir H. H. van Abbe | Generaal Cronjéstraat 20, Eindhoven. |
| 1929 | Ir J. W. Alexander | Loosdrechtseweg 146, Hilversum. |
| 1946 | Ir G. H. P. Alma | Bosweg 4, Waalre (N.B.). |
| 1946 | C. F. Amsterdam | Leeuweriklaan 4, Eindhoven. |
| 1948 | A. Auping | „Jolijt", Gorsel. |
| 1954 | Ir J. van Baarda | Berlagelaan 151, Hilversum. |
| 1946 | Prof. Dr Ir W. Th. Bähler | Julianalaan 155, Delft. |
| 1947 | Prof. Dr C. J. Bakker | Verdistraat 1, Amsterdam-Z. |
| 1951 | Ir E. J. van Barneveld | Odulphusstraat 22, Eindhoven. |
| 1946 | Prof. Ir G. H. Bast | v. Alkemadelaan 3, Den Haag. |
| 1947 | Ir M. W. v. Batenburg | Westplantsoen 25, Delft. |
| 1938 | Ir M. v. d. Beek | Joh. Geradtsweg 162, Hilversum. |
| 1954 | Ir H. G. Beljers | St Leonardusstraat 2, Eindhoven. |
| 1950 | Ir H. C. Bennebroek Evertsz' | Lindenheuvel 5a, Hilversum. |
| 1951 | Ir C. J. H. van der Berg | Oranje Plantage 36, Delft. |
| 1943 | Ir D. van den Berg | Spotvogellaan 51A, Den Haag. |

1930	Th. P. v. d. Bergh	Zuidereinde 593, 's-Graveland.
1954	Ir P. L. M. van Berkel	Parkweg 234, Voorburg.
1943	Ir W. Beukema	Petrus Dondersstraat 87, Eindhoven.
1925	Ir J. Bloemsma	Mient 551, Den Haag.
1952	H. Blok	Frankrijkstraat 37, Eindhoven.
1938	Ir L. Blok	Rodenbachlaan 18, Eindhoven.
1953	Drs K. H. J. Bokhove	Jan Luykenstraat 38, Eindhoven.
1950	Ir A. P. Bolle	Kon. Wilhelminalaan 296B, Voorburg.
1926	H. B. R. Boosman	Diependaalsedrift 23, Hilversum.
1946	Ir J. L. Bordewijk	Adr. Pauwstraat 62, Delft.
1952	Ir R. L. Bosch	Rijnsburgerweg 2, Leiden.
1941	Ir P. H. Boukema	Timorstraat 21, Delft.
1943	Ing. H. J. J. Bouman	Emmastraat 28-II, Den Haag.
1941	Ir J. A. J. Bouman	Pluvierlaan 2, Eindhoven.
1941	Ir L. R. Bourgonjon	Javalaan 32, Hilversum.
1948	Dr C. J. Bouwkamp	Goorstraat 10, Eindhoven.
1947	Ir IJ Boxma	Van Neckstraat 82, Den Haag.
1943	Ir D. J. Braak	Voormeulenweg 53, Bussum.
1952	Ir J. W. Braicks	Ant. v. Opbergenstraat 2, Eindhoven.
1947	S. Breimer	G. v. Amstelstraat 362, Hilversum.
1949	J. H. M. den Bremer	Carel Vosmaerstraat 58, Voorburg.
1947	Dr H. Bremmer	Markt 35, Eindhoven.
1951	Ir C. B. Broersma	de Lairessestraat 149, Amsterdam-Z.
1938	Mr W. Broertjes	Westeinde 12, Amsterdam-C.
1946	Ir D. C. Broks	Quarles v. Uffordstr. 47, Noordwijk a. Z.
1953	Ir J. F. Brouwer	Berlagelaan 125, Hilversum.
1949	Dr H. Bruining	Kievitlaan 1, Eindhoven.
1946	Ir H. G. Bruijning	Dr W. Leydslaan 33, Eindhoven.
1954	H. M. J. Bucx	Borgesiuslaan 49, Amersfoort.
1946	Ir J. C. Buis	Pieter de Hooghlaan 24, Hilversum.
1954	Ir J. A. Bijvoet	Gooweg 17, Noordwijk.
1952	Ir A. E. M. Calon	Hercules Segherslaan 5, Eindhoven.
1946	Ir J. F. Carrière	Ant. v. Opbergenstraat 10, Eindhoven.
1947	J. Corver	Kastanjelaan 46, Hilversum.
1953	J. G. Coster	Lohengrinstraat 38, Den Haag.
1931	Ir A. Cramwinckel	Lindenheuvel 1, Hilversum.
1948	Ir W. J. L. Dalmijn	Bakenbergseweg 205, Arnhem.
1954	Ir J. Davidse	Croeselaan 75bis-A, Utrecht.
1947	Ir P. A. v. Deirse	Laan v. Oostenburg 13, Voorburg.
1951	Ir J. Dekker	v. d. Aastraat 30, Den Haag.
1953	Ir J. C. Diels	Nassaulaan 56, Hilversum.
1947	Ir W. F. Dil	Mathijssenlaan 38, Eindhoven.
1954	Ir J. Domburg	St. Lutgartstraat 11, Eindhoven.
1949	G. J. C. Donk	Meteorenstraat 113, Hilversum.
1950	Ir A. G. van Doorn	Pieter Huyssensweg 6, Eindhoven.
1953	F. Doornbos	Kootwijk-Radio 5, post Apeldoorn.
1946	Ir C. Dorsman	Lijsterlaan 32, Eindhoven.
1954	H. Dost	Hoogstedelaan 46, Arnhem.
1942	Ir C. P. L. van Doveren	Steynlaan 17, Hilversum.

- 1952 Ir H. Drost
1947 Ing. R. Y. Drost
1920 Ir A. Dubois
1952 Ir A. J. W. Duijvestijn
1949 Ir D. M. Duinker
1950 Ir S. Duinker
1952 Ir C. Dullemond
1939 Dr Ir H. C. A. v. Duuren
1947 Ir G. E. F. v. Dijk
1928 P. R. Dijksterhuis
1940 Ir B. v. Dijn
1951 B. J. Eckhardt
1948 Ir J. W. Edens
1946 Ir A. J. Ehnle
1952 G. Emmerik
1942 Ir M. C. Ennen
1954 L. Ensing
1951 Dipl. ing. W. van Essen
1952 J. A. G. van Everdingen
1954 lt L. A. M. van Eijnatten
1954 Dr H. Feiner
1951 Ltz E. Ferwerda
1952 Jhr A. van Foreest

1954 Dr Ir J. C. Francken
1942 Ir G. Franken
1952 M. Fransen
1952 Ir C. Franx
1923 Ir F. de Fremery

1946 H. de Fremery
1949 P. J. M. Geenen
1951 W. H. van Gelder
1952 Ir J. H. van Gelderen
1946 Dr Ir J. J. Geluk
1941 Jhr Dr Ir M. Gevers
1946 Ir D. Goedhart
1951 Ir E. Goldbohm
1944 Prof. Dr C. J. Gorter
1954 Ir F. C. de Graaff
1940 Ir S. Gratama
1954 J. A. Greefkes
1952 Ir H. W. F. van 't Groenewout
1951 Ir E. W. Gröneveld
1941 Ir F. A. de Groot
1952 Ir J. A. Grosjean
1943 Ir F. H. Gusdorf
1943 Ir M. G. A. Haalebos
1941 Dr J. Haantjes

Pieter Huyssens weg 4, Eindhoven.
Huis „Liesje”, de Otter, Oud-Loosdrecht.
Laan v. Vogelenzang 1a, Hilversum.
Grevelingenstraat 8 III, Amsterdam.
Lijsterlaan 16, Eindhoven.
Ernst Casimirstraat 21, Aalst (N.Br.).
Prins Bernhardlaan 69, Voorburg.
St. v. 's-Gravesandeweg 83, Wassenaar.
Min. Loudonlaan 19, Enschede.
De Genestetlaan 7, Baarn.
Pr. Willem van Oranjelaan 25, Naarden.
Lopik-radio, post IJsselstein.
Hindelaan 8, Eindhoven.
Laan van Meerdervoort 696, Den Haag.
Arabislaan 90, Den Haag (L.).
Radio-station Kootwijk, post Apeldoorn.
Van Hallstraat 9, Delft.
Lange Kerkdam 38, Wassenaar.
Mesdagstraat 45, Den Haag.
Zandberglaan 64, Breda.
Joh. Geradtsweg 88, Hilversum.
Celebesstraat 117, Den Haag.
Nieuwe Weteringseweg 40,
Maartensdijk/Groenekan.
Gen. Cronjéstraat 26, Eindhoven.
Valkenboskade 415, Den Haag.
Snelliusstraat 83, IJmuiden.
Vlierdense weg 2 L, Helmond.
Flat Kannesheuvel, Rossinilaan 40,
Hilversum.
Kretschmar van Veenlaan 98, Hilversum.
Pieter Bothstraat 5, Den Haag.
Zoomstraat 37-II, Amsterdam-Z.
Taludweg 83, Hilversum.
G. Metsulaan 28, Hilversum.
1e Wilakkerstraat 28, Eindhoven.
Diependaalse Drift 40, Hilversum.
Dahlialaan 42, Aerdenhout.
Lorentzkade 40, Leiden.
Beetslaan 198, Rijswijk.
v. Leijdenstraat 6, Voorburg.
Bonifaciuslaan 20, Eindhoven.
Paetsstraat 9, Rotterdam-C.
Goudenregenstraat 249, Den Haag.
1e Wilakkerstraat 2, Eindhoven.
Kretschmar van Veenlaan 74, Hilversum.
St. Odulphusstraat 34, Eindhoven.
de Sitterlaan 61, Leiden.
Elzentlaan 7, Eindhoven.

- 1948 Ir A. de Haas
Aronskelkweg 52B, Den Haag. tijdelijk:
Chief ICAO T.A. Mission to Iran,
P.O.Box 58, Teheran, Iran.
- 1954 Ir J. A. Hammer
Wilhelminastraat 4, Noordwijk.
- 1949 Ir H. N. Hansen
Steynlaan 17, Hilversum.
- 1949 Ir B. J. van Hardenberg
Irisstraat 32, Bussum.
- 1952 F. R. Hardi
De Bazelstraat 19, Eindhoven.
- 1949 Ir C. G. Hartland
Park Vronestein 43, Voorburg.
- 1921 Dr J. ter Heerdt
Vierakker (post Vorden).
- 1934 Ir H. H. Heeroma
St. v. 's-Gravesandeweg 39, Wassenaar.
- 1952 Dipl. ing. J. Hekner
Berlagelaan 102, Hilversum.
- 1952 Ir S. Hekster
Laan van Alkemade 58, Oegstgeest.
- 1947 Ir S. J. Hellings
Gooiersgracht 149, Laren.
- 1947 Ir Chr. Henssen
Floralaan 147, Eindhoven.
- 1954 Dr Ir E. W. van Heuven
V. Coothstraat 1, Eindhoven.
- 1946 Ir A. Heystek
Julianalaan 172, Bilthoven.
- 1952 Ir J. D. Hoepelman
Berlagelaan 117, Hilversum.
- 1924 S. L. Hof
Citroenstraat 30, Den Haag.
- 1946 Ir P. H. A. Hoffmann
Mient 310, Den Haag.
- 1949 Ir W. K. Hofker
Berlagelaan 89, Hilversum.
- 1949 Ir J. M. van Hofwegen
St. Jansstraat 58, Oerle,
post Veldhoven (N.B.).
- 1954 Ir B. Hogeweg
Watervlietstraat 45, Velsen-N. (post
Beverwijk).
- 1952 Ir F. W. Höld
De Perponcherstraat 100, Den Haag.
- 1920 Prof. Dr G. Holst
Nachtegalenlaan 13, Aerdenhout.
- 1951 Ir B. G. Hooghoudt
Julianalaan 161, Delft.
- 1950 Ir A. T. de Hoop
Nic. Tulpstraat 41, Den Haag.
- 1925 J. Houtsmuller
Prins Mauritslaan 69, Den Haag.
- 1954 Ir L. H. Hovenkamp
Patrijslaan 11, Den Haag.
- 1954 Ir J. C. Huizinga
Kleverparkstraat 19, Haarlem.
- 1947 Ing. J. J. A. Hulshoff
Dr Arienstraat 33, Lent (O B).
- 1951 Ir F. J. van Hutten
Emmalaan 105, Oegstgeest.
- 1920 Prof. Ir L. H. M. Huydts
Geestbrugweg 105, Rijswijk (Z.H.).
- 1941 Ir P. A. I. Huydts
G. v. Amstelstraat 387, Hilversum.
- 1940 Ir H. T. Hylkema
Jagtlustlaan 9, Santpoort-Station.
- 1954 Ir F. de Jager
Valklaan 6, Eindhoven.
- 1951 Ir J. M. L. Janssen
Lindelaan 12, Delft.
- 1947 Drs A. M. J. Jaspers
Potgieterstraat 48, Eindhoven.
- 1951 Dr H. J. Jongepier
Noordbolwerk 19, Middelburg.
- 1941 Prof. Dr Ir J. L. H. Jonker
Broerelaan 12, Eindhoven.
- 1951 Ir H. J. Jorritsma-Bregman
Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
- 1943 Ir W. P. Jorritsma
Joh. Geradtsweg 50, Hilversum.
- 1949 Ir B. F. Jurgens
Dr W. Leydslaan 13, Eindhoven.
- 1952 Kltz J. C. Jurrjens
De Savornin Lohmanlaan 198,
Den Haag.
- 1953 Ir B. L. Kaper
p/a Niewersluisstraat 29, Den Haag.
- 1947 F. Kerkhof
Heezerweg 220, Eindhoven.
- 1954 Ltz R. H. Kerkhoven
Oranjelaan 8, Leidschendam.

- 1946 Ir D. Kleis
 1946 Ir J. F. Klinkhamer
 1943 Ir P. D. v. d. Knaap
 1954 Dr K. S. Knol
 1950 H. M. Koch
 1920 Dr A. Koerts
 1949 D. Koffyberg
 1954 H. Kok
 1946 Kol. Ir J. C. Kok
 1952 J. Koning
 1948 Dr Ir L. Kosten
 1949 Dr J. P. H. de Kruijff
 1952 A. W. Kymmell
 1952 Ir H. van Lambalgen
 1928 Ir H. de Lange Dzn
 1954 C. Lecomte
 1950 Ir A. J. Leenhouts
 1954 Ir J. L. Leistra
 1940 Ir L. A. W. v. d. Lek

 1949 Dipl. ing. J. H. Lengton
 1949 L. F. Liera
 1941 Ir H. J. L. Lindenhovius
 1943 Ir C. J. v. Loon
 1952 Ir L. J. W. van Loon
 1949 Ir W. Lulofs
 1938 Ir C. J. de Lussanet de la Sablonière
 1947 Ir F. Maarleveld
 1941 Ir J. M. Madsen
 1948 Ir M. R. Mantz
 1954 Ir M. Martin
 1949 Ir P. H. Max
 1941 W. Metzelaar
 1946 Ir J. de Mey
 1954 R. H. van Minnen
 1949 Ir A. Moerman
 1951 Ir F. Möhring
 1948 Dr Ir H. Mol
 1946 Kol. J. W. E. Mulder
 1940 Dr C. E. Mulders
 1946 Ir P. A. Neeteson
 1951 Ir W. Nijenhuis
 1953 Ir W. F. Njio
 1920 Ir P. J. H. A. Nordlohne
 1954 Ir S. J. Noteboom
 1952 Ir C. C. M. van Oerle
 1946 Ir J. M. Olthuis
 1920 Dr E. Oosterhuis
 1947 A. J. M. W. v. Overbeek

 Hastelweg 168, Eindhoven.
 Ranonkelstraat 31, Eindhoven.
 Nassaustraaf 1, Eindhoven.
 Burghplein 12, Eindhoven.
 Veenendaalkade 276, Den Haag.
 v. Nijenrodestraaf 45, Den Haag.
 Kamerlingh Onnesweg 191, Hilversum.
 Poolsterstraat 18, Hilversum.
 Rich. Wagnerlaan 56, Den Haag.
 Hugo de Vrieslaan 78, Utrecht.
 Duchattelstraat 16, Den Haag.
 Patroclosstraat 19-II, Amsterdam-Z.
 Sweilandstraat 17, Warmond.
 Berlagelaan 123, Hilversum.
 Minister Hartsenlaan 6, Hilversum.
 Berlagelaan 137, Hilversum.
 Prins Mauritslaan 17, Den Haag.
 Maerlantlaan 2, Eindhoven.
 Park Leeuwenbergh 71, Leidschendam
 (post Voorburg).

 Schieweg 226c, Rotterdam.
 Rijksstraatweg 36, Wassenaar.
 Kievitlaan 2, Eindhoven.
 De Genestetlaan 13, Eindhoven.
 Sterrelaan 7, Hilversum.
 der Kinderenlaan 9, Laren (N.H.).
 St. Janstraat 56, Laren (N.H.).
 Hyacintweg 68, Den Haag.
 Nic. Maesstraat 56, Amsterdam-Z.
 Trompenbergerweg 7, Hilversum.
 Julianastraat 18, Haarlem.
 Toorenveltstraat 12, Oegstgeest.
 Celebesstraat 34, Den Haag.
 Jonkerlaan 5, Wassenaar.
 Kamerlingh Onnesweg 173, Hilversum.
 Schiedamsedijk 65c, Rotterdam-C.
 Rotterdamsedijk 174b, Schiedam.
 Zoeterwoudseweg 140, Leiden.
 Gentsestraat 121, Scheveningen.
 Prins Bernhardlaan 77, Voorburg.
 Floralaan Oost 144, Eindhoven.
 Rodenbachlaan 28, Eindhoven.
 Orionlaan 123, Hilversum.
 Witte Kruislaan 15, Hilversum.
 Rozenboomlaan 140, Voorburg.
 J. M. Coenenstraat 35 II, Amsterdam-Z.
 Lorentzweg 183, Hilversum.
 Willem de Zwijgerlaan 4, Amersfoort.
 Rijnstraat 13, Eindhoven.

- 1943 Ir A. W. M. Paling Sophialaan 21, Hilversum.
1951 Dr Ir A. E. Pannenburg Lijsterlaan 17, Eindhoven.
1952 D. Pasma Pasteurlaan 67, Eindhoven.
1951 Ir L. J. van der Pauw Prins Bernhardlaan 5, Vlaardingen.
1954 H. W. Philippens Thorbeckelaan 180, Den Haag.
1952 Ir J. E. Philips Utrechtseweg 51, Hilversum.
1938 Ir J. Piket Jongeneelstraat 11, Scheveningen.
1946 Ir F. H. Plas Beethovenlaan 22, Bilthoven.
1953 Ir C. J. Pluygers Meidoornlaan 25, Delft.
1951 Ir W. L. van der Poel Schuytstraat 111, Den Haag.
1952 Ir E. E. P. Poelman Kon. Emmakade 187, Den Haag.
1920 Ir M. Polak v. Alkemadelaan 213, Den Haag.
1950 Ir J. Ph. Poley Groot Hoefijzerlaan 42, Wassenaar.
1950 Ir E. J. Post Schiebroeksesingel 13, Rotterdam.
1952 Ir G. B. Postema Celsiuslaan 21, Hilversum.
1926 Ir K. Posthumus Koninginneweg 5, Hilversum.
1949 G. Prins Ludolph Berkemeierstraat 5, Noordwijk
aan Zee.
- 1953 B. Ravesteyn Gerard Doulaan 8, Baarn.
1946 H. Rens Leeuwenhoekstraat 8, Hilversum.
1950 Ir G. van Reijen Berlagelaan 143, Hilversum.
1953 Ir H. A. Reydon 1e Const. Huygensstraat 25, Amsterdam.
1950 Ir M. Rietveld Cliviastraat 2, Rotterdam.
1953 Ir J. J. van Rijsinge Schapendrift 40, Blaricum.
1946 Ir H. Rinia Parklaan 24, Eindhoven.
1950 Ir C. Rodenburg Prof. Schoemakerstraat 37, Delft.
1946 Ir N. Rodenburg Lijsterbeslaan 39, Hilversum.
1947 Ir J. Rodrigues de Miranda Potgieterstraat 34, Eindhoven.
1949 Ir C. Romeijn Hollandselaan 13, Hilversum.
1951 Ir F. C. de Ronde Hertogstraat 27, Eindhoven.
1946 Ing. J. Roorda Hofwyckstraat 57, Voorburg.
1954 G. J. Rotgans Bodemanstraat 47, Hilversum.
1946 Ir N. Rusting Haviklaan 41, Den Haag.
1943 H. Sanders Badhuisstraat 81b, Vlissingen.
1953 J. Schaap Zandvoortselaan 168, Heemstede,
(post Aerdenhout).
- 1951 Dr P. Schagen Gen. Cronjéstraat 28, Eindhoven.
1932 Ir J. Schalkwijk Vermeerlaan 39, Hilversum.
1952 J. W. A. v. d. Scheer Corn. Houtmanstraat 29, Den Haag.
1949 G. Schenkel Nassaustraart 8, Eindhoven.
1951 Ir D. C. Schering Pieter Lastmankade 38, Amsterdam-Z.
1952 N. Schimmel Quarles van Uffordstraat 58,
Noordwijk aan Zee.
- 1952 M. C. Schol Insulindeweg 11, Delft.
1946 Ir E. Scholten Valkenhoflaan 9, Hilversum.
1953 Ir J. M. Scholten Torenlaan 26, Blaricum.
1954 Ir R. Schornagel Van Dortstraat 22, Haarlem.
1951 Ir H. H. Schotanus à Steringa Idzerda
Oostsingel 206, Delft.

- | | | |
|------|-------------------------------|---|
| 1929 | Ir F. H. P. Schotel | v. Diepenburchstraat 26, Den Haag. |
| 1952 | Dr J. F. Schouten | 's-Gravenlandseweg 78, Hilversum. |
| 1941 | Ir J. K. Schouten | Lijsterlaan 30, Hilversum. |
| 1947 | Prof. Dr Ir J. P. Schouten | Poortlandplein 2, Delft. |
| 1950 | Ir J. J. Schreuders | Laan van Arenstein 31, Oegstgeest. |
| 1950 | Ir J. Schuytemaker | Frans Halskade 40, Rijswijk (Z.H.). |
| 1952 | O. J. Selis | Ananasstraat 38, Den Haag. |
| 1951 | Ir J. M. G. Seppen | Kretschmar van Veenlaan 79, Hilversum. |
| 1954 | Ir S. W. J. Serlé | Ceintuurbaan 23, Hilversum. |
| 1943 | Jhr Ir W. Six | Steynlaan 6, Hilversum. |
| 1954 | Ir R. Slegtenhorst | Da Costalaan 99, Rijswijk. |
| 1950 | M. van Sliedregt | De Savornin Lohmanlaan 131, R'dam. |
| 1938 | B. Slikkerveer | Sweelinckplein 71, Den Haag. |
| 1947 | Ir C. Slofstra | Petrus Dondersstraat 93, Eindhoven. |
| 1941 | Dr Ir J. v. Slooten | Le Sage ten Broeklaan 6, Eindhoven. |
| 1946 | Ir G. J. Slot | Frankenslag 41, Den Haag. |
| 1951 | Ir J. Smidt | Gunter Steinweg 459, Den Haag. |
| 1951 | H. J. A. Smit | Paradijsstraat 78, Voorburg. |
| 1924 | A. Spaans | Zwartelaan 45, Voorburg. |
| 1947 | Ir C. J. H. A. Staal | Boerhaavelaan 52, Eindhoven. |
| 1948 | Ir M. Staal | Woltersweg 56, Hengelo (O.). |
| 1939 | L. F. Steehouwer | Heemraadsingel 210, Rotterdam-C. |
| 1952 | Ir M. Steffelaar | Rodenbachlaan 28, Eindhoven. |
| 1950 | Ir W. D. P. Stenfert | Vondelstraat 11b, Amsterdam. |
| 1943 | Ir F. H. Stieltjes | Ansalduslaan 12, Waalre (N.B.). |
| 1947 | Ir J. Stolk | Petrus Dondersstraat 67, Eindhoven. |
| 1950 | Dr F. L. Stumpers | Nachtegaallaan 7, Eindhoven. |
| 1952 | Dipl. ing. G. A. Brn van Till | van Hogenhoucklaan 96, Den Haag. |
| 1953 | D. L. A. Tjaden | 1e Braamstraat 26, Den Haag. |
| 1950 | Ir J. M. Tol | Meiland 23, Rotterdam. |
| 1920 | P. C. Tolk | Lindenheuvel 14, Hilversum. |
| 1949 | Ir F. van Tongerloo | Hertesprong 10, Eindhoven. |
| 1946 | Ir J. D. H. v. d. Toorn | Statenlaan 108b, Den Haag. |
| 1947 | Ir M. L. Toppinga | Thorbeckestraat 55, Delft. |
| 1947 | Dr Ir A. A. T. M. van Trier | Haviklaan 5, Eindhoven. |
| 1946 | Ir Th. P. Tromp | Parklaan 75, Eindhoven. |
| 1925 | Prof. Ir J. M. Unk | v. Yssumlaan 1, Hilversum. |
| 1947 | Ir J. J. P. Valeton | Hoge Duinlaan 3, Aalst-Waalre. |
| 1947 | Ir R. v. d. Veen | Kraaienlaan 65A, Den Haag. |
| 1931 | Ir R. Veldhuijzen | Stratumseind 39A, Eindhoven. |
| 1946 | Ir J. A. Verhoeff | Jac. Oppenheimstraat 30, Eindhoven. |
| 1952 | Ir W. J. Verhoeff | Gooiersgracht 147, Laren (N.H.). |
| 1954 | Ltz Ir J. Vermeulen | Corn. van der Lijnstraat 207, Den Haag. |
| 1953 | J. C. Vermeulen | Azaleastraat 67, Den Haag. |
| 1943 | Ir R. Vermeulen | August Sniederslaan 18, Eindhoven. |
| 1946 | Ir M. J. Vermeijden | Borneolaan 27, Hilversum. |
| 1951 | Ir A. Versnel | Sophiastraat 31, Aalst (N.Br.). |
| 1948 | Drs J. L. Verster | Mathijsenlaan 32, Eindhoven. |
| 1950 | Ir J. Verstraten | Snelliuslaan 28, Hilversum. |

- 1931 Ir J. C. Verton Pomonalaan 14, Den Haag.
1950 Ir A. Verwoerd Daguerrestraat 185, Den Haag.
1950 Drs H. J. A. Vesseur Joseph Haydnlaan 14, Utrecht.
1943 L. V. Viddeleer Boele v. Hensbroekstraat 44, Den Haag.
1943 Ir W. C. Vis v. Montfoortstraat 5, Voorburg.
1948 Ir B. Visser Hebronstraat 6b, Rotterdam-O.
1947 W. Vogt Vliegweg 16, Blaricum.
1920 Ir A. H. de Voogt Radioweg 1, Kootwijk-Radio.
(post Apeldoorn).
1927 Ir J. J. Vormer Joh. Bildersstraat 52, Den Haag.
1941 Ir J. N. Vos Orionlaan 119, Hilversum.
1949 Ir L. R. M. Vos de Wael Pauwenlaan 56, Den Haag.
1950 Ir K. Vredembregt Hotel „Radio”, Kootwijk-Radio.
(post Apeldoorn).
1949 Dr J. A. Vreeswijk Jr Sophialaan 36, Baarn.
1954 H. G. de Vries St. Jansweg 22, Eindhoven.
1952 Ir G. Vries Hanenburglaan 236, Den Haag.
1952 Dr F. W. de Vrijer Merellaan 1, Valkenswaard.
1950 M. C. Vrolijk Van Lansbergestraat 1, Den Haag.
1953 Ir A. de Waard Kretschmar van Veenlaan 94, Hilversum.
1943 Ir P. de Waard Burg. Wouterslaan 8, Monster.
1941 Dr Ir A. v. Weel Pluvierlaan 9, Eindhoven.
1954 Ir P. A. Wegelin Spotvogellaan 68A, Den Haag.
1935 Prof. Jhr Ir J. L. W. C. v. Weiler v. Hogenhoucklaan 55, Den Haag.
1941 Ir W. Werner Petrus Dondersstraat 53, Eindhoven.
1948 Ir B. J. Wesselink Poolsterstraat 16, Hilversum.
1950 Ir J. H. Wessels Griendstraat 9, Geldrop.
1927 Ir Th. J. Weijers Zonnelaan 24, Hilversum.
1952 Ir A. Wieberdink Anth. van Opbergenstraat 12, Eindhoven.
1954 J. Wigman Rapenburgerstraat 38—42,
Amsterdam (C.).
1954 Ir W. M. Winkel Van Zaeckstraat 25, Den Haag.
1954 Ir C. T. de Wit Ruusbroeclaan 19, Eindhoven.
1947 Ir J. S. Woldringh Nieuwe Plantage 21, Delft.
1951 Ir J. O. Wolthuis Gen. Cronjéstraat 36, Eindhoven.
1947 Ir P. J. Wuite Kwartelstraat 6, Eindhoven.
1930 Jhr Dr Ir C. Th. F. v. d. Wyck v. Stolkweg 1a, Den Haag.
1947 Dr J. J. Zaalberg v. Zelst Da Costaweg 5, Eindhoven.
1938 Ir P. G. Zaayer Kapelweg 14, Scheveningen.
1950 Ir M. Ziegler Valkenswaardseweg 29, Aalst (N.B.).
1946 Ir W. H. v. Zoest Kon. Julianaweg 58, Leidschendam.
1946 Ir L. C. Zonneveld Fr. v. Pruisenweg 62, Eindhoven.
1949 J. W. Zwaal Galileïstraat 47, Hilversum.
1949 Ir P. Zijlstra Pasteurlaan 78, Eindhoven.
-

Buitenlandse leden

- | | | |
|------|--------------------------|---|
| 1922 | Sir Edward Appleton | The Old College, Southbridge,
Edinburgh 8. |
| 1946 | Ir F. H. E. Bicknese | 144-24 Village Road, Apt A Parkway
Village, Jamaica-2, N.Y.-city, U.S.A. |
| 1941 | Prof. Ir M. P. Breedveld | p/a Fakultet Teknik, Djalan Ganeca 10,
Bandung (Indonesië) |
| 1931 | Dr Ph. le Corbeiller | 21 Gibson-street, Cambridge 38, Mass.
U.S.A. |
| 1954 | Ir J. Deketh | Djalan Tjipaganti 105, Bandung |
| 1950 | Tj. Douma | 206 Kingsley Road, Kingston Estates,
Haddonfield, N.J., U.S.A. |
| 1952 | S. G. A. Heilbron | POB 29, Paramaribo, Suriname. |
| 1947 | G. Hepp | c/o Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas,
Av. Pasteur 250, Rio de Janeiro, Brazilië. |
| 1947 | Ir E. H. Hugenholtz | Sunnydale Avenue 22, Toronto, Canada. |
| 1953 | Ir J. A. Koster | 59 Delisle Ave, Toronto, Ontario,
Canada. |
| 1952 | Prof. Ir G. J. Levenbach | 209 Union Avenue, New Providence,
New York (U.S.A.). |
| 1929 | J. v. d. Mark | Palais Wilson, Genève. |
| 1948 | Ir J. C. van Marle | 188 Mainstreet, Waterdown, ONT,
Canada. |
| 1949 | Ir W. D. Meewezen | 65 Cashelstreet, St Marys, Adelaïde,
Australië. |
| 1947 | Ir H. Miedema | c/o Canadian General Electric Cy, Elec-
tronics Div. 830 Landsdown Ave,
Toronto 4, Ontario, Canada. |
| 1948 | Ir H. Polak | Netherlands Embassy, 1470 Euclidstr.,
Washington 9 D.C., U.S.A. |
| 1946 | Ir H. A. Rodrigo | Rue General de Ségur 161
Thoméry (S & M) Frankrijk. |
| 1946 | Prof. Olof Rydbeck | Chalmers University, Gothenburg (Zw). |
| 1950 | Ir G. J. Siezen | 20 Glenvale Bd, Seaside Toronto,
Canada. |
| 1952 | Jos. Smout | Statiesteeweg 94a, Rotselaar (Brab),
België. |
| 1937 | Ir A. C. Veldhuis | 424 Matlackstreet, West Chester, Pa,
U.S.A. |
| 1941 | Dr Ir J. J. Verschuur, | 525 Rolling Road, Chevy Chase, Mary-
land, U.S.A. |
| 1950 | H. J. Wetterau | 24 Rue de Ponthieu, Paris. |