

# Tijdschrift van het Nederlands Radiogenootschap

DEEL 21 No. 6

NOVEMBER 1956

## VIIIste plenaire vergadering CCIR Warschau

door Ir. J. D. H. van der Toorn \*)

Van 9 augustus tot 13 september 1956 had te Warschau de VIIIste plenaire zitting van het „Comité consultatif international des Radiocommunications” plaats, waaraan door 42 landen met ongeveer 350 gedelegeerden werd deelgenomen.

De voorzitter was Prof. P. Czulkin (Polen), terwijl de vergaderingen gewijd aan de verkiezing van een nieuwe directeur geleid werden door Ir. J. D. H. van der Toorn (Nederland), in zijn functie als vice-voorzitter.

Dit was de laatste voltallige zitting, die de directeur van het CCIR, Prof. Dr. B. van der Pol, meemaakte, aangezien hij 1 januari a.s. als zodanig aftreedt. Het zal hem een grote voldoening gegeven hebben zijn belangrijke werk bij de CCIR gewaardeerd te zien door zijn benoeming tot doctor honoris causa van de Technische Hogeschool te Warschau, waarvan de doctorsbul hem tijdens de conferentie werd uitgereikt.

In zijn plaats werd tot directeur van het CCIR benoemd Dr. E. Metzler, hoofd van de Zwitserse Radiodienst.

Gedurende deze conferentie werd getracht de oogst binnen te halen van de studie, in de drie jaren verlopen sinds de VIIe plenaire zitting te Londen, gemaakt in de 14 permanente studiegroepen, waarover het werk is verdeeld.

Deze oogst bestond uit vele honderden documenten en als resultaat zijn een aantal aanbevelingen („recommendations”) gemaakt, en een aantal nieuwe vragen en studieprogramma's opgesteld.

Het is niet doenlijk in een kort artikel een enigszins volledig overzicht van het vele werk te geven, doch ik wilde enkele grepen doen, die illustratief kunnen zijn voor het belang en de verscheidenheid der vraagstukken.

*Studiegroep I* (zenders, voorzitter Dr. E. Metzler, Zwitserland)

\*) Directeur-generaal PTT, Den Haag.



nam nu met algemene instemming een aanbeveling aan voor de nauwere toleranties betreffende het ook bij vorige bijeenkomsten veel besproken gebied van de frequentie-stabiliteit der zenders. Waarschijnlijk was dit resultaat mede te danken aan de door de Nederlandse delegatie meegebrachte en gedemonstreerde kristaloscillator, waaruit duidelijk bleek dat de gewenste grotere stabiliteit niet met hoge uitgaven gepaard hoeft te gaan.

*Studiegroep II* (ontvangers, voorzitter P. David, Frankrijk), behandelde de klassieke onderwerpen van gevoeligheid, selectiviteit en stabiliteit, over welke onderwerpen een aantal aanbevelingen en rapporten werd opgesteld.

In *Studiegroep III* (volledige radiosystemen, voorzitter Dr. H. C. A. van Duuren, Nederland), kwamen aanbevelingen tot stand van belang voor de ontwikkeling van de systemen met automatische foutencorrectie, gebruik makende van het 7-eenheden-systeem (TOR en TOM) hetwelk zich aanpast aan het in Nederland ontwikkelde systeem.

Moeilijke en langdurige studie vereisende onderwerpen, die betrekking hebben op de voortplanting der elektrische golven, werden behandeld in de Studiegroepen IV, V en VI.

Hierbij hadden in *Studiegroep IV* (voortplanting langs de grond, voorzitter Prof. L. Sacco, Italië), vooral de belangstelling de propagatie over verschillende grondsoorten en verschillend geprofileerde terreinen, de seizoenvariatiën van veldsterkten (waarbij de seizoenveranderingen van de vegetatie wellicht belangrijker zijn dan die van het geleidingsvermogen van de aarde zelf), de effectieve waarden van de elektrische constanten van de aarde, waarvan de kennis nog onvoldoende is, en zo meer.

*Studiegroep V* (troposferische voortplanting, voorzitter Dr. R. L. Smith Rose, Gr. Brittannië) besprak o.a. aanbevelingen voor toekomstige veldsterktemetingen. Uit gedane metingen op frequenties tussen 2500 en 4000 Mc/s werden conclusies getrokken betreffende dagelijkse en seizoenveranderingen en de invloed van bergruggen, die de veldafname en ook de fading blijken te veranderen. Op het programma van studie werd voorts het belangrijke onderwerp geplaatst van „tropospheric scattering”.



*Studiegroep VI* (ionosferische voortplanting, voorzitter D. K. Bailey, U.S.A., aangezien Dr. Dellinger niet aanwezig kon zijn). Van de vele onderwerpen die deze Studiegroep behandelt noem ik die van de ionosferische voorspellingen op langere termijn, de berekening van veldsterktekrommen, absorptie en de verschillende onderzoeken op het gebied van de verstrooiing („scattering”). Mede gebaseerd op werk in Nederland gedaan, werden onderzoeken aanbevolen op 'het gebied van pulsen met scheve inval en van circulair gepolariseerde golven.

Voor de radio-astronomie, waarvoor hier te lande zoveel toonaangevend werk wordt verricht, is nog een aanbeveling van belang om bepaalde frequenties voor de radio-astronomische waarnemingen tegen storingen te beveiligen, o.a. 3 frequentiebanden voor de belangrijke spectraallijnemissies, n.l. 322—329 Mc/s (Deuterium), 1400—1427 Mc/s (Waterstof) en 1645—1675 Mc/s (OH radicaal).

*Studiegroep VII* (voorzitter B. Decaux, Frankrijk) legde aanvullende karakteristieke grootheden vast voor uitzendingen van standaardfrequenties en tijdsignalen.

*Studiegroep VIII* (voorzitter J. D. Campbell, Australië) behandelde een aantal onderwerpen betrekking hebbende op de Radiocontrôledienst, met name ten aanzien van de bezetting van de verschillende delen van het radiospectrum en de interferenties tussen de verschillende stations. De opvatting dat mobiele contrôlestations nodig zijn wegens het toenemend gebruik van zeer hoge frequenties wint ook in het CCIR veld.

Het karakter van *Studiegroep IX* (voorzitter H. Stanesby, Gr. Brittannië) die tot dusver algemeen technische vraagstukken behandelde, werd enigszins gewijzigd in die zin, dat deze groep zich in de toekomst meer speciaal zal bezighouden met vragen betreffende straalzenders, inclusief die welke betrekking hebben op troposferische verstrooiing. Aanbevelingen werden opgesteld op het gebied van televisie-overdracht en omtrent het belangrijke onderwerp van standaardisatie van straalzendersystemen met vele kanalen.

Overeenstemming werd verkregen betreffende een radio-frequente kanalenindeling waarbij per kanaal overgebracht kunnen worden 600 resp. 240 telefoongesprekken of 1 televisiesignaal. Regelingen werden ontworpen betreffende de onderhoudsprocedure voor straalzenderverbindingen.



In *Studiegroep X* (omroep, voorzitter Prose Walker, U.S.A.) werden vraagstukken besproken betreffende gerichte antennes en onderwerpen die van belang zijn voor toekomstige gewijzigde frequentieverdelingen, zowel voor de Wereldomroep als voor FM-omroep. Voorts werden t.b.v. de uitwisseling van omroep-programma's aanbevelingen uitgewerkt voor de standaardisering van gramfoonplaten en magnetofoons.

Voor de uitwisseling van televisieprogramma's is van gewicht de bestudering van het vastleggen van alle gegevens van de beelden en het geluid op 35 mm en 16 mm films. De [ontwikkelingen op dit gebied zijn nog volop in gang, maar toch kon een stap voorwaarts gezet worden.

*Studiegroep XI* (TV-vraagstukken, voorzitter E. Esping, Zweden) is een studiegroep die steeds grote interesse opwekt. In het middelpunt stonden de problemen betreffende de kleurentelevisie, want al is de invoering daarvan in Europa thans nog niet urgent, er is een oplossing van dit probleem nodig omdat de vaststelling van de kanaalbreedte voor kleurentelevisie de basis vormt voor een golflengteverdelingsplan voor de banden IV en V, welk plan om verschillende redenen wel als dringend beschouwd moet worden. Uit de discussie over de systemen is wel gebleken, dat het Amerikaanse N.T.S.C.-systeem het enige systeem is waaromtrent voldoende ervaring is verkregen, doch het is nog niet gelukt om internationale overeenstemming omtrent de normen voor kleurentelevisie te verkrijgen. Er zal het volgend jaar een verdere poging gedaan worden om hierin te slagen. Voor de lange afstandsoverdracht van televisiesignalen werd een voor de praktijk nuttig resultaat verkregen, doordat overeenstemming werd bereikt over een drietal testsignalen.

*Studiegroep XII* (voorzitter B. V. Baliga, India) behandelt de vraagstukken van omroep in de tropen en is dus voor ons van geen belang.

*Studiegroep XIII* (voorzitter Ir. J. D. H. van der Toorn, Nederland) zag zijn werkzaamheid uitgebreid tot de technische problemen van alle mobiele diensten.

Het gaf een bevredigend gevoel dat de jarenlange strijd of voor VHF-telefonie aan boord van schepen frequentie-modulatie of amplitude-modulatie gebruikt moet worden, thans ten gunste van FM kon worden beslecht en een universele technische specificatie voor de apparatuur aan boord van schepen kon



worden opgesteld. Verwacht mag worden dat daardoor deze soort dienst zich in de eerstvolgende jaren snel zal kunnen ontwikkelen. Het zal echter nog nodig zijn internationale overeenstemming te verkrijgen voor het vaststellen van specifieke frequenties voor deze dienst. Hiervoor hoopt begin volgend jaar op initiatief van de Nederlandse PTT een groep van internationale experts voorstellen te kunnen uitwerken.

Het moeilijke vraagstuk van identificatie van een schip door de radar van een walstation en door de radar van een ander scheepsstation hun niet tot een oplossing worden gebracht, doch wel voor een verdere studie opnieuw worden geformuleerd.

Aan het werk van *Studiegroep XIV* (vocabulaire, voorzitter Prof. T. Gorio, Italië) werd door Nederland niet actief deelgenomen.

Als algemeen onderwerp kwam de technische hulpverlening ter sprake, waarbij besloten werd deze in combinatie met de CCIT onder ogen te zien.

Besloten werd voorts de over drie jaar te houden IXde bijeenkomst van het CCIR in de Verenigde Staten te houden, terwijl de U.S.S.R. de leden van de Televisiecommissie XI uitnodigde voor een bijeenkomst in 1958 te Moskou ter voortzetting van de bespreking van de internationale vaststelling der normen voor kleurentelevisie.

Zoals gezegd bevat het bovenstaande slechts enkele grepen uit een grote veelheid van technische onderwerpen. Bij de besprekingen bleek weer het grote nut van de CCI's vanwege de gelegenheid die zij bieden tot persoonlijk contact en tot in de details doordringende besprekingen tussen de experts van vele landen. Deze conferentie werd in een prettige sfeer gehouden en door Polen goed georganiseerd; zij kan dan ook in de reeks van CCIR-bijeenkomsten als geslaagd worden beschouwd.

Van Nederlandse zijde is volle medewerking verleend aan het tot stand komen der resultaten; de delegatie was als volgt samengesteld:

Ir. J. D. H. van der Toorn, hoofd der delegatie.

Voorts vanwege PTT:



Ir. A. J. Ehnle (tevens pl.v. hoofd)  
Dr. Ir. J. L. Bordewijk  
Dr. Ir. H. C. A. van Duuren  
P. de Groen  
J. Houtsmuller  
Ir. B. J. Stöver

Ir. J. C. Verton  
Ir. M. C. Ennen  
Ir. J. J. Vormer  
Jhr. Dr. Ir. Ch. Th. F.  
van der Wyck.

Vanwege Philips' Telecommunicatie Industrie:

Ir. F. C. de Boer  
Ir. W. Lulofs.

Vanwege het Natuurkundig Laboratorium der N.V. Philips'  
Gloeilampenfabrieken:

Dr. H. Bremmer  
Dr. J. Haantjes  
Ir. H. Rinia  
Dr. F. L. Stumpers.

Vanwege de Stichting Nederlandse Radio Unie:

Dr. Ir. J. J. Geluk.

---



## Ultrastability and the Delft Homeostat

by Earl J. Kletsy \*)

Lecture delivered before the Nederlands Radiogenootschap and Koninklijk Instituut van Ingenieurs at Oct. 16th 1956.

### SUMMARY

The principle of ultrastability, as formulated by W. Ross Ashby, is outlined. This principle allows a dynamic system to be constructed which will actively seek its own stability. The relation between ultrastability and the adaptive behavior of organic systems is then developed and criticised. A description of an ultrastable machine designed and built at the Technische Hogeschool in Delft is given.

#### I. *Introduction.*

The application of automatic devices, computers, and control mechanisms to perform difficult and involved functions in industrial and other processes has led to systems of extreme complexity. These systems operate satisfactorily only because great care is taken in their design, construction, installation and adjustment. In spite of this, complex systems are inherently subject to greater instability and more component failure. They are thus less reliable than simpler systems. This is a result of the number and variety of components used in their construction and the requirement of precise adjustment of a great number of parameters to insure stability. In addition, such systems are unable to make allowances or corrections for malfunctions or improper parameter settings without external human help. Hence maintenance personnel must continually monitor the system and be prepared to make the necessary adjustments to insure satisfactory operation.

Dr. W. R. Ashby has done some interesting work offering an explanation for the ability of an organic system to produce adaptive behavior. In connection with this work, he has developed the principle of "ultrastability" which offers a partial solution to the problems outlined above. Ultrastability allows a dynamic system to be constructed with flexibility and adap-

\*) Recipient of the "Anton Coenen Torchiana Fellowship" of the Netherlands Government for the academic year 1955-1956.



tability so that unexpected errors in design, construction, and parameter settings will be automatically corrected by the system itself.

The purpose of this report is twofold — first to outline the principle of ultrastability as formulated by Ashby, and second, to record the details of a machine designed and built to demonstrate this principle. The first portion of the report serves as an introduction and is included to stimulate work in the field by providing a brief fundamental development of the concept as well as bibliographical references for more detailed study. The machine, described in the latter half of the report, was built not only to demonstrate ultrastability but also as a laboratory tool for further research. It is modeled after Ashby's Homeostat, but incorporates many changes and improvements which result in a more rugged and dependable machine.

## II. *Development of the Ultrastable Principle.*

### A. *Phase Space of a Dynamic System.*

Several techniques exist for graphically representing the behavior of a dynamic system. The most direct technique is to plot the magnitude of each variable as a function of time. A family of such plots, one for each variable, describes the system. A technique widely used in servomechanism design and analysis is that of plotting the amplitude and phase of ratios of variables as functions of frequency. A variation of this is the Nyquist diagram which plots the output-input ratio of a system in terms of its real and imaginary parts with frequency as a parameter.

For the present work it has been found useful to represent the behavior of an  $N$ -variable system by assigning to each variable an axis in  $N$ -dimensional space. There is a one-to-one correspondence between points in this space and states of the system. This representation is called the "phase-space" of the system. Each set of initial conditions gives rise to a distinct path in phase-space as time increases. This path is called a "line-of-behavior". The ensemble of lines-of-behavior constitute the "field" of the system. This field completely specifies the behavior of the system for a given fixed set of system parameter values. Each new set of parameter values results in a new field.

As an example of phase-space representation, consider the



familiar linear second-order system without a forcing function:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\varphi \frac{dy}{dt} + y = 0 \tag{1}$$

The parameter  $\varphi$  is the ratio of damping to critical damping. Equation (1) can be rewritten as:

$$\frac{d\dot{y}}{dt} = -2\varphi\dot{y} - y \tag{2}$$

$$\frac{dy}{dt} = \dot{y}$$

The phase-space is 2-dimensional and its coordinates are  $\dot{y}$  and  $y$ . Representative plots for various ranges of the parameter  $\varphi$  are shown in figures 1(a) thru 1(e). It is particularly important to note the effect of the parameter  $\varphi$  on the character of the field.

### B. Stability in the Phase-Space.

In the discussion of dynamic systems the term stability is used to qualitatively describe the behavior of the system following a transient disturbance. If the resulting system output grows without limit, the system is unstable. If the output tends to a finite value, the system is stable. More precisely, and in terms of phase-space concepts:

A line of behavior from a point within a region of the field of a system is stable if it never leaves the region. A field is stable if all its lines of behavior are stable. Stability, defined in this manner, is not absolute but depends on the specification of the region within the field.

The above definition can be applied to the fields in figures 1(a) thru 1(e). It is easy to verify that in any region containing the origin, all lines of behavior in 1(d) and 1(e) are stable. Similarly, all lines of behavior in 1(a) and 1(b) are unstable. In 1(c), the case of

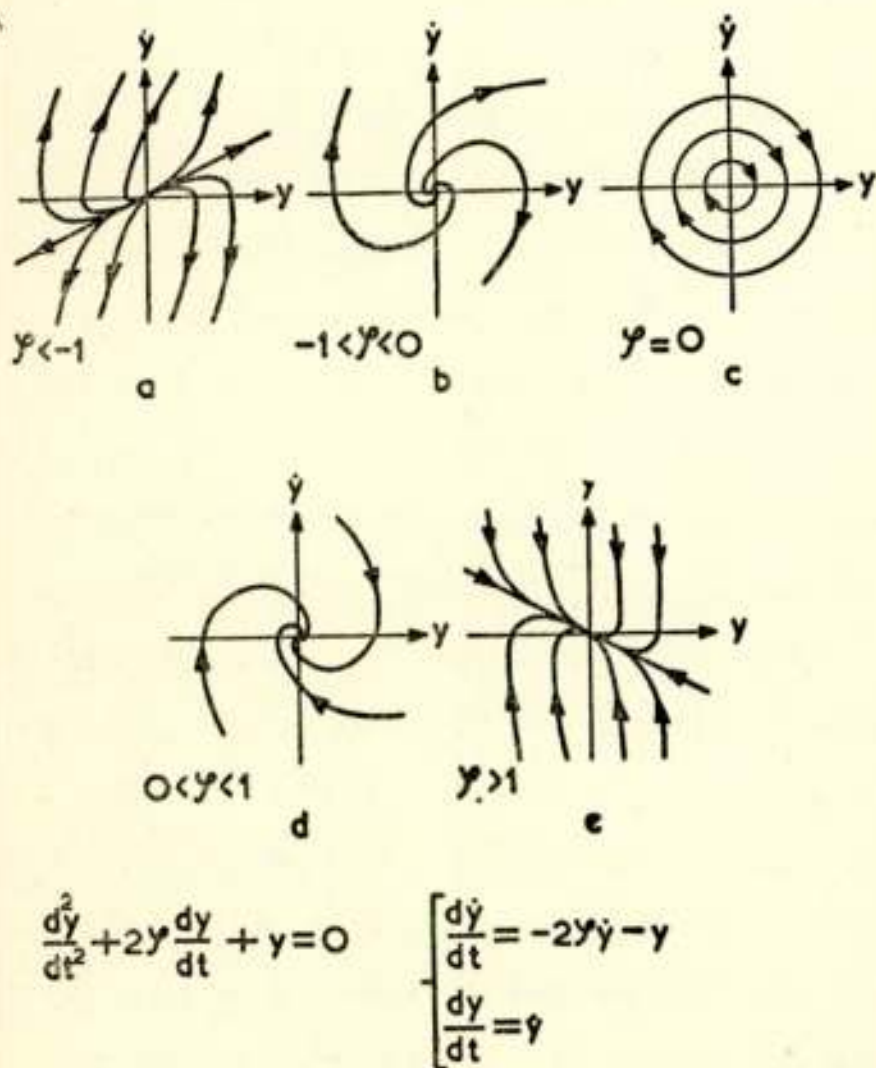


Fig. 1.

Phase-space of second-order system.



pure harmonic motion, some lines are stable and others are not, depending on the region considered.

In general, a dynamic system will have fields in which all lines of behavior are stable, fields in which no lines are stable, and fields containing both stable and unstable lines. The occurrence of these fields depends on the values of the parameters of the system.

### C. The Ultrastable System.

With the knowledge that a change in parameter value results in a change of field and that stability depends upon the character of the field, it is now possible to construct a system which will seek its own stability. This is accomplished by surrounding the region of phase-space within which stability is desired with a closed boundary. Then, any state within the boundary is acceptable as a stable state. States lying outside the boundary are unstable and are called the critical states of the system. A switching mechanism is provided which automatically changes at random the values of the system parameters (and thus the field) each time a critical state is reached. The operation of such a system

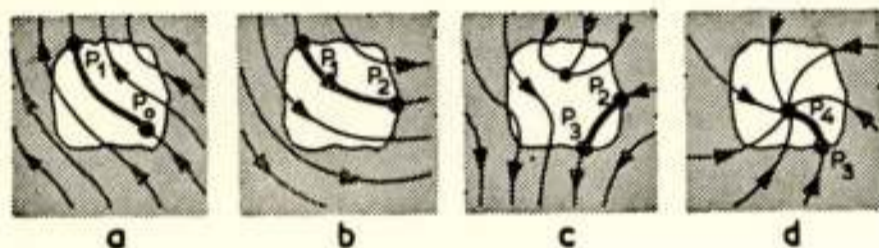


Fig. 2.

Ultrastable action.

is shown schematically in figure 2. Suppose the system starts at  $P_0$ . This line of behavior is unstable and the representative point moves to  $P_1$ , where a critical state is met. Here the switching mechanism

is actuated resulting in a parameter change which produces a field similar to fig. 2(b). This field is also unstable and the critical state is reached at  $P_2$ . A second switching action gives fig. 2(c) which, although it contains some stable lines of behavior, carries the representative point to  $P_3$ . The next switching action results in fig. 2(d) which takes the representative point to  $P_4$  which is a stable equilibrium state. The system remains at  $P_4$  and, since the critical state is not reached, no further switching actions occur. The system has found its own stability.

A dynamic system constructed in this manner will always seek a stable equilibrium state; for only when such a state has been reached will the switching actions stop. Such a system is automatically stable and is called an "ultrastable system", after Ashby.



## D. Probability of stability.

Although it is true that the ultrastable system will eventually reach stability, the time required to do so may be so long as to render the system useless. The average number of trials (switching actions or fields) required to reach a terminal (stable) field is  $\frac{1}{p}$ , where  $p$  is the probability that a given field of variables is stable. It is important then to consider the general problem of a dynamic system's probability of stability. Unfortunately the calculation of such a probability is an extremely difficult mathematical problem. Ashby has made some sample calculations on rather simple systems and suggests that the probability of stability is of the magnitude  $2^{-n}$  where  $n$  is the order of the system.

Since, for large  $n$ , the probability  $p$  is small, the number of different fields required to assure stability is correspondingly large. The question now arises as to the number of parameters required to produce the necessary number of fields. If there are  $a$  parameters, each capable of taking  $d$  discrete values, the total number of fields available will be:

$$N_f = d^a \quad (3)$$

Some simple numerical examples of Equation (3) will illustrate the magnitudes involved.

10 parameters, each capable of 2 values gives  $2^{10} \approx 10^3$  fields  
 30 parameters, each capable of 2 values gives  $2^{30} \approx 10^9$  fields  
 4 parameters, each capable of 26 values gives  $26^4 = 456,976$  fields  
 4 parameters, each capable of 100 values gives  $100^4 = 10^8$  fields.

It is therefore seen that a relatively small number of discrete valued parameters can produce an extremely large variety of fields.

It is now possible to make an approximate calculation of the average time required to reach stability. This is merely the average number of fields required ( $N$ ), divided by the rate at which they are chosen ( $r$ ).

$$\text{Average time to reach stability} = t = \frac{N}{r} = \frac{1}{rp} \approx \frac{2^n}{r} \quad (4)$$

The table below gives the results of sample calculations made using Equation (4). Switching rates are given at the top and the order of the dynamic system at the left.



		Switching Rate ( $r$ )		
		1 field/sec.	10 fields/sec.	$10^6$ fields/sec.
Order of system ( $n$ )	2	4 sec.	0.4 sec.	$4 \times 10^{-6}$ sec.
	5	32 sec.	3.2 sec.	$3.2 \times 10^{-5}$ sec.
	10	$\approx 17$ min.	$\approx 1.7$ min.	$\approx 10^{-3}$ sec.
	20	$\approx 12$ days	$\approx 29$ hrs.	$\approx 1$ sec.
	50	$\approx 3.6 \times 10^7$ yrs.	$\approx 3.6 \times 10^6$ yrs.	$\approx 36$ yrs.
	100	$\approx 3.7 \times 10^{20}$ cent.	$\approx 3.7 \times 10^{19}$ cent.	$\approx 3.7 \times 10^{14}$ cent.

This table indicates that for large systems, or just where the principle of ultrastability is most useful, the concept is impractical.

#### E. The Multistable System.

In order to reduce the time required to reach stability, the probability of stability must be increased. While there is no general solution to this problem, there exist two possible approaches which make the application of ultrastability feasible.

The first of these, particularly adaptable to man-made systems, is in the nature of a compromise between the advantages of ultrastability and the long settling-time encountered. It is certainly not necessary to design a complex system at random and then allow its ultrastable properties to stabilize its operation. Rather, the system is designed according to the best design principles available and ultrastability introduced only at those places where trouble is anticipated. A system conceived in this manner has a much higher probability of stability.

The second technique is to apply the observations made by Ashby in his studies of adaptive behavior. He has found that in a complex nervous system a given stimulus or disturbance activates only a relatively few variables. The remaining variables are constant and therefore act only as fixed parameters during the search for stability by the few activated variables. This implies that the settling-time following a disturbance will be much less since fewer variables are involved. Ashby also shows that different groups of variables are activated by different stimuli. These groups continually change in



their association with each other depending on the nature of the disturbance. Ashby calls this the "dispersion of behavior". This dispersion can be obtained in physical systems by assigning to each variable a threshold value below which the variable remains constant. A system organized with the possibility of dispersion is called a "multistable" system. It is a flexible ultrastable system in which the average settling-time is much shorter than in a similar ultrastable system not employing dispersion.

### III. *Ultrastability and Adaptive Behavior.*

#### A. *Living Organisms as Dynamic Systems.*

It is now interesting to consider the adaptive behavior of living organisms in terms of the ultrastable concept and see to what extent this concept can account for such behavior.

It is evident that a living organism is a dynamic system and that a majority of its variables are directly measurable. For example, position co-ordinates of bodily movements, muscle tensions, blood-pressure, pulse-rate, temperature, action potentials within the nervous system, glandular activity and others can be quantitatively recorded. Viewed in this mechanistic light the living organism is in spite of its complexity, no different from any other dynamic system. It is therefore theoretically possible to describe its behavior in a multidimensional phase-space.

It must be realized however that while the living organism is a complete dynamic system within itself, it is only part of a larger and more important system — organism and environment. No organism is independent of its environment but is inescapably dynamically coupled to it. In many cases there is no sharp division between "organism" and "environment". For example, an amputee's artificial arm may be considered as part of the organism or alternatively, as part of the organism's environment. Similarly, the sense organs and muscles may be thought of as the environment of the central nervous system. In a general functional sense, the environment of an organism is defined as those variables whose changes affect the organism and those variables which are changed by the organism's behavior. Thus, the phase-space used to describe the organism's behavior must include "dimensions" corresponding to the variables in the environment.



## B. Adaptive Behavior and Stability.

Ashby suggests that behavior is adaptive if it maintains the variables of the organism within physiological limits. If all variables are continually maintained within these limits, the chances for survival are high. If one or more exceeds the limits, the organism is harmed or perishes. Examples of such variables are endless. The internal temperature of the human body must be maintained within a small range; bodily accelerations and decelerations must be less than a given maximum lest the bones be fractured; illumination reaching the retina, blood-pressure, oxygen intake, and many others must be similarly bounded.

The bounds of each of these variables can be plotted in the phase-space of the system. This will define a closed surface, the interior of which corresponds to physiologically acceptable values. Values exterior to the surface result in injury or death of the organism. Thus an organism exhibiting adaptive behavior acts in such a manner as to keep all of its variables within a physiologically prescribed region of its phase-space. But this is equivalent to stating that the organism and its environment form a stable dynamic system. The obvious conclusion to be reached is that adaptive behavior shown in the organism is synonymous with the stability of the dynamic system composed of organism and environment.

A simple example will be used to illustrate this concept. Consider a new-born kitten in a closed room containing a burning fire place. The kitten's first reactions tend to be random and un-coordinated. She may rush up to the fire and thereby burn herself. She may crawl into a corner and thus not benefit from the fire's warmth. Clearly such behavior is not adaptive since the kitten's bodily temperature is not being maintained within proper limits. Contrast this behavior with that of the full-grown cat who sits comfortably by the fire. As the fire burns lower, the cat moves closer. If the fire is built higher, the cat moves away to maintain its bodily temperature. Now the variables of the system act in a coordinated fashion to maintain stability.

## C. Living Organisms and Ultrastability.

The critical question now arises, "How does the behavior of the living organism change from un-adapted to adapted?" or



equivalently, "How does the organic dynamic system change from unstable to stable?" A possible answer is that the organism employs the principle of ultrastability.

To effectively use this principle, the organism need only be capable of providing large numbers of fields of behavior differing randomly from each other. It has been shown in section II-D that this requires the organism to contain a relatively small number of parameters each taking on two or more discrete values. The existence of such parameters within the living organism is deduced by Ashby but positive evidence is lacking. However, if it is agreed that such parameters do exist, then the organism is capable of providing adaptive behavior by means of its ultrastability. Several examples will be cited which support this conclusion.

Consider an organism's reaction to a stimulus. At first the reaction is large, but, following repeated applications of the stimulus, the reaction diminishes. In terms of ultrastability, the explanation is as follows. The first stimulus causes some of the organism's variables to exceed their limits. This induced a parameter change resulting in a new field of behavior. The stimulus is applied again; if a variable is still driven beyond its critical state, another field is substituted. Eventually a field is reached where the stimulus no longer forces the variables beyond their limits. Further application of the stimulus provides little or no reaction.

A similar situation occurs in the process of simple training. Here punishment is applied when the animal's behavior does not correspond to the desired activity. The effect of the punishment is to drive some of the animal's variables beyond their normal limits and produce, for instance, pain. Field after field is tried by the animal until one is reached which reduces the punishment and thus returns the variables to their stable state. The process now stops, for the variables are again stable and the animal's behavior is such that punishment is not applied.

The solution of a problem by pure "trial and error" employs ultrastability. This is easily seen by considering the steps taken in reaching a solution: 1. Choose a solution and test it in the problem; 2. if it doesn't work discard it; 3. choose a new solution differing randomly from the old and repeat the process. Given time, the correct solution is reached (stability achieved) and the process stops.



### D. Criticisms of the Hypothesis.

The ultrastable system fails on three counts to imitate the adaptive behavior of living organisms. First, the system is not conservative. If it adapts to a second environment, it loses its adaptation to the first. It does not even start with a tendency to adapt more quickly than before.

Second, the homeostat shows no gradation in success. It adapts suddenly and completely. This is certainly not true of living organisms who day by day become more and more adapted in a continuous rather than discontinuous fashion.

Third, and most important, is the time taken for the system to reach stability. Success at the millionth trial is equivalent to failure!

Ashby has recognized these criticisms and treated them thoroughly. His approach is the application of „dispersion of behavior” and “multistable systems” as outlined briefly in section II-E. The reader is referred Ashby’s “Design for a Brain” for a detailed discussion.

## IV. Details of the Delft Homeostat.

### A. Introduction.

The machine described below was built primarily to demonstrate the principle of ultrastability. However, much consideration has been given to simplicity and flexibility of its design in order that the machine be easily adapted for further work. It is modeled after Ashby’s Homeostat, but incorporates many changes and improvements which result in a rugged machine requiring little adjustment.

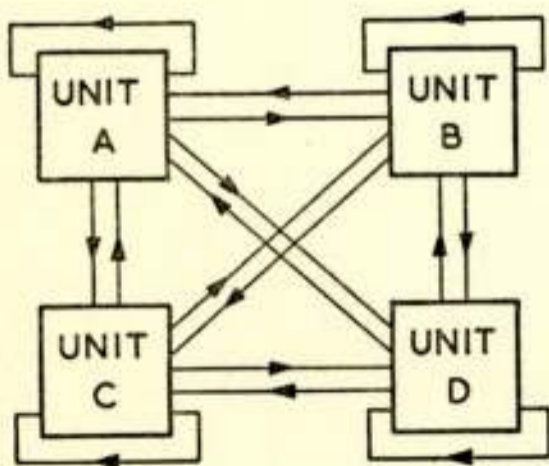


Fig. 3.  
Four-unit homeostat.

The device consists of four similar units, one for each of four variables. It is possible to interconnect these units to assemble a one, two, three, or four variable system, each displaying ultrastability. A block diagram showing the possible interconnections for the four variable system is shown in figure 3. Each arrow represents a connection which can be made or broken at will, thus altering the complexity of the system.



## B. Functional Operation.

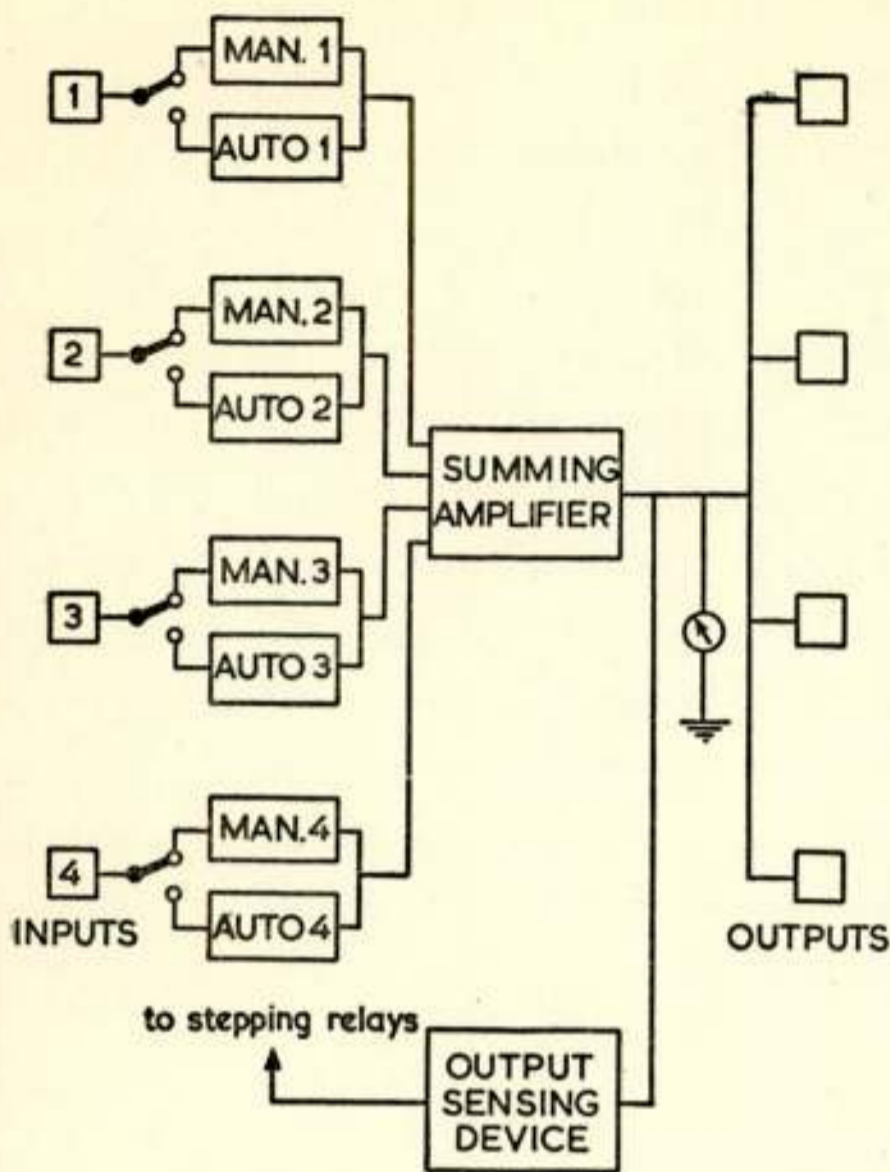


Fig. 4.

Functional block diagram.

A functional block diagram for one of the units is shown in figure 4. Input signals (composed of outputs of the other units as well as a self-feedback) are modified, either manually or automatically, in accordance with parameter settings. The modified signals are then added, amplified and appear at four parallel outputs. The output of the unit is monitored by an output sensing device which actuates the switching mechanism providing automatic parameter changes. When parameters are changed manually, the out-

put sensing device is in-operative.

The state of each variable is indicated visually with a meter and a pair of indicator lamps. Independent controls are provided to adjust the location of the critical states; to alter the rate of automatic switching; and to inject a perturbation or "stability-testing" signal.

## C. Circuit Details.

Summing and amplification of the input signals are accomplished in a straight forward manner. Input signals to be added are first summed in a "Kirchoff adding circuit" and then fed to one grid of a differential amplifier. Similarly, input signals to be subtracted are summed and fed to the other grid. The output of the differential amplifier, consisting of the algebraic sum of all input signals, is fed to a conventional triode stage followed by an output cathode follower. The amplifier is capable of delivering a linear output of  $\pm 25$  volts and has a gain 28 (including the 20 to 1 attenuation in the Kirchoff adders).



Each of the four input channels has provisions for adjusting its parameter values either manually or automatically. Manual control is accomplished with a linear potentiometer and a double-pole switch. The potentiometer determines the magnitude of the parameter. The switch determines polarity by feeding the signal either to the positive or negative Kirchoff adder.

For automatic control, the potentiometer is replaced by a fixed resistance tapped at random points and a 3-bank stepping-relay. The stepping-relay determines the selection of the random taps and also the polarity of the parameters. The value and sequence of these randomly distributed changes were determined from the table of random sampling numbers given in "Statistical Tables and Formulas" by A. Hald. Each unit is capable of 26 different discrete sets of parameter values. When four units are operating together, the number of different parameter settings is  $26^4 = 456,976$ .

An output sensing device monitors the output of the unit and causes the stepping-relays to advance one position each time the output of the unit exceeds the prescribed limit (reaches a critical state). Independent controls provide adjustment of these limits from 0 to 25 volts in both the positive and negative sense.

A pulsing circuit causes the stepping relays to advance periodically as long as the output of the unit exceeds the boundary of the critical state. When the output is within the prescribed limits the stepping-relays and pulsing circuit are not energized. The pulsing circuit provides four switching rates — 36, 48, 66 and 108 steps per minute.

#### D. Mathematical Description.

For mathematical purposes each unit can be represented by the diagram shown in figure 5. From this figure the following expressions are evident:

$$x_1 = K_3 x_c \quad (5)$$

$$x_c = K_2 x_s - i R_{eq} \quad i = C \frac{dx_c}{dt} \quad (6)$$

$$x_s = K_1 (a'_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + a_{14} x_4) \quad (7)$$

Combining and simplifying these expressions gives:

$$R_{eq} C \frac{dx_1}{dt} = K_1 K_2 K_3 \left[ \left( a'_{11} - \frac{1}{K_1 K_2 K_3} \right) x_1 + a_{12} x_2 + a_{13} x_3 + a_{14} x_4 \right] \quad (8)$$



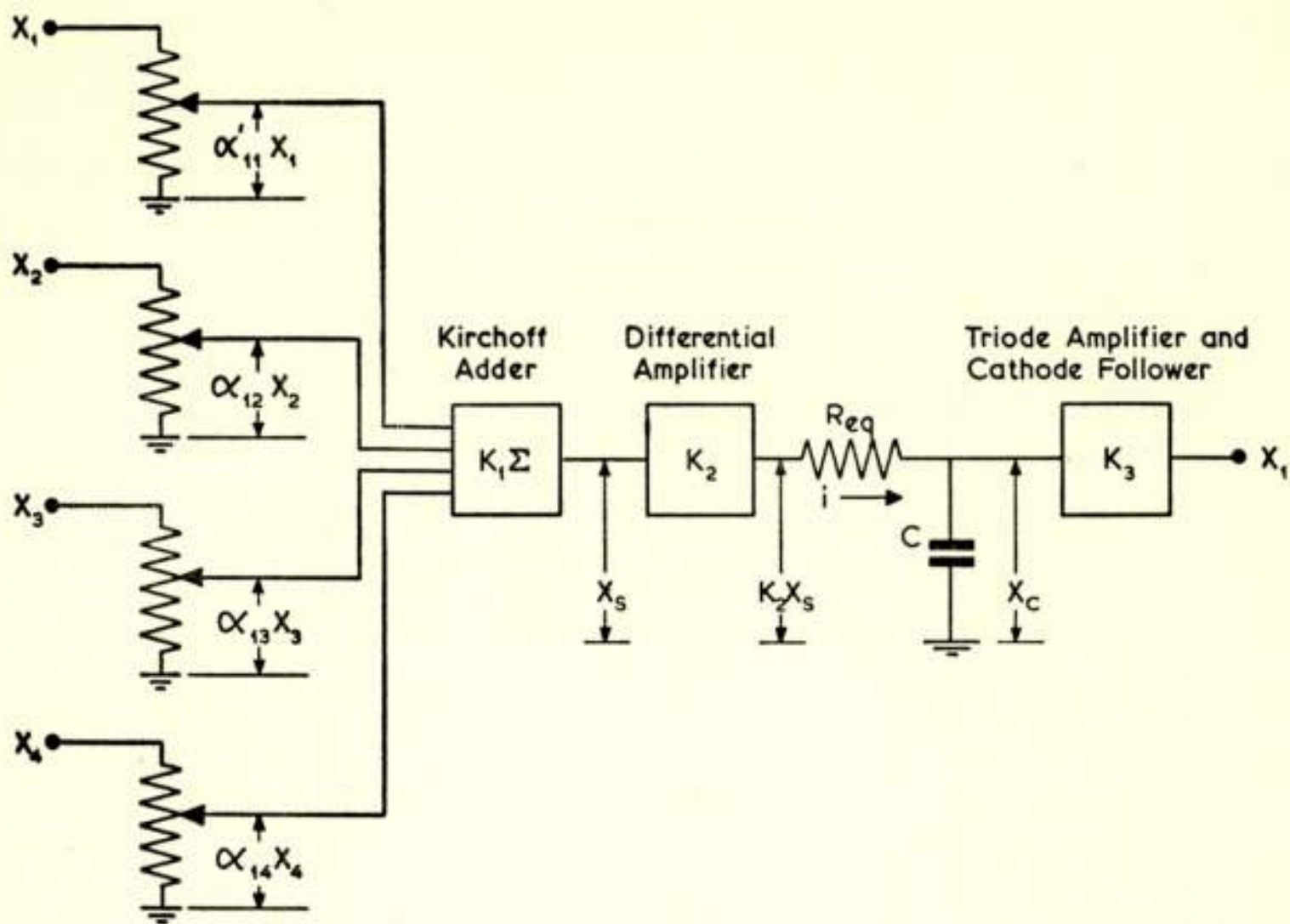


Fig. 5.  
Equivalent Circuit.

$K_1K_2K_3$  is the total gain of the amplifier and is numerically equal to 28.  $R_{eq}C$  is the "time-constant" of the amplifier. Transient-response tests of the amplifier indicate that  $R_{eq}C \approx 2.8$ . Introducing these numerical values, equation (8) becomes:

$$\frac{dx_1}{dt} = 10 [(a'_{11} - 0.036)x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4] \quad (9)$$

Therefore, with  $a_{11} = a'_{11} - 0.036$ , the dynamic equation for the unit is:

$$\frac{dx_1}{dt} = 10(a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4) \quad (10)$$

A similar expression can be written for each of the other units. The set of four equations can be written as:

$$\frac{dx_n}{dt} = 10(a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + a_{n4}x_4) \quad n = 1, 2, 3, 4 \quad (11)$$

The  $a$ 's are the values determined by the respective potentiometers or, in the case of automatic control, the position of the stepping-relays.



## V. *Some Simple Experiments.*

### A. *Demonstration of Ultrastability.*

A single unit is arranged so that it has self-feedback and no other inputs. With hand control, the system is easily made unstable by making the feedback positive. Switching to automatic control allows the system to search for a stable parameter value. In this case, the first negative value reached will make the system stable.

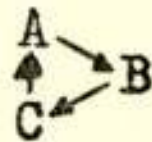
Two or more units can be interconnected to demonstrate the ultrastability of a more complicated system. It is interesting to observe that the average time taken to reach stability increases as the complexity increases. In addition, the nature of the roots and hence the form of the final (stable) field becomes more difficult to predict as the complexity increases.

### B. *Response to Stimulus.*

Two units are interconnected and allowed to reach stability. A stimulus in the form of a single input pulse is injected. This may cause the system to become unstable. A new stability will be found. The stimulus is again applied. If this again causes instability, the system searches once more. In general, a field will eventually be found which remains unchanged upon application of the stimulus. The result of the experiment is that the response to the stimulus has diminished. Note that the system may never reach a stable position if the stimulus is too large. This may be considered equivalent to a "lethal dose" applied to the living organism.

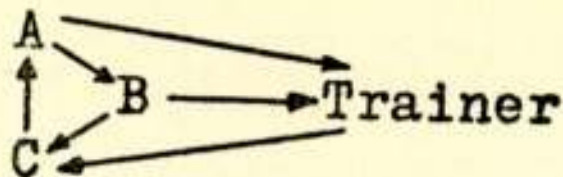
### C. *Simple Training.*

Three units are jointed as shown below:



It is desired to train the system so that Units *A* and *B* move in opposite directions when tested. A human "trainer" is now added which "punishes" the system by forcing Unit *C* to an extreme position when the system does not give the proper response. Thus the functional diagram becomes:





A stable field will, in general, be found. Finding this field is equivalent to having successfully "trained" the system to give the desired response.

### VI. *Acknowledgement.*

The work described in this report was made possible through the award of the "Anton Coenen Torchiana Fellowship" granted by the Netherlands Government and a "Fulbright Travel Grant" awarded by the U.S. Government. The author gratefully acknowledges the generosity of both governments and also thanks the Institute of International Education whose task is the administration of these grants.

The project was carried out at the Electrotechnical Laboratory of the Technische Hogeschool in Delft, Holland under the supervision of Prof. Ir. J. L. van Soest. I am indebted to Prof. van Soest for suggesting this work and acting as advisor during the academic year. Special thanks are due Mr. L. A. M. Verbeek for his assistance and criticisms during the course of the work.

### VII. *Bibliography.*

#### ULTRASTABILITY.

- Ashby, W. R., "Design for a Brain", Chapman and Hall Ltd., 1954.  
 Ashby, W. R., Design for a Brain, *Electronic Engineering*, 20, 1948, pag. 379.  
 Ashby, W. R., Can a Mechanical Chess-Player Outplay its Designer? *British Journal for the Philosophy of Science*, 3, 1952, pag. 44.  
 Tsien, H. S. "Engineering Cybernetics", McGraw Hill, 1954.

#### PHASE-SPACE AND STABILITY

- Andronow, A. A. and Chaikin, C. E., "Theory of Oscillations". Princeton University Press, 1949.  
 Ashby, W. R., Effect of Controls on Stability, *Nature*, 155, 1956, page 242.

#### MECHANICAL DETAILS OF HOMEOSTAT

- Hald, A., "Statistical Tables and Formulas", Wiley, 1952, pages 92-93.  
 Korn, G. A. and Korn T. M., "Electronic Analog Computers", McGraw Hill 1952.

#### GENERAL

- Wiener, N., "Human Use of Human Beings", (Revised Edition), Houghton, 1954.







## De ontwikkeling van de luidspreker

door B. Visser \*)

Voordracht gehouden voor het Nederlands Radiogenootschap  
en de Geluidstichting op 16 mei 1956.

### SUMMARY

After the electromagnetic loudspeakers have been mentioned the principle of the electrodynamic loudspeaker is discussed. It is shown how electrical analogous circuits are used for studying mechanical processes in general, and the behaviour of the electrodynamic loudspeaker for different frequencies in particular. Attention is paid to several types of baffles, the distortion caused by the loudspeaker and the influence of the amplifier as regards the magnitude of the internal resistance. Finally the electrostatic loudspeaker is briefly discussed,

### 1. Inleiding.

In deze voordracht zal een overzicht van verschillende luidsprekertypen en de ontwikkeling hiervan in de loop van de tijd worden gegeven.

Tussen 1920 en 1925 werd nog het meest gebruikt de *elektromagnetische luidspreker*, in het begin meestal uitgerust met een hoorn, later met een conus.

In fig. 1, overgenomen uit: F. V. Hunt - Electro Acoustics, is de werking schematisch voorgesteld. In *a* en *b* veroorzaakt de spreekstroom, welke door de spoel vloeit, een wisselende flux, die gesuperponeerd is op de flux van de permanente mag-

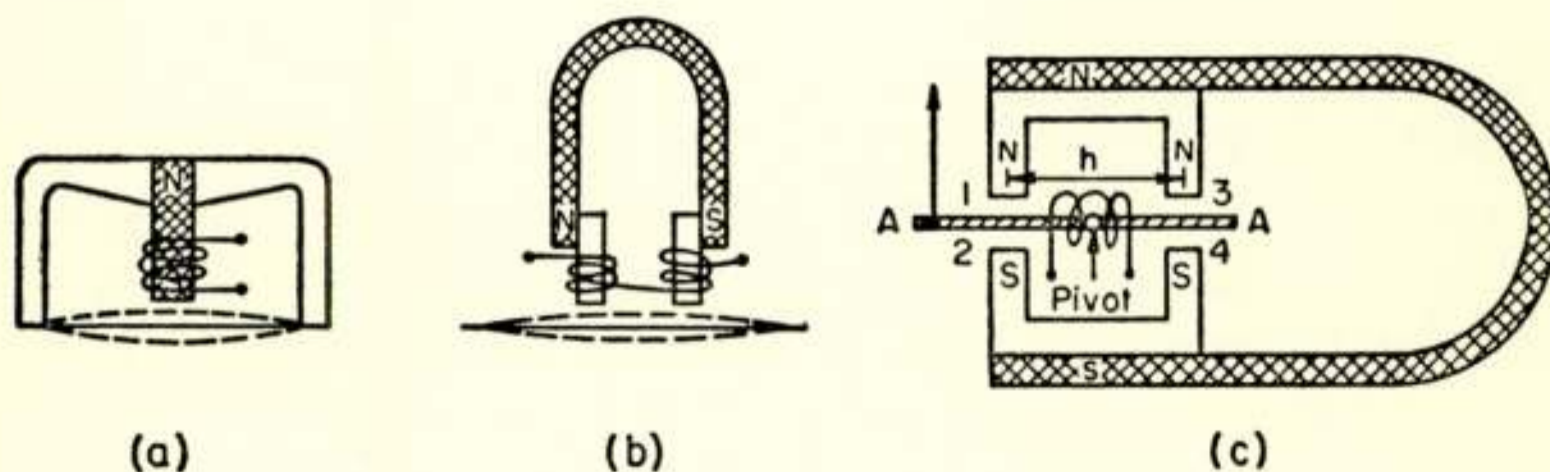


Fig. 1.

Aandrijfsystemen van elektromagnetische luidsprekers.

\*) Laboratorium P.T.T.



neet. Hierdoor ontstaat een wisselende kracht op het membraan van ferromagnetisch materiaal. Het verband tussen stroom en kracht is in principe kwadratisch. Verder bestaat de mogelijkheid dat het membraan bij grote uitwijkingen tegen de magneet klapt.

Het gebalanceerde systeem (c) is reeds aanmerkelijk beter wat de vervorming betreft. Door het bewegende anker gaat hier alleen de wisselflux.

Nog verschillende andere systemen zijn verschenen: het z.g. *freischwinger*-systeem, de *inductor dynamische* luidspreker enz. Al deze systemen lijden aan aanzienlijke niet-lineaire vervorming en nadat omstreeks 1925 de elektrodynamische luidspreker zijn intrede had gedaan, zijn ze geheel door deze verdrongen.

Reeds in 1924 verscheen Siemens met een *elektrodynamische* luidspreker, waarvan de constructie ongeveer was als die van de tegenwoordig veel gebruikte bandmicrofoon. Tussen de pool-schoenen van een sterke magneet bevindt zich een luchtspleet van 1 cm, waarin een veld van 10.000 gauss. In deze luchtspleet is een zeer dun geribbeld Al-bandje opgehangen, waardoor de spreekstromen vloeien. Het bandje dient tevens als membraan, wanneer het onder invloed van de Lorentzkracht gaat bewegen. Voor het weergeven van het gehele frequentiebereik heeft deze constructie zich niet kunnen handhaven, omdat het bandje voor de lage frequenties veel te grote uitwijkingen moet maken. Na de oorlog worden echter weer dergelijke luidsprekers, voorzien van een hoorntje, voor het weergeven van de hoge tonen (boven 2 kHz) in de handel gebracht.

In 1926 brengt Radiola dan de eerste elektrodynamische luidspreker in een vorm, zoals we die nu nog in principe gebruiken, in de handel. Aan de ontwikkeling hiervan zullen altijd de namen Rice en Kellog verbonden blijven.

De eerste elektrodynamische luidspreker van Philips kreeg een naam, de Meesterzanger, welke wel typerend het verschil in kwaliteit met de elektromagnetische luidspreker aangeeft.

In fig. 2, overgenomen uit F. V. Hunt - *Electro Acoustics*, is een doorsnede van een elektrodynamische luidspreker te zien.

Een spoel bevindt zich in een ringvormig magneetveld, waarin de krachtlijnen radiaal verlopen. Aan de spoelkoker is een conus bevestigd. De centrering bij de spoel en de buitenrand van de conus zijn flexibel.

Wanneer wisselstromen door de spoel vloeien, gaan Lorentzkrachten op de spoel werken, spoel en conus bewegen heen en weer en brengen de lucht in trilling.



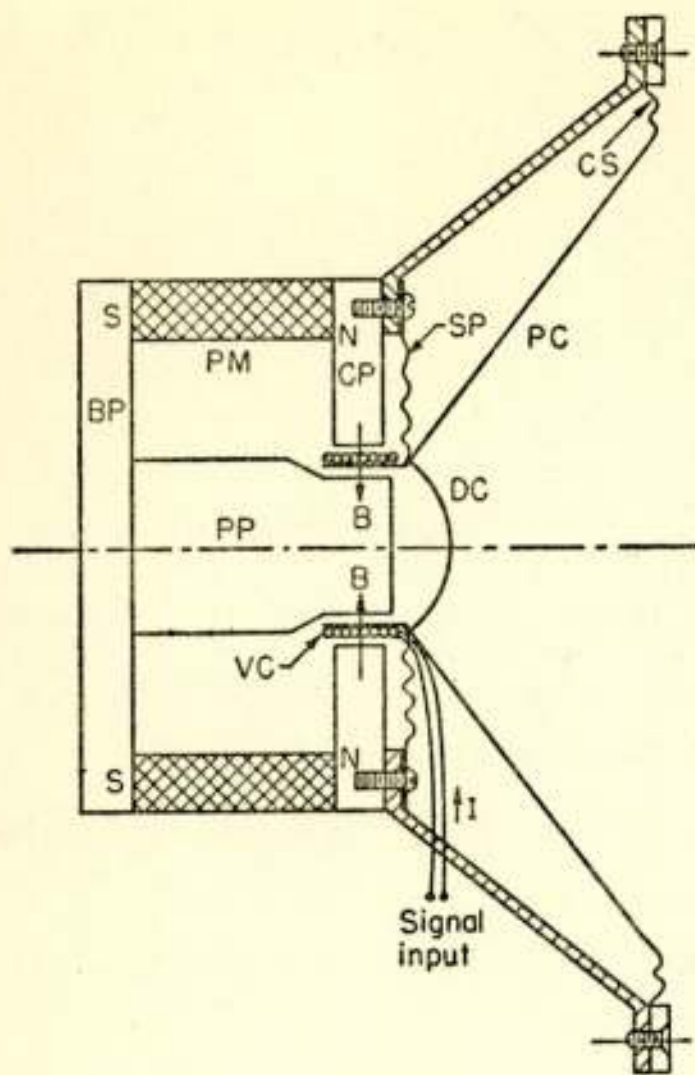


Fig. 2.

Schets van een elektrodynamische luidspreker.

een transformator, welke aan hoge eisen voldoet, een zeer duur artikel is.

Aanvankelijk werden de spoelen van zo dun draad gewikkeld, dat de weerstand in de orde van grootte van  $1 \text{ k}\Omega$  kwam te liggen. De luidspreker kon dan direct in de plaatketen van een buis geschakeld worden. Bezwaren waren de gelijkspanningsdaling, de constante uitwijking ten gevolge van de gelijkstroom en de gemakkelijke beschadiging van het dunne draad. Later is men dan ook tot laagohmige constructies met toepassing van een aanpassingstransformator overgegaan. In de laatste jaren is echter weer een streven naar hoogohmige luidsprekers merkbaar, hetgeen in verband staat met nieuwe ontwikkelingen op het gebied van versterkers en met het feit dat

## 2. Vervangingsschema's.

Om een inzicht in de werking van een dergelijk mechanisch systeem te krijgen, is het gewoonte gebruik te maken van elektrische *vervangingsschema's*.

In fig. 3 is aangegeven een massa, welke aan een veer bevestigd is en met een zekere wrijving over een onderlaag kan bewegen.

In de bewegingsvergelijking, welke er naast staat, is  $K$  de uitwendige kracht, die op de massa werkt,  $x$  de uitwijking,  $m$  de massa,  $r$  de wrijving en  $s$  de stijfheid van de veer. Opvallend is de grote overeenkomst, welke deze vergelijking vertoont met de differentiaalvergelijking voor een elektrische trillingskring, welke er onder staat.

Wanneer men dan ook in het schema van de elektrische trillingskring voor de emk de mechanische kracht invoert, voor de zelfinductie de massa  $m$ , voor de weerstand de mechanische weerstand  $r$  en voor de capaciteit  $\frac{1}{s}$ , dan zal men de uitwij-



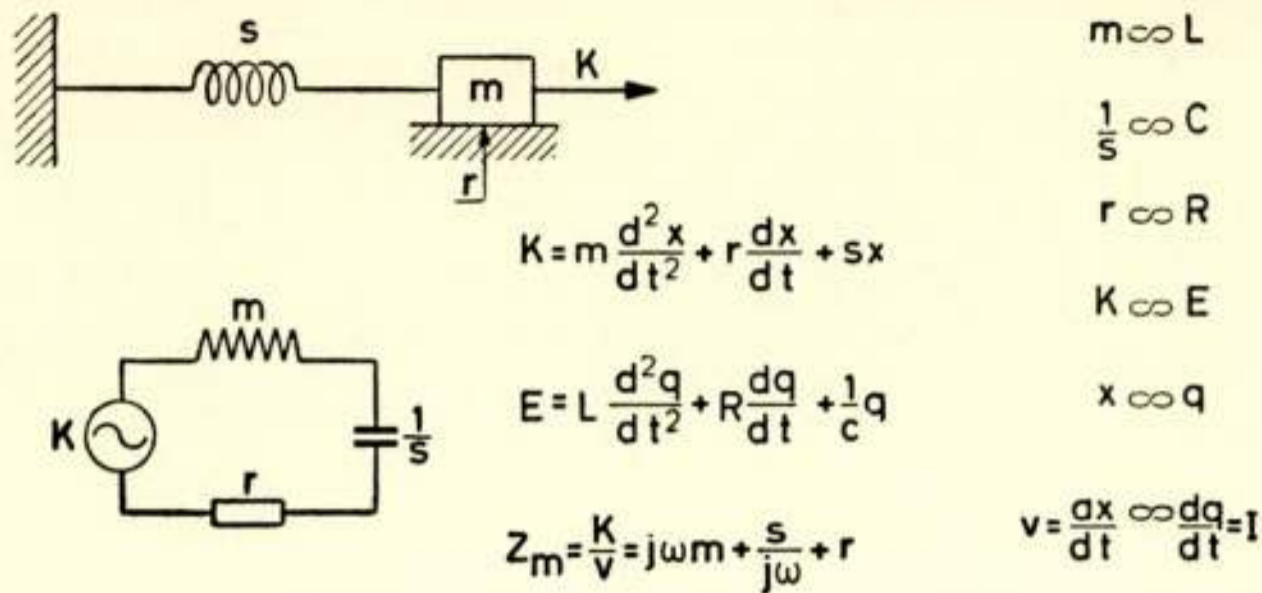


Fig. 3.

Differentiaalvergelijkingen voor elektrische en mechanische systemen.

king kunnen vinden door de lading op de condensator te berekenen. De stroom  $\frac{dq}{dt}$  in het circuit komt overeen met de snelheid  $\frac{dx}{dt}$ , waarmee de massa beweegt. Men is er zodoende ook toe gekomen het complexe quotiënt van kracht en snelheid  $\frac{k}{v}$  de *mechanische impedantie* te noemen. Deze is dus gelijk aan:

$$Z_m = j\omega m + \frac{S}{j\omega} + r.$$

Ook bij de elektrodynamische luidspreker heeft men een bewegende massa (spoel + conus); de centrering geeft een terugdrijvende kracht evenredig met de uitwijking en een zekere mechanische weerstand. Het vervangingschema is hier dus ook van toepassing.

### 3. Straling.

Er treedt echter een complicatie op doordat er straling plaats vindt. Deze kan men verdisconteren door nog een zekere stralingsimpedantie in serie op te nemen. Wanneer de luidspreker in een *oneindig groot klankscherm* geplaatst is, kan deze stralingsimpedantie berekend worden en het verloop met de frequentie blijkt dan te zijn als in principe in fig. 4 aangegeven. Voor de lage frequenties neemt het reactieve deel evenredig met  $f$  toe, de weerstandscomponent evenredig met  $f^2$ . Voor de hoge frequenties is de weerstand constant. De overgangsfrequentie is ongeveer die frequentie, waarvoor de omtrek van



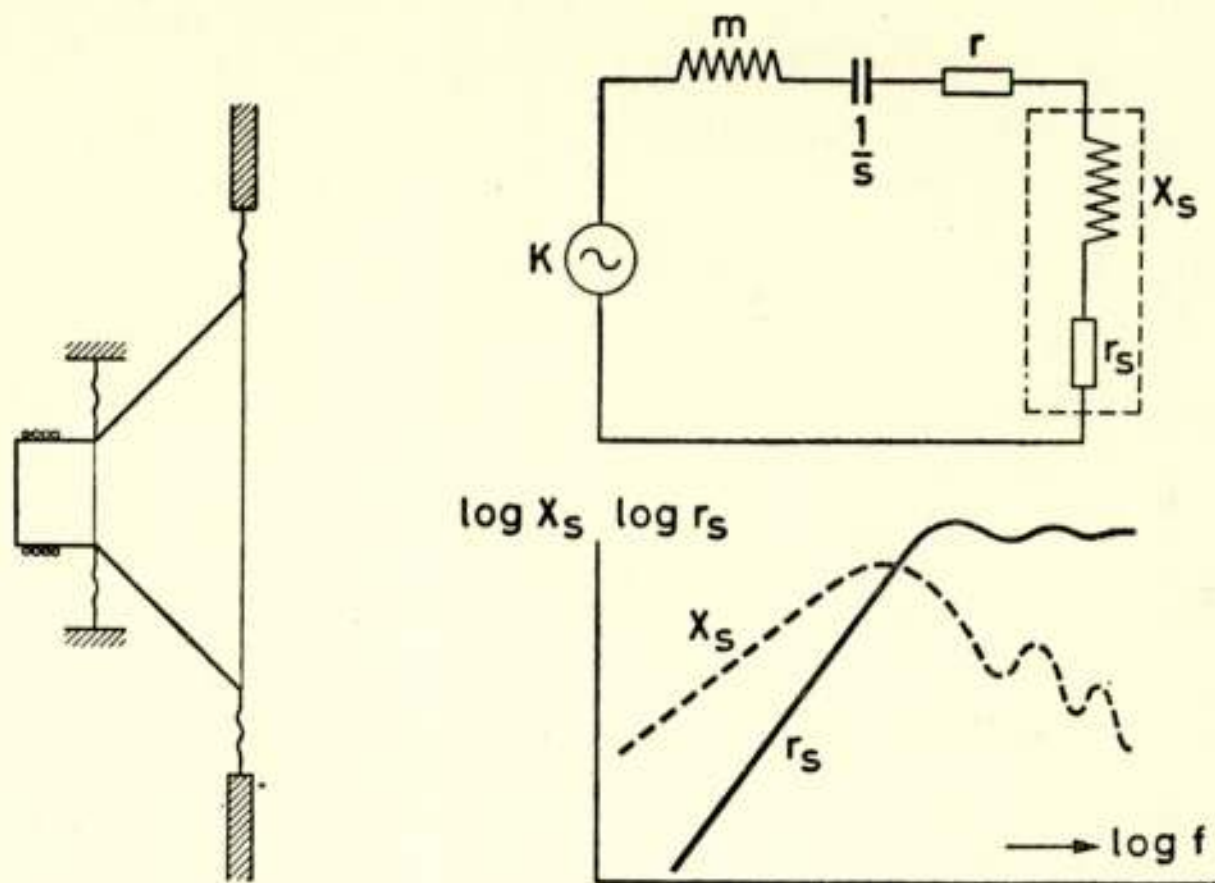


Fig. 4.

Elektrisch vervangingschema voor een elektrodynamische luidspreker

de conus gelijk is aan twee maal de golflengte. Het *uitgestraalde vermogen* wordt nu analoog aan  $I^2 R$  gegeven [door  $v^2 r_s$ ]. Hiermede correspondeert een bepaalde geluidsdruk.

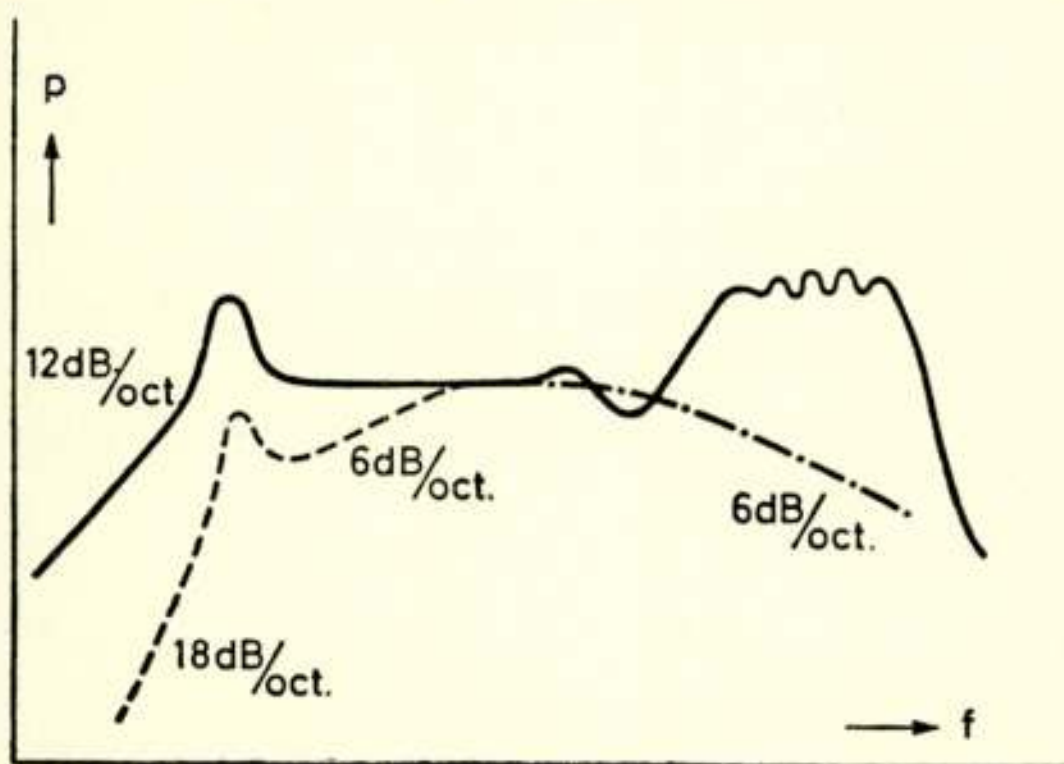


Fig. 5.

Amplitude-frequentie-karakteristiek.

Aan de hand van fig. 5 zullen we nagaan hoe dit *vermogen* of deze geluidsdruk met de frequentie varieert. Bij de allerlaagste frequenties neemt, doordat de capaciteit in het vervangingschema domineert, de snelheid evenredig met  $f$  toe;  $r_s$  is evenredig met  $f^2$  en het vermogen evenredig met  $f^4$ . De karakteristiek

stijgt dus met 12 dB/oct. Daarna passeren we het gebied, waar serieresonantie optreedt met hoge snelheid en geluidsdruk, om dan te arriveren in het gebied, waar de massa de grootte van de stroom bepaalt. Hier is de snelheid omgekeerd evenredig met  $f$ , de  $r_s$  aanvankelijk nog evenredig met  $f^2$  en het uitgestraalde vermogen constant. Voor nog hogere frequenties wordt



de  $r_s$  constant en het vermogen zou dalen met het kwadraat van de frequentie (6 dB/octaaf) volgens de streep-stippellijn.

Andere verschijnselen gaan nu echter een rol spelen:

1. Doordat de afmetingen van de straler in de orde van grootte van de golflengte komen, wordt de *straling gebundeld*. Ten gevolge hiervan zal de geluidsdruk, in de as van de luidspreker gemeten, dus toenemen.
2. Waar de conus tot nu toe als één geheel trilde, waarbij alle delen in fase bewogen, gaan nu *staande golven* optreden; resonanties worden merkbaar, pieken en dalen verschijnen in de amplitude-frequentie-karakteristiek.

Tenslotte gaat de stevigheid, waarmee de conus aan de spoel bevestigd kan worden, een bovengrens aan het bruikbare frequentiebereik stellen.

#### 4. Klankschermen.

Is het klankscherm niet oneindig, maar betrekkelijk klein, hetzij in de vorm van een *vlakke plaat* (fig. 6a), hetzij in de vorm van een gewone *radiokast* (fig. 6b), dan zal van een zekere frequentie af een extra daling van 6 dB/octaaf volgens de streeplijn in fig. 5 optreden. Het kantelpunt ligt bij hogere frequentie naarmate de afmetingen kleiner zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat geluidsgolven, afkomstig van de achterkant van de conus, om het scherm heenbuigen en interfereren met de geluidsgolven, afkomstig van de voorkant. Bovendien zal

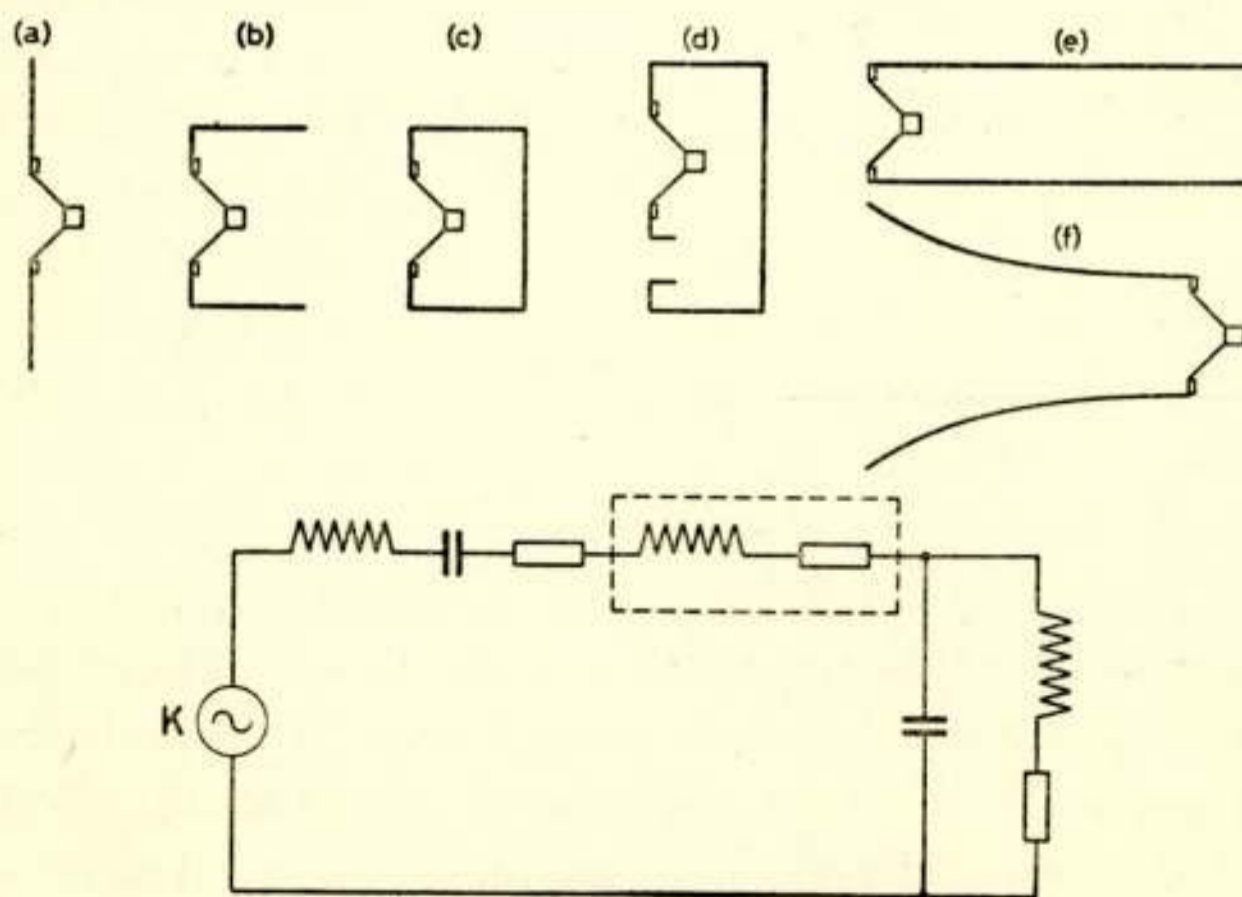


Fig. 6.

Klankschermen en kasten.



bij de kast, daar waar de diepte een kwart  $\lambda$  is, een meer of minder duidelijk uitgesproken maximum optreden.

**Gesloten box** (fig. 6c). Maken we de kast van achteren dicht, dan zal, wanneer de conus naar binnen wil bewegen, de lucht in de box samengedrukt moeten worden. Er is een extra stijfheid geïntroduceerd. In het vervangingsschema betekent dit een seriecondensator. De 6 dB/octaaf-daling is niet meer aanwezig, maar de resonantiefrequentie is verhoogd. De kast moet dus groot zijn en de eigen frequentie van de luidspreker moet voldoende laag liggen. Staande golven in de kast moeten gedempt worden met absorberend materiaal.

**Basreflex** (fig. 6d). Brengt men een opening in de kast aan, dan ontstaat de basreflexkast en het vervangingsschema als eronder aangegeven. De parallelkring wordt gevormd door de capaciteit van de box en de stralingsimpedantie van de opening. Aan dit type luidsprekerkast is een afzonderlijk artikel gewijd.

**Afgestemde pijp** (fig. 6e). Een andere oplossing bestaat in het aanbrengen van een pijp achter de conus. Deze kan open of gesloten zijn. Bij een open pijp van  $\frac{\lambda}{4}$  lengte is de ingangsimpedantie van de pijp zeer hoog. Correspondeert dit met de resonantiefrequentie van de luidspreker, dan worden dus het sterk oplopen van de snelheid en de uitwijking daarbij voorkomen. Door de impedantietransformatie van de  $\frac{\lambda}{4}$ -pijp zou de snelheid bij het open einde toch aanzienlijk kunnen zijn en zou hier een sterke straling optreden. Daarvan komt echter niet veel terecht als men de ongewenste hogere resonantiefrequenties van de pijp door het aanbrengen van absorptie voldoende wil dempen.

**Hoorn** (fig. 6f). Bij toepassing van een hoorn wordt de mond zo groot gemaakt, dat ook voor de lagere frequenties de stralingsimpedantie constant en reëel is. Ook de luidspreker ziet dan, wanneer de hoorn voldoende langzaam in doorsnede toeneemt, een constante  $r_s$ , welke veel hoger is dan  $r_s$  van de luidspreker in een klankscherm. Een verhoging van het rendement van 5 à 10% tot 30 à 50% is hierdoor mogelijk. Voor



lage frequenties wordt de hoorn echter zeer groot. Men kan de hoorn opvouwen; de constructie wordt dan echter ingewikkeld.

Voor al deze klankschermen en -kasten geldt dat de *wanden* zo *star* mogelijk moeten zijn. Dit stelt hoge eisen aan de constructie en het materiaal dat ervoor gebruikt wordt. Massief hout wordt veel gebruikt. Beter is meubelplaat, nog beter multiplex omdat hierin bij beweging de lijmlaagjes wrijving, dus demping geven. Een nog grotere demping krijgt men met meerdere lagen multiplex met vilt of rubber er tussen. Vrijwel ideaal is een wandconstructie met zandvulling. Bij de distributieluidsprekers is de metalen kast van binnen met bitac bedekt, een bitumineuze stof, welke door zijn hoge inwendige wrijving de trillingen van de wanden dempt.

Zoals reeds opgemerkt, zullen bij de hoge frequenties op de conus staande golven optreden. Deze verschijnselen worden bepaald door de vorm en de afmetingen van de conus en de papiersoort.

Ten gevolge van *bundeling* in de hoge frequenties zal op grote afstand van de conus nog het direct van de luidspreker komende geluid domineren ten opzichte van het tegen de muren gereflecteerde. Het gevolg is, dat de luisteraar het geluid uit de opening waarachter zich de luidspreker bevindt hoort komen, hetgeen een onnatuurlijk effect is. Verder zal, als de weergave in de as van de luidspreker goed is, zijdelings van de as een gebrek aan hoge tonen opgemerkt worden. Dit bracht de heren Harz en Kösters van de Nord West Deutscher Rundfunk er toe 12 hoge-tonen-luidsprekers zo op te stellen dat de openingen in de zijvlakken van een regelmatig veelvlak liggen. Het geluid wordt naar alle kanten uitgestraald en op die manier wordt een *bolstraler* benaderd. Het gereflecteerde geluid wordt veel sterker en er ontstaat een meer ruimtelijke indruk van de weergave.

Door luidsprekers in de zij- en bovenwanden van de radiokasten aan te brengen of door scheef ten opzichte van elkaar stellen van de luidsprekers trachten Duitse fabrieken in deze richting iets te bereiken; men spreekt dan van *3 D* en *4 R*-weergave.

##### 5. *Vervorming.*

Voor gelijkblijvend uitgestraald vermogen zal, zoals aange-



toond, de snelheid omgekeerd evenredig met  $f$  zijn. De uitwijking is dus omgekeerd evenredig met  $f^2$ . Bij de lage tonen zullen dus zeer grote amplituden te verwachten zijn.

Als oorzaken van vervorming kunnen aangegeven worden:

1. De teruggedrijvende kracht is niet evenredig met de uitwijking. Gevolg: harmonischenvorming bij de lage frequenties.
2. De spoel komt buiten het homogene deel van het magnetisch veld, met als gevolg amplitudemodulatie van de hoge tonen door de lage tonen.
3. Bij gelijktijdige weergave van hoge en lage tonen zal voor de hoge frequenties Doppler-effect optreden, waardoor deze in frequentie gemoduleerd worden.

Hieruit blijkt nogmaals het belang van een gunstige akoestische belasting bij de lage frequenties.

Verder kan, wat de punten 2 en 3 betreft, natuurlijk direct een grote verbetering bereikt worden door hoge en lage tonen door *aparte luidsprekers* te laten weergeven, ook al zijn dit identieke luidsprekers. Echter doemen dan andere moeilijkheden op. Plaatst men de luidsprekers dicht bij elkaar, dan treden in het overgangsfrequentiegebied interferentieverschijnselen op. Minder storend schijnt het te zijn als men de luidsprekers ver uit elkaar zet. Dan hoort men echter weer vaak een instrument beurtelings uit de ene of de andere luidspreker komen. In ieder geval dient de opstelling met zorg te geschieden.

#### 6. Invloed van de versterker.

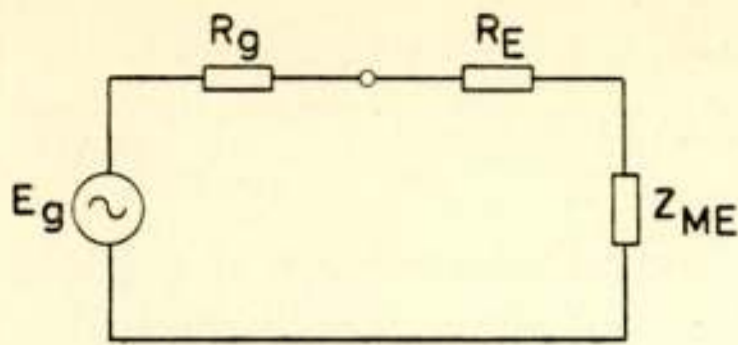
Wanneer de spoel gaat bewegen, wordt hierin een spanning geïnduceerd. De snelheid is afhankelijk van de mechanische impedantie. Wanneer de spoel kan bewegen, is de elektrische impedantie dus anders dan wanneer de spoel geblokkeerd is. Dit is te zien uit de formules in fig. 7.

De versterker heeft een open spanning  $E_g$  en inwendige weerstand  $R_g$ .  $R_E$  is de weerstand van de spoel in geblokkeerde toestand.  $K$  is de kracht op de spoel tijdens de beweging.

Blijkbaar komt in serie met  $R_E$  een impedantie  $\frac{(Bl)^2}{z_{ME}}$ .

Van de mechanische kant bezien kan men de kracht veroorzaakt denken door een krachtbron met een „open spanning”  $\frac{Bl E}{R_g + R_E}$





$$E_g = I(R_g + R_E) + Blv \quad (1)$$

$$K = BlI = Z_m v \quad (2)$$

$$E_g = I(R_g + R_E) + I \frac{(Bl)^2}{Z_m} \quad (3)$$

$$K = Bl \frac{E_g - Blv}{R_g + R_E} = \frac{Bl}{R_g + R_E} E_g - \frac{(Bl)^2}{R_g + R_E} v \quad (4)$$

Fig. 7.

Wisselwerking tussen versterker en bewegend systeem van de luidspreker

van de centrering, dus afhankelijkheid van de capaciteit van de spanning erover in het vervangingsschema, heeft minder invloed; de vervorming van de luidspreker wordt verminderd. Hier staat tegenover dat bij de conusluidspreker, wanneer de snelheid constant gehouden wordt, tengevolge van het dalen van de stralingsweerstand naar de lage frequenties toe, de lage-tonen-weergave verzwakt wordt. Deze moeten in de versterker opgehaald worden.

Hoe ver men met deze demping moet gaan is dus een vraag, welke men van verschillende kanten kan bezien. Wat de invloed op *in- en uitslingerverschijnselen* betreft dient overwogen te worden dat ook het menselijk gehoor en de kamer deze vertonen. De nagalmtijd van de gemiddelde huiskamer is ongeveer 0,5 sec.

### 7. Elektrostatische luidsprekers.

Na de elektromagnetische en elektrodynamische luidspreker nog iets over de *elektrostatische luidspreker*. Reeds omstreeks 1925 werden dergelijke luidsprekers geconstrueerd. De elektrostatische luidspreker bestaat in eenvoudigste vorm uit een condensator, waarvan de ene elektrode is uitgevoerd als een dun gespannen, geleidend folie.

Zoals in fig. 8a te zien is, wordt tussen de elektroden een gelijkspanning (de polarisatiespanning genoemd) en een van de versterker afkomstige wisselspanning aangelegd. De aantrek-

en inwendige mechanische weerstand  $\frac{(Bl)^2}{R_g + R_E}$ . Wanneer men  $R_g$  klein maakt ten opzichte van  $R_E$ , zal deze inwendige weerstand groot worden en in hoge mate de snelheid bepalen. De lage-tonen-resonantie wordt dus sterk gedempt. Door een combinatie van *negatieve spanningstegenkoppeling* en *positieve stroomtegenkoppeling* kan  $R_g$  negatief gemaakt worden en dit alles nog geaccentueerd worden.

Ook niet-lineaire werking



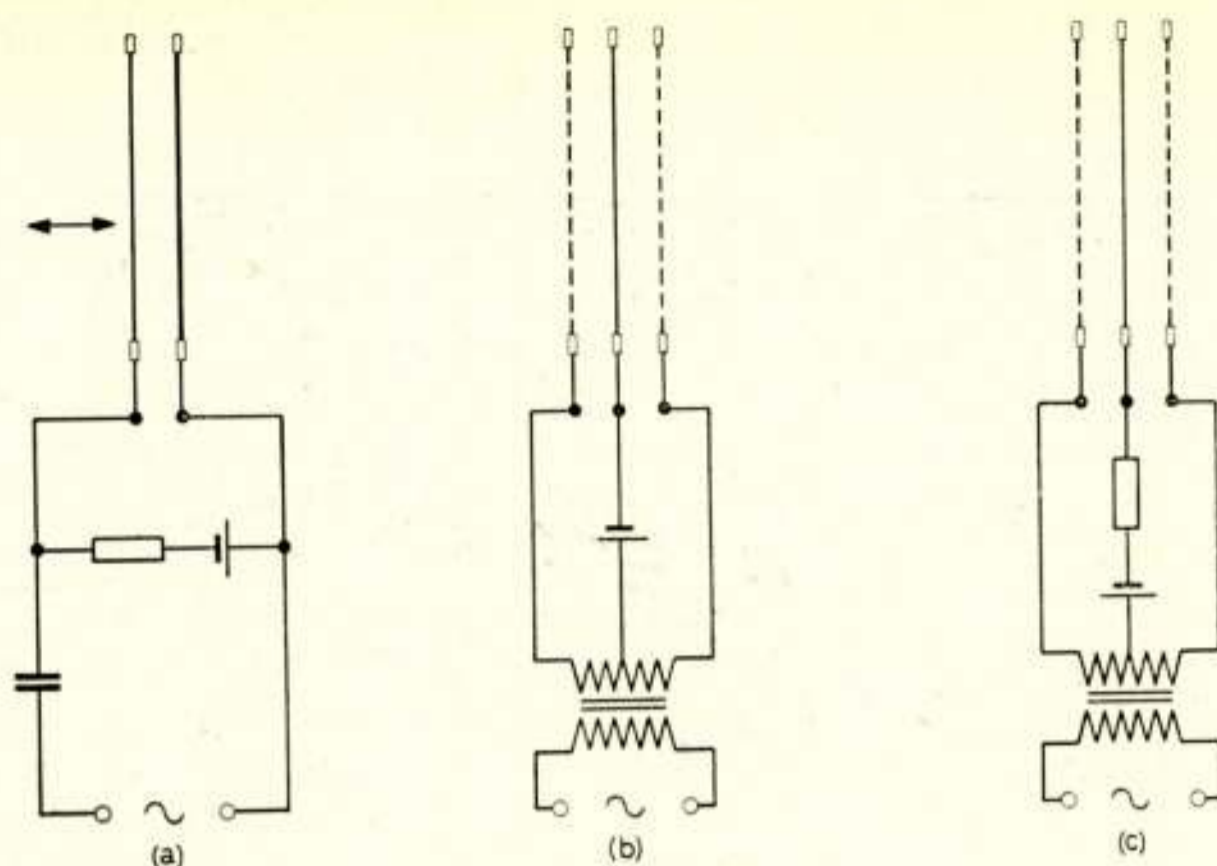


Fig. 8.

Elektrostatische aandrijfsystemen.

kingskracht tussen de elektroden zal in het ritme van de wisselspanning fluctueren, zodat het membraan gaat bewegen en geluid gaat uitstralen. Daar de aantrekkende kracht evenredig is met het kwadraat van de totale spanning tussen de elektroden, kan een enigszins vervormingsvrije weergave alleen verkregen worden, wanneer de wisselspanning klein is ten opzichte van de gelijkspanning. Het vervormingspercentage bedraagt:

$$d = 50 \frac{\hat{V}_{\sim}}{V_{=}}$$

Het is merkwaardig dat na de oorlog dit type luidspreker weer opgang maakt, eerst in Duitsland, thans ook in Amerika, echter nu niet om het gehele frequentiebereik weer te geven, maar alleen de frequenties boven 7 kHz, waar de signaalspanningen betrekkelijk klein zijn. Als materiaal voor de beweeglijke elektrode kiest men niet meer aluminium, maar kunststof (styroflex b.v.) van  $10 \mu$  of dunner, bedekt met een dun goudfolie of opgedampt aluminium.

In fig. 8b is een push-pull-uitvoering aangegeven, welke belangrijk minder vervorming introduceert.

Een zeer interessante ontwikkeling van dit luidsprekertype vindt op het ogenblik in Engeland en Amerika plaats. Hierbij is men uitgegaan van de volgende gedachte. Wanneer in de toevoerleiding naar de gelijkspanningsbron een zo hoge weerstand wordt opgenomen, dat de  $RC$ -tijd (waarin  $C$  de capaci-



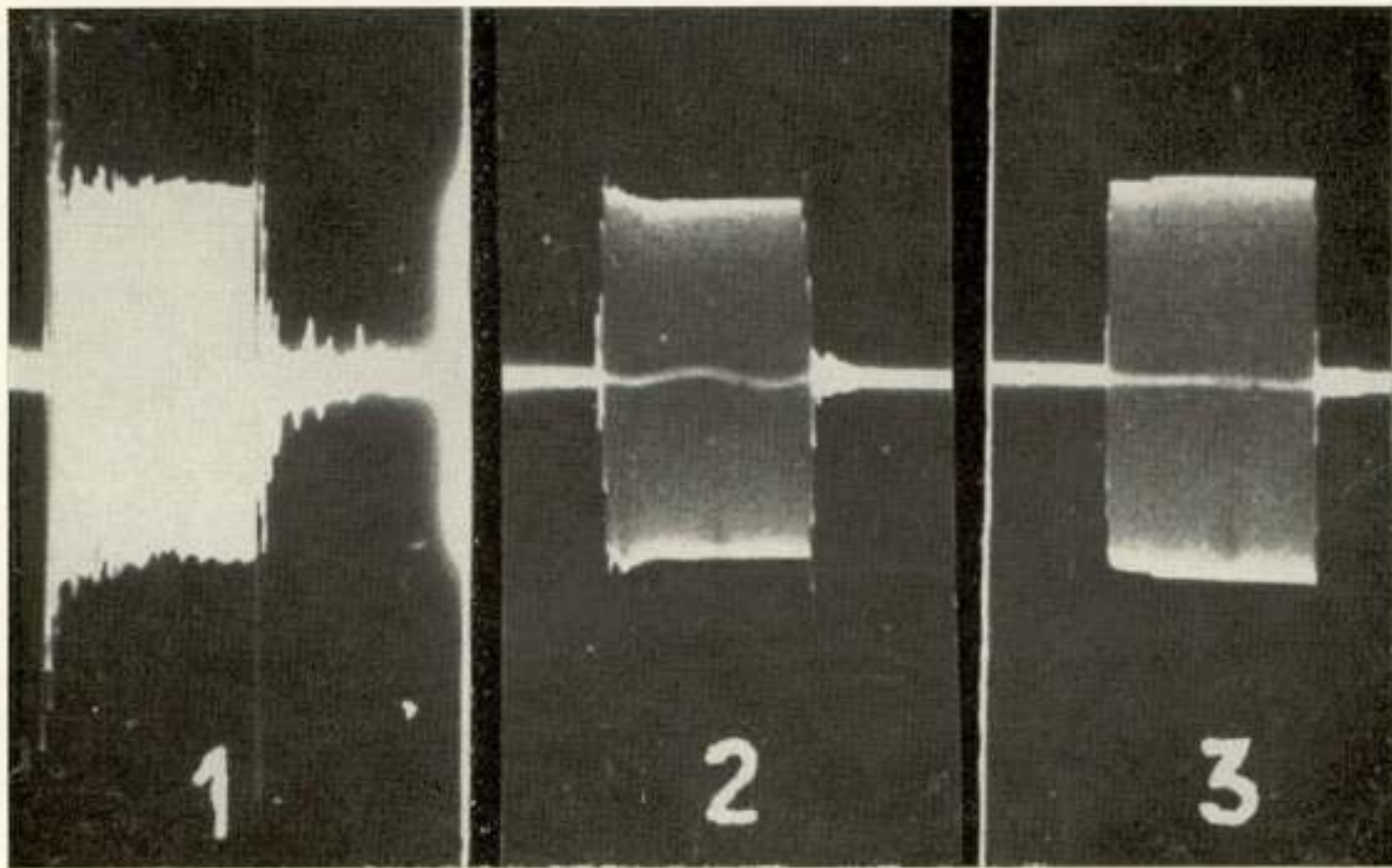


Fig. 9.

In- en uitschakelverschijnselen bij:  
 1 en 2: elektrodynamische luidsprekers  
 3: elektrostatische luidspreker.

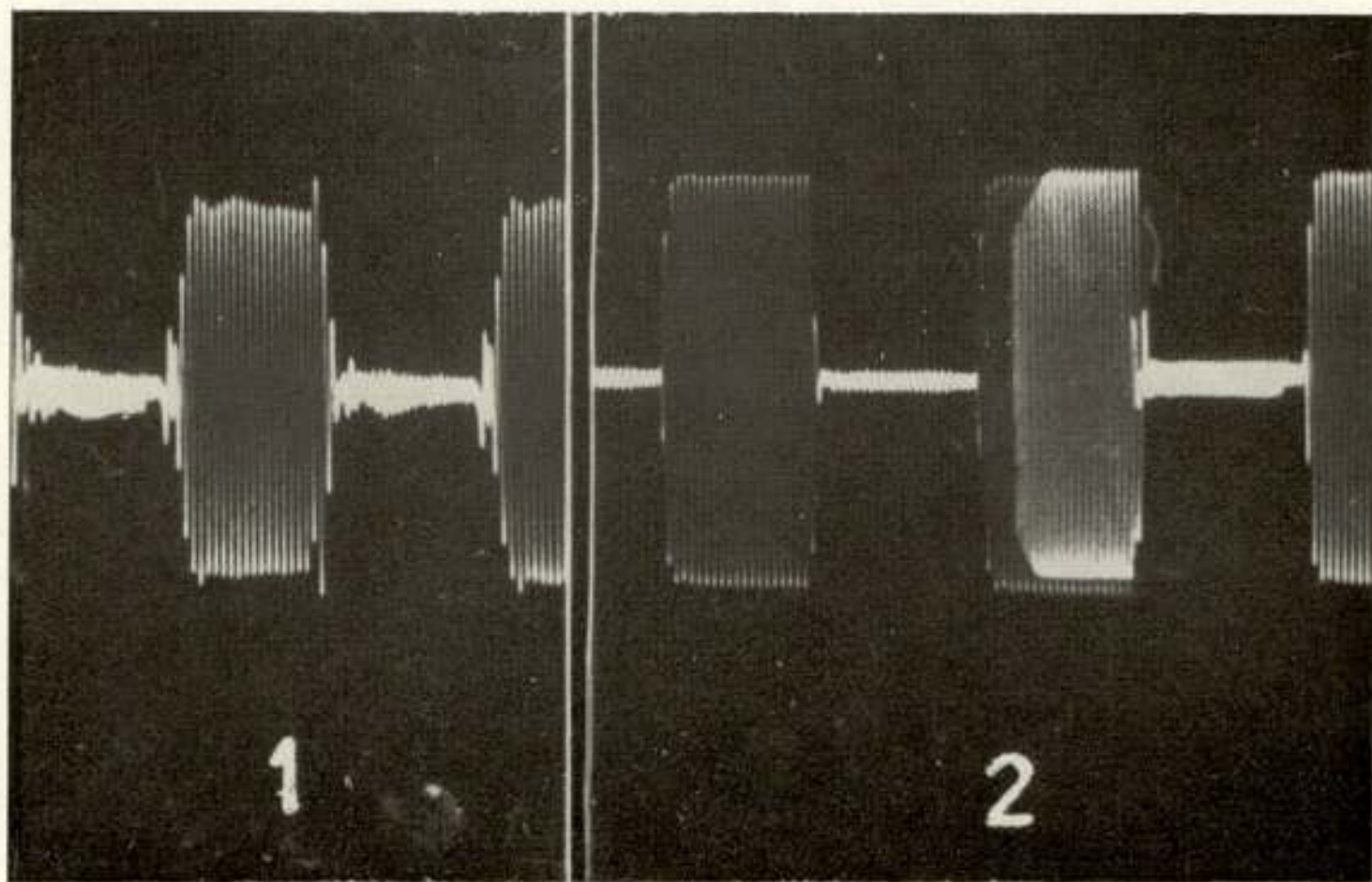


Fig. 10.

In- en uitschakelverschijnselen bij:  
 1: elektrodynamische luidspreker  
 2: elektrostatische luidspreker.



teit van de luidspreker) groot is ten opzichte van  $\frac{I}{f}$  dan heeft dit tot gevolg dat gedurende een periode van de wisselspanning de *lading* op de middenelektrode *constant* blijft (fig. 8c). Brengt men tussen de buitenelektroden de wisselspanning aan, dan bevindt deze constante lading zich dus in een wisselend elektrisch veld, waarvan de sterkte evenredig is met de aangelegde wisselspanning. De kracht op de lading is derhalve ook evenredig met de wisselspanning. Hiermee is een *lineaire werking* verkregen. Geclaimd wordt een vervorming, welke zelfs aanzienlijk lager zou zijn dan die van de elektrodynamische luidspreker, terwijl nu constructies mogelijk zijn, die ook frequenties van 40 Hz goed weergeven. Daar verder de aandrijvende kracht op het gehele membraan werkt en niet zoals bij de elektrodynamische luidspreker alleen aan de punt van een conus aangrijpt, is te verwachten dat de frequentiekaracteristieken gladder en de sprongkaracteristieken gunstiger zullen zijn.

In fig. 9 ziet men de weergave van een onderbroken sinus-trilling van 8000 Hz door twee elektrodynamische luidsprekers en door een elektrostatisch hoge-tonen-luidsprekertje. De onderbreking gebeurde hier met een frequentie van 50 Hz. In fig. 10 is deze opgevoerd tot 200 Hz voor de beste van de twee elektrodynamische luidsprekers en de elektrostatische luidspreker.

Een ander voordeel is de vrijheid, die de ontwerper heeft

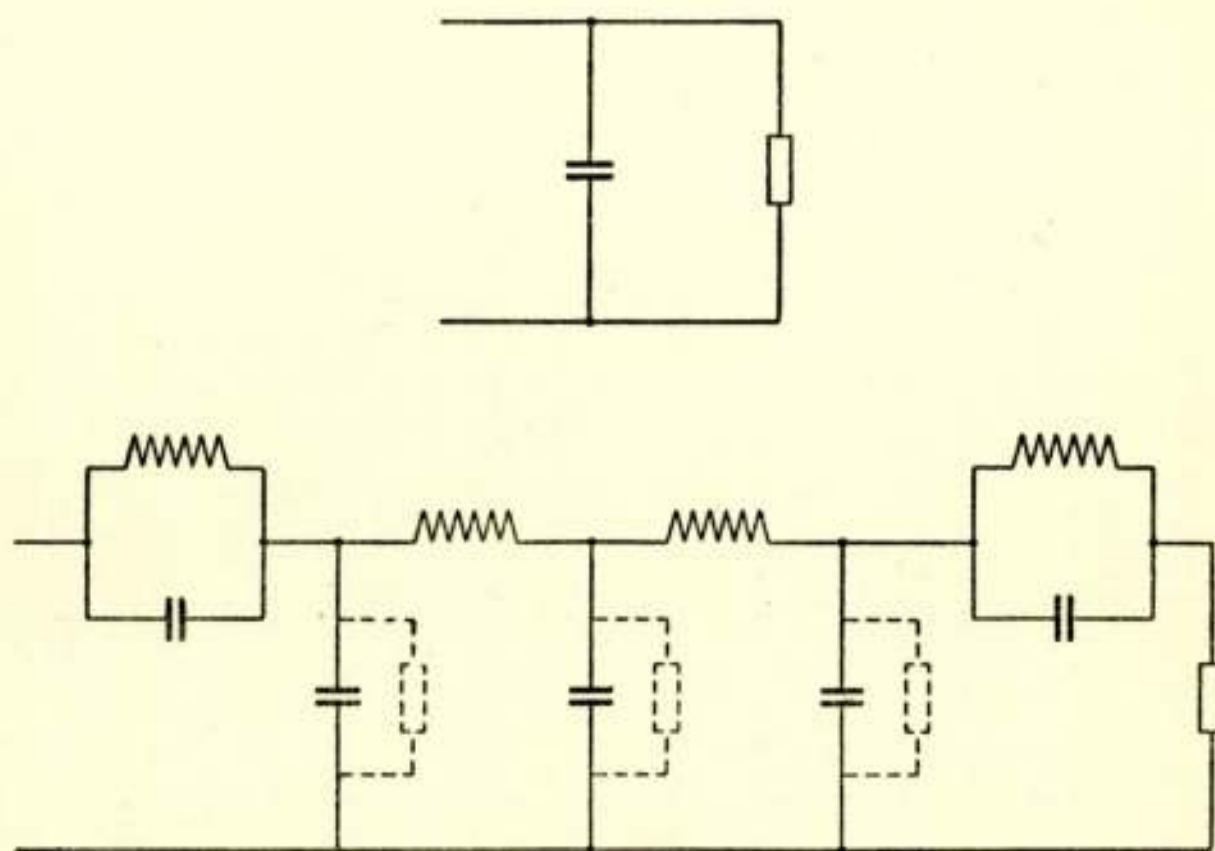


Fig. 11.

Verbetering van de ingangsimpedantie van een elektrostatische luidspreker.



bij de vormgeving. Men kan de luidspreker b.v. uitvoeren als lange vertikale stroken. Splitst men het frequentiebereik in enkele delen en kiest men in ieder deelbereik de dwarsafmeting van de bijbehorende strook klein ten opzichte van de golflengte, dan is het horizontale stralingsdiagram zeer breed. Brengt men de stroken voor de verschillende frequentiebereiken direct naast elkaar aan, dan vermijdt men bovengenoemde moeilijkheden in het overgangsgebied. Ook uitvoeringen in de vorm van een cilinder zijn aangegeven.

Na al dit hooggestemde nieuws een groot nadeel. De impedantie is in hoofdzaak capacitef. De versterker ziet bij voorkeur een constante reële impedantie. Om deze moeilijkheden op te lossen kan men de luidspreker verdelen in stukken, welke opgenomen worden in een laagdoorlaatfilter (fig. 11). Deingangsimpedantie kan dan in het doorlaatgebied praktisch reëel zijn.



## URSI-VERGADERING 1957 IN BOULDER IN USA

Het wetenschappelijk werk wordt verricht in 7 commissies:

- I Radio Measurements and Standards
- II Radio and Troposphere
- III Ionospheric Radio
- IV Radio Noise of Terrestrial Origin
- V Radio Astronomy
- VI Radio Waves and Circuits
- VII Radio Electronics

Deze commissies zullen in 1957 vergaderen in Boulder USA van 22 augustus t/m 5 september in de laboratoria van het National Bureau of Standards. Zij die wetenschappelijke bijdragen voor dit congres wensen bij te dragen dienen deze in te zenden voor 1 maart 1957 bij de secretaris van het Nederlands Nationaal URSI comité.

Van de bijdragen wordt verwacht dat zij van fundamenteel belang zijn voor het werk in de betrokken commissie of dat zij een bijdrage leveren tot de internationale activiteit in de commissie.

De publicaties moeten in tweevoud worden ingezonden. Zij mogen niet meer dan 1500 woorden bevatten en moeten vergezeld gaan van een samenvatting van 25 à 100 woorden. Eventuele tekeningen mogen geen tekst bevatten, behalve aanduidingen zoals „fig. 1” en „1 Mc/s”, terwijl de bijbehorende tekst op een apart vel moet worden ingeleverd. De afmetingen van tekeningen, schema's enz. mogen niet groter zijn dan  $6\frac{1}{2}'' \times 10''$ .

De publicaties moeten in het frans of engels gesteld zijn.

Alle verdere inlichtingen over het congres worden verstrekt door de secretaris van het Ned. Nat. URSI Comité.

Ir. P. L. M. VAN BERKEL  
Dr. Neher Lab der PTT, Leidschendam.

## FUNK UND SCHALLORTUNG IN DER SCHIFFFAHRT UND SEEVERMESSUNG

Van 24 tot en met 27 oktober j.l. vond in Hamburg het congres „Funk und Schallortung in der Schifffahrt und Seevermessung” plaats. Er werd door omstreeks 1500 personen aan deelgenomen. Hoewel de meesten hiervan uit Duitsland zelf afkomstig waren, hadden zich ook veel deelnemers uit de overige Europese landen aangemeld. Van Nederlandse zijde waren een tiental deelnemers aanwezig, waaronder autoriteiten uit scheepvaart en industrie.

Er werden omstreeks 60 voordrachten gehouden, waarvan 1/3 gedeelte door buitenlanders.

Zoals gebruikelijk op deze door de „Ausschusz für Funkortung” georganiseerde congressen was het programma te overladen, en tijd voor discussie na de voordrachten was er niet. Deze discussies zouden ongetwijfeld de waarde van het geheel doen toenemen, vooral daar niet alleen technische problemen besproken werden, doch ook vele voordrachten aan de operationele zijde van radar en elektronische navigatiesystemen gewijd waren.

Van Amerikaanse zijde werden verschillende minder bekende navigatiesystemen, zoals Raydist, Lorac en Shoran behandeld, een Franse spreker bracht het RANA plaatsbepalingssysteem naar voren.

Verschiedende voordrachten behandelden de compressie van het video signaal van een radarbeeld in verband met het overbrengen van radarbeelden door een straalzendersverbinding of via een kabel.

Diverse fabrieken demonstreerden de bijbehorende apparatuur. Wij zagen zelfs een radarbeeld van de haven van Cuxhaven, opgenomen op een magnetofoonband met normale snelheid ( $9\frac{1}{2}''/\text{sec}$ ), reproduceerbare bandbreedte 20 kc/s. Opvallend was de definitie van het beeld die met een dergelijk kleine bandbreedte



bereikt werd. De band had 3 sporen, 1 voor het videosignaal, 1 voor de beide synchronisatiesignalen en 1 voor het vastleggen van de vhf gesprekken. Veel aandacht werd ook besteed aan echoloden voor hydrografische doeleinden. Zo zagen wij een echolood waar het papieraandrijfmechanisme gekoppeld was aan een electronische afstandsmeter.

Een Engelse firma toonde een nieuwe scheepsradar, voorzien van een „slotted waveguide” antenne.

Hoewel het toestel zelf niet aanwezig was, werd door middel van een geluidsfilm een scheepsradar geïntroduceerd, waarbij het schip zelf zich niet steeds in het middelpunt van het beeld bevindt. De grootte van de „off-centering” wordt beïnvloed door het gyrokompas en het (electrische) log, zodanig dat vaste punten steeds op dezelfde plaats op het scherm worden afgebeeld, ook als het schip vaart. Men bereikt hiermede dat men zeer eenvoudig kan plotten, en zonder ingewikkelde handelingen direct de juiste koers van andere schepen kan aflezen.

Van Nederlandse zijde werd een voordracht gehouden door Ir. J. W. Alexander over 8 m.m. radar.

Het congres was uitstekend georganiseerd. Men kon zich niet aan de indruk onttrekken dat de Duitse industrie hard op weg is haar achterstand op het gebied van electronische navigatie in te halen. Alle gehouden voordrachten zullen t.z.t. in druk verschijnen. Ze kunnen aangevraagd worden bij de „Ausschusz für Funkortung in der Gesellschaft zur Förderung des Verkehrs e.V.”, Am Wehrhahn 94, Düsseldorf.

## Boekbesprekingen

### *Philips Zakboekje.*

Het Philips Persbureau Industria zond ons een exemplaar van de nieuwste uitgave van het Philips Zakboekje, een meer dan 300 bladzijden tellende uitgave (9 x 13 cm).

Het boekje bevat de gegevens van ontvang- en versterkerbuizen, kathodestraalbuizen, zendbuizen, buizen voor industriële toepassingen, röntgenbuizen en transistoren. Ook zijn de speciale buizen vermeld zoals stabilisatorbuizen, magnetrons, klystrons, telbuizen etc. De vervangingslijst van Amerikaanse en Engelse buizen door Philips buizen is korter dan in de vorige uitgave.

Niet in de inhoudsopgave vermeld, doch wel aanwezig, zijn gegevens betreffende luidsprekers, uitgangstransformatoren, onderdelen voor radio en televisie ontvangers alsmede professionele onderdelen. Ongetwijfeld zal ook deze nieuwe uitgave met belangstelling ontvangen worden.

### *Philips Pocketbook for Hams.*

Tevens ontvingen wij een exemplaar van het Philips Pocketbook for Hams. (480 pag., 9 x 13 cm).

Behalve de gegevens, die men in het Zakboekje aantreft, vindt men in deze in het Engels gestelde uitgave uitgebreide bijzonderheden over Philips zendbuizen (130 bladzijden), terwijl de vervangingslijst veel uitgebreider is, 25 bladzijden.

Ook treffen wij een gekleurde tabel aan welke de frequentie-indeling volgens Atlantic City aangeeft. Ook de bijbehorende „note's” zijn opgenomen.

Vooraf door deze toevoegingen zal dit boekje niet alleen door de amateur doch voor een ieder die zich met de practische elektronentechniek bezig houdt van grote waarde zijn.



## Uit het Nederlands Radiogenootschap

### PERSONALIA



#### IN MEMORIAM Ir. CHR. HENSSEN

Op 27 oktober j.l. overleed plotseling ir. Chr. Henssen.

Christiaan Henssen werd op 7 juni 1903 te Roermond geboren. Na het doorlopen van de Middelbare School vervolgde hij zijn studie aan de Technische Hogeschool te Delft, waar hij in 1926 het diploma van elektrotechnisch ingenieur behaalde. Daarna volgde een zeer gevarieerde loopbaan, waarbij hij achtereenvolgens werkzaam was bij de A.Z.N.E.M. te Roermond, de Metaaldraadlampenfabriek Holland te Utrecht (1927), de Verenigde Octrooibureaux Kooy te 's-Gravenhage (1928), de N.V. Splendor Gloeilampenfabrieken te Nijmegen (1929), in tijdelijke dienst bij de luchtvaartdienst van het Departement van Waterstaat

(1930) waarna hij in 1933 bij de Nederlandse Seintoestellenfabriek te Hilversum de leiding kreeg over de ontvanger serie montage. Vervolgens werd hij in 1935 verbonden aan de afdeling Gemeenschappelijke Belangen B van de apparatenfabriek van de N.V. Philips Gloeilampenfabrieken te Eindhoven. In 1937 keerde hij terug naar Hilversum waar hij bij de N.V. Philips Telecommunicatie Industrie, v/h Nederlandse Seintoestellenfabriek achtereenvolgens tot ingenieur, bedrijfsleider, hoofdingenieur (1947) en onderdirecteur van de fabricage (1948) benoemd werd. Maar in 1953 werden zijn werkzaamheden wederom verlegd naar Eindhoven, waar hij nu als adjunct-directeur de leiding kreeg van de afdeling Gemeenschappelijke Belangen van de Hoofd Industrie Groep Apparaten. Deze functie bracht mee dat hij veel op reis was. Op zijn laatste reis werd hij in Portugal onwel en na zijn overhaaste terugkeer in Eindhoven overleed hij aldaar op 27 oktober 1956.

Naast zijn technische bekwaamheden waren het vooral zijn sociale belangstelling en menselijke eigenschappen die algemeen erkend en gewaardeerd werden bij allen die met hem in aanraking kwamen. Dit kwam o.a. tot uiting in het vele werk dat hij verrichtte voor de energievoorziening van de ziekenhuizen en het Sanatorium „Zonnestraal” te Hilversum in de oorlogsjaren. Maar ook bij zijn dagelijkse werkzaamheden was zijn diep menselijke instelling er de ondergrond van, dat hij overal vrienden maakte. Dit kwam ook tot uiting bij zijn begrafenis in Hilversum, waar een enorme schare, diep onder de indruk van het plotselinge verlies van een vriend, hem naar zijn laatste rustplaats begeleidde.

J. W. A.

---

### VOORGESTELDE LEDEN

- J. Aerts, Graaf Hendrik III laan 69E, Breda. (K.L.)  
 M. van Beveren, Johan Wagenaarlaan 10, Leidschendam. (P.T.T.)  
 Ir. L. G. Drenthen, Harmelenstraat 2, Den Haag. (D.M.L.)  
 W. P. Heespelink, Almeloplein 16, Den Haag. (P.T.T., Scheveningen Radio)  
 Ir. J. Lit, Akkersdijkstraat 69, Rotterdam. (R.V.O./T.N.O.)  
 Ir. J. Mak, Piuslaan 32, Eindhoven. (Philips)  
 Ir. F. R. Neubauer, Meent 77c, Rotterdam. (I.R.A.)  
 L. A. M. Verbeek, Oude Delft 55, Delft.
-



**NIEUWE LEDEN**

- Ir. J. Hoogendoorn, Lindelaan 127, Rijswijk.  
Ir. D. Macdaniel, Prins Bernhardlaan 117, Leidschendam.  
Ir. J. C. Sirks, De Lairessestraat 90, Amsterdam.
- 

**NIEUWE ADRESSEN VAN LEDEN**

- Ir. A. C. H. Borsboom, Daniël Catterwijkstraat 51, Rijswijk (Z.H.).  
Ir. C. Dorsman, Stationslaan 27, Stadskanaal (O.).  
G. Hepp, Edificus 24 de Maio, Apt 33, Rna 24 de Maio 71, Porte Alegre  
Brazilië.  
Ir. F. J. van Hutten, Langevelderweg 38, Noordwijkerhout.  
Ir. K. Posthumus, Elzenlaan 40, Hilversum.  
Ir. J. M. Tol, 2062 St. Germain Bld. Ville St. Laurent, Montreal (P.Q.), Canada.
-