

# Radio-Nieuws.

ORGAAN VAN DE NED. VER.

Onder Redactie van J. CORVER,

BURNIERSTRAAT 38,

DEN HAAG.



VOOR RADIO-TELEGRAFIE.

Uitgever: N. VEENSTRA,

LAAN VAN MEERDERVOORT 30,

DEN HAAG. Tel. 32112.

Abonnementsprijs voor niet-leden f 9.— per jaargang van 12 nummers. Buitenland f 10.—  
Leden der Vereeniging (contributie f 8.— per jaar) ontvangen het maandblad gratis.

Secretaris-Penningmeester: B. Slikkerveer, Columbusstraat 187, den Haag.

**INHOUD:** Eenige praktische aanwijzingen voor aanschaffing op bouw van laagfrequent-transformatoren. — Laagfrequentversterker voor groot geluidsvolume. — Radio-lampen. — Het radiostation Kootwijk. — Geluidsvervorming van draadlooze telefonie. — De luidsprekerhoorn.

## Eenige praktische aanwijzingen voor aanschaffing of bouw van laagfrequent-transformatoren.

Door Ir. H. MAK.

In vervolg op mijn artikelen betreffende den gewenschten vorm en de constructie van een l.f. transformator voor telefonie, met geringe vervorming, geef ik hieronder een tabel van transformatieverhoudingen, voor transformatoren te gebruiken a c h t e r de daar vermelde lampen. Immers, naarmate de anode-impedantie der lamp zakt, vermindert ook de minimaal benodigde sluitimpedantie, waardoor de transformatie-verhouding globaal evenredig met den wortel uit de veranderingsverhoudingen kan stijgen met behoud der qualiteiten.

Tevens is vermeld in de tabel het produkt  $g \times u$  (spanningsversterking  $\times$  transformatieverhouding), hetwelk een beeld geeft van hetgeen met bepaalde lamp en passende transformator is te bereiken. Met het oog op qualiteit zijn de getallen in de kolom  $u$  en vanzelf ook die voor  $g \times u$  als maxima te beschouwen. Er is niet gepoogd een nauwkeurigheid in eenige decimalen te bereiken, daar het nut hiervan zeer twijfelachtig is. Zoo geeft de tabel b.v. voor het lamptype A 406 een transformatie-verhouding  $u = 4$  aan. D.w.z. dat bij goede constructie (met geringe speelcapaciteiten) de transformatieverhouding van den transfor-

mator, volgende op die lamp, alle waarden mag hebben, mits niet grooter dan 4.

Voor de zelfbouwers is er nog een kolom aan toegevoegd, bevattende de windingsgetallen der prim. wikkeling, in de veronderstelling van een ijzerkern  $1.7 \times 1.7$  c.M. ( $3 \text{ c.M.}^2$ ), en 20000 windingen op de secundaire spoel; draad 0.07,  $1 \times$  zijde, in minstens 4 schijven onderverdeeld door 2 m.M. dikke tusschenschotten.

Lamp type	Spanning versterking G	Anode impedantie Z	Transform. verhouding U =	G × U =	Primaire spoel
A 410	10	25000 Ohm	3,1	31	6500 wdg. 0,07; 1 × zijde, 4 schijv.
406	6	15000 "	4	24	5000 " " 2 schijven
110	10	25000 "	3,1	31	6500 " " 4 "
106	6	20000 "	3,4	20,4	5900 " " 4 "
B 406	6	9000 "	5	30	4000 " " 2 "
RE 89	5	8000 "	5,4	27	3700 " 0,08; 2 "
Mullard eindlamp	5	5000 "	7,0	35	2860 " 0,10; 2 "
D6 (dubb. rooster)	3,8	12500 "	4,4	16,8	4550 " 0,07; 2 "
B 6	4	10000 "	4,9	19,5	4100 " 0,07; 2 "
D I	2,1	2500 "	10	21	2000 " 0,12; 2 × zijde, 1 schijf
D II	11	45000 "	2,3	25,3	8800 " 0,07; 4 schijven
E	9,5	24000 "	3	28,5	6600 " 0,07; 4 "
Fotos 20 Watt	20	25000 "	3,1	62	6500 " 0,07; 6 "
					geparafineerd
Kristal detector		1000 "	16		1250 " 0,15; 2 × zijde, 1 schijf

De schijfbreedte bij 4 schijven bedraagt 2 m.M., de totale axiale spoellengte dus  $4 \times 2$  (bewikkeld) +  $3 \times 2$  (scheidingslagen) +  $2 \times 2$  (eindvlakken) = 18 m.M. Daar de secundaire spoel steeds deze axiale lengte zal hebben, neme men de primaire even lang, dus wordt de schijfbreedte bij 2 schijven:  $\frac{1}{2} [18 - (2 + 2 \times 2)] = 6$  m.M. en bij 1 schijf (alleen bij laagvac. lamp en kristal):  $18 - 2 \times 2 = 14$  m.M.

Wat de inmiddels verschenen handelsproducten betreft, maakte ik, naast de reeds zoo sterk ingeburgerde P Y E, welke de geringe capaciteit bereikt met smalle wikkeling, kennis met „Transforma Super” en Western Electric, welke op het zelfde beginsel berusten en „Nutmeg”, „General Radio”, „Royal” en „Lissen”, bij welk viertal de capaciteitsonderdrukking is bereikt door laagsgewijze tusschenvoeging van papier. Alle bovengemelde typen kunnen, onder in achtname van wikkelverhouding t. o. v. voorgaande lamp, als kwaliteitstransformatoren worden beschouwd.

## Laagfrequentversterker voor groot geluidsvolume.

Met de ontwikkeling der radiolampen met laag gloeistroomverbruik (ca. 0,25 tot 0,09 Watt) en voor den amateur nog bereikbare plaatsspanningen (ca. 100 Volt) is nu een stadium bereikt, waarbij men een laagfrequent versterker kan samenstellen, die eenerzijds veroorlooft zwakke telefonie (b.v. uit kristal ontvanger verkregen) tot matige luidsprekersterkte op te voeren en anderzijds de krachtige ontvangst van sterke stations met een lampontvanger te brengen op het peil „zeer krachtig door de kamer”.

Hoewel men in beide gevallen met een drielamp-versterker kan volstaan, zal men de lampen en toe te passen negatieve rooster-spanning in beide gevallen anders moeten kiezen om het beste resultaat te verkrijgen. Speciaal het verkrijgen van een sterk eindgeluid vraagt bijzondere aandacht om een vervormingsvrije versterking te behouden.

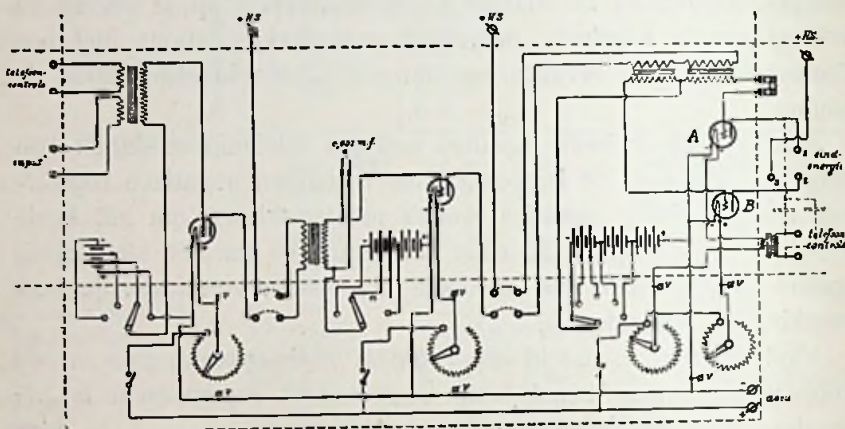
Vast staat m. i., dat in een compact radio-ontvangapparaat de inbouw van meer dan 1 lamp laagfrequent ongewenscht is; de verdere noodige versterking voor luidspreker-weergave is door een afzonderlijken versterker te verkrijgen, welke dan ook zonder meer op ieder ontvangapparaat is aan te sluiten. Van een dergelijken universeelen 3-lampversterker mogen hier onderstaand eenige gegevens volgen.

Teneinde de krachtigste weergave te bereiken van sterke stations moet de laatste trap van den versterker worden uitgevoerd in balans-schakeling en voorzien worden van lampen met zoo groot mogelijke eind-energie. Als zoodanig komen bij 100 Volt plaatspanning b.v. in aanmerking de Philipslampen B 406 en A 404, en de Telefunkenlamp RE 89, welke lampen bij volle belasting elk omstreeks 0,2 Volt-ampère wisselstroom kunnen afgeven, zoodat in balansschakeling ongeveer 0,4 V.-A. beschikbaar komt. Deze energie is voldoende om een kleinen luidspreker over de tafel te doen huppelen en geeft in een flink gebouwden luidspreker voldoende geluid om een klein zaaltje te „vullen”.

Om deze energie evenwel onvervormd te verkrijgen is het noodig de lampen een zoodanige negatieve roosterspanning te geven, dat men in het midden van het rechte gedeelte van de plaatstroom-roosterspanningkarakteristiek werkt zonder positieve rooster-spanningen te verwekken. De hiervoor vereischte negatieve roosterspanning kan verkregen worden door eenvoudige inschakeling



van droge batterijtjes en is regelbaar te maken tusschen ca. 4 en 13 Volt. Wil men den versterker tevens bruikbaar maken voor weergave van zwakke geluiden door 3 lampen met grooter spanningsversterking, dan kan men den „input”-transformator voor den balansversterkertrap vervangen door 2 laagfrequent transformatoren van normale uitvoering, waardoor de schakeling wordt als in bijgaande figuur is weergegeven; dit schema geeft tevens de plaatselijke opstelling in het kastje weer. De stippellijnen vormen



voor balans-schakeling: transformeren aan 1 & 2.  
middenafstakking aan 3  
voor enkele eind-lamp: transformeren aan 4 & 5

de begrenzingslijnen der wanden, zoodat de in het ondervak geëteekende apparaten in den frontwand zijn gemonteerd. Bij gebruik van 3 lampen met ca. 10-voudige spanningsversterking (b.v. type A 410) en voor ontvangst met slechts ééne eindlamp heeft men eenvoudig de eene eindlamp, B uit de fitting te nemen, de middenafstakking van den transformator voor den luidspreker uit de stop 3 te verwijderen en den steker van den bovenbedoelden transformator in 2 en 3 te steken.

Voor zeer krachtige muziek, welke reeds in den eersten transformator de sterkte 6 à 7 heeft, zal de tweede lamp in den versterker reeds eveneens een zeer ruime karakteristiek moeten hebben. Bovendien is het voor het voeden van den balansversterker noodig ook bij deze lamp over voldoende plaatenergie te beschikken. Bij zeer sterke muziek wordt dit dus een lamp, type A 404 of R E 89; bij iets minder sterke muziek b.v. een lamptype A 406 of B 406<sup>1)</sup>. De negatieve roosterspanning in dezen trap is regelbaar te maken tusschen 4 en 8 Volt.

<sup>1)</sup> Wij meenen, dat de B 406 méér dan de A 404 voor zeer sterke muziek in aanmerking komt. Red.

Als eerste lamp is meestal een lamp van het type A 410 nog voldoende ruim. Een regeling van de negatieve roosterspanning van  $1\frac{1}{2}$ — $4\frac{1}{2}$  Volt is in dezen trap toereikend. Sluit men den versterker evenwel aan op een ontvangapparaat, waarin reeds een trap laagfrequent is ingebouwd, dan wordt deze lamp bij sterke muziek reeds „overschreeuwd”.

Voor den bouw van een dergelijken versterker zijn de navolgende voorzorgen in acht te nemen.

*Anodebatterij:* Bij gebruik van de hierboven vermelde miniwattlampen, b.v. A 410, A 406 benevens 2 stuks A 404 is het uit de anodebatterij ontnomen vermogen grooter dan de gevraagde gloeistroom-energie! Voorzien van de juiste negatieve roosterspanningen neemt dit complex nog ca. 13 m.A. op, zoodat men tenminste een 100 Volts complex van goede zaklantaarnbatterijtjes moet nemen om nog een gebruiksduur van 60 tot 80 uur te verkrijgen. Ingegoten anodebatterijen van het normale model hebben te kleine elementen voor deze zware belasting. Wisselstroomvoeding zal hier op den duur de eenige oplossing zijn.

*Gloeistroom:* Men gebruike gloeistroomweerstand van ca. 30 Ohm en heeft dan met de bovengenoemde miniwattlampen tesamen slechts een gloeistroom van 0,24 Amp. noodig. Dit is desnoods met 2 parallel geschakelde ingebouwde zaklantaarnbatterijtjes te verkrijgen voor den duur van ca. 4 uur, wat van nut kan zijn bij demonstraties of in een transportabele installatie.

*Transformatoren:* Hieraan worden bij krachtige muziek zware eischen gesteld, en het is mij gebleken, dat een ijzerkerndoorsnede van tenminste 1,5 c.M<sup>2</sup>. noodzakelijk is. Bij gebruik van een transformator met 0,8 c.M<sup>2</sup>. ijzerdoorsnede b.v. als tweeden transformator kan men de muziek vrij sterk uit de overbelaste ijzerkern hooren klinken; de weergave wordt dan natuurlijk sterk vervormd. Den eersten transformator voorzag ik van een extra-wikkeling voor aansluiting van een telefoon ter controle van den „input”. Bovendien kan men hierop regelbare weerstanden aansluiten ter regeling van de geluidsterkte als deze dreigt het apparaat te overschreeuwen.

*Lampen:* Zooals vermeld, kan men den versterker ook uitrusten met 3 lampen voor ca. 10-voudige spanningsversterking bij aansluiting op een kristal toestel. Bij gebruik van een lamp-ontvanger dient men zich, zooals reeds hierboven werd uiteengezet, terdege rekenschap te geven van de karakteristieken der lampen en men zou feitelijk geen radiolampen moeten verkoopen zonder bijvoeging van de karakteristiek. De versterker is te voorzien van

parallel op de lampen geschakelde meetknopjes om de juiste gloeispanning met een voltmeter van voldoende hoogen weerstand in te stellen. Deze knopjes zijn in de figuur met V gemerkt.

*Montage:* De moeilijkheid bij den samenbouw van een dergelijken versterker in 3 trappen in een gesloten kastje is: het fluiten door terugkoppelingsverschijnselen te voorkomen. Uit den aard der zaak is deze fluitneiging het grootste indien men 3 lampen met groote spanningsversterking gebruikt. Evenwel bleek het mij bij gebruik van de reeds vermelde miniwattlampen, zoowel als bij D II lampen, mogelijk ook bij de ongunstigste omstandigheden (aanraken van de „input” klemmen bij luisteren met telefoon op laatste lamp) den versterker tot rust te brengen als parallel op den tweeden transformator een klein micacondensatortje van 0,002 m.f. werd geschakeld. Voor ontvangst van morsesenen en bij gebruik van lampen met geringer spanningsversterking is een condensatortje van 0,001 m.f. reeds voldoende, doch wenschelijk is het om de grootere capaciteit te kiezen in verband met het feit, dat bij sterke muziek in de anodeketens van de laatste lampen wisselstroomen van ca. 4 m.A. optreden, welke speciaal bij hooge tonen een zeer sterke inductie op de andere stroomkringen veroorzaken. Bouwt men het apparaat iets ruimer (de afmetingen van dit proefapparaat zijn  $33 \times 24$  c.M. bij 13 c.M. hoog) en neemt men transformatoren met onderverdeelde wikkeling, dan zal ook dit hulpmiddel niet eens noodig zijn. Bij toepassing van de balansschakeling voor de beide laatste lampen is de versterker natuurlijk rustiger dan bij gebruik van slechts één eindlamp.

Noodzakelijk is het de draden aan de roosters der lampen zoo kort mogelijk te houden en de opstelling van lampen en transformatoren te kiezen als in het schakelschema is aangegeven. Verbetering is nog te verkrijgen door de beide laatste transformatoren meer naar beneden te verplaatsen; de aangegeven opstelling werd door ruimtegebrek veroorzaakt.

Door in de plaatkringen van de lampen een tweetal stekerbussen op te nemen en hier tegenover twee stekerbussen, aan de primaire zijde van den opvolgenden transformator verbonden, te plaatsen, kan men op eenvoudige wijze alle noodige versterkingscombinaties maken met behulp van 4 doorverbonden stekers en 2 stekers, verbonden door een stukje snoer. Niet alleen kan men de eindenergie zodoende aan de eerste, tweede of derde lamp ontnemen, doch ook de uit het ontvangtoestel verkregen energie kan men, afhankelijk van de sterkte, in den eersten, tweeden of derden trap invoeren. Tenslotte kan men nog van de eerste lamp



direct op de derde overgaan indien bij tusschenschakeling van den tweeden trap de eindlampen overbelast worden.

Men zou nog kunnen meenen, dat ter vereenvoudiging alle batterijen voor negatieve roosterspanning tot ééne te vereenigen zouden zijn. Dit is echter ongewenscht wegens de dan benoedigde lange leidingen en de veroorzaakte terugkoppeling.

Bij gebruik van de balansschakeling voor de eindlampen moet men een output-transformator hebben met middenaftakking; deze is in mijn geval de transformator van den luidspreker. Wil men met de telefoon controleeren of de versterker niet overbelast wordt dan kan men het beste een zeer klein transformator-tje schakelen in den positieven gloeistroomtoevoer van de laatste lamp. Dit transformator-tje kan bestaan uit ca. 20 windingen primair van voldoende dik draad, geschakeld in de positieve gloeistroomleiding, om een ijzerkerntje, en ca. 200 windingen draad van ca. 0,1 m.M. diam. secundair, aangesloten op twee stekerbussen. Indien de capaciteit tusschen het telefoonsnoer en de plaatstroomdraden niet zeer gering is, krijgt men capacatieve inductie in de telefoons, hoorbaar door een sterke geluidsvervorming. Men dient dan de capacatieve inductie tusschen deze geleidingen af te shunten met 2 condensator-tjes als in het schema weergegeven. In dat geval kan men de juiste weergave van een elders opgestelden luidspreker met de telefoons goed volgen, resp. door regeling van de aan den versterker toegevoerde energie overbelasting voorkomen.

Met een dergelijken versterker, afzonderlijk in een kastje gemonteerd, kan men praktisch van elk station, dat met de telefoon boven de storingen uit te hooren is, luidspreker-ontvangst verkrijgen en van elk station, dat een ontvangsterkte 5 heeft, een weergave, welke krachtig door de kamer klinkt. Te Utrecht is b.v. van de uitzending van Hilversum met kristaldetector zeer voldoende weergave door luidspreker mogelijk na 2 lampen, type A 410 en een lamp, type A 406 als eindlamp.

Een paar aansluitklemmen in de roosterleiding van de eindlamp A veroorloven de inschakeling van een roostercondensator voor schrijfontvangst.

Utrecht.

J. M. VERFF.

## Radio-lampen.

Door H. NILLESEN en H. C. VAN DUUREN.

(Vervolg).

We willen nu eens nagaan aan welke eischen een lamp moet voldoen om bij weerstandsversterking een zoo gunstig mogelijk resultaat te leveren. Volgens vergelijking (17) geldt

$$V_e = \frac{S Z_a}{1 + \frac{Z_a}{R_i}}$$

Vervangen we hierin  $Z_a$  door  $R_a$  en maken we gebruik van de betrekking  $k = S R_i$ , dan krijgen we

$$V_e = k \frac{R_a}{R_i + R_a} \dots \dots \dots (34)$$

Deze uitdrukking, waarin de twee lampgrootheden  $k$  en  $R_i$  voorkomen, willen we nu zoo groot mogelijk hebben. Dus  $k$  zoo groot mogelijk.

Wat de grootte van  $R_i$  betreft, deze zou geen invloed hebben indien we de waarde van  $R_a$  willekeurig hoog zouden kunnen opvoeren. De verhooging van  $R_a$  brengt echter bezwaren met zich mee.

*De anode batterij moet, oppervlakkig beschouwd, een buitengewoon hooge spanning hebben.* In onze verdere beschouwingen zullen we zien dat dit zoo'n vaart niet loopt, en bovendien kunnen betrekkelijk hooge anodespanningen tegenwoordig makkelijk geleverd worden met behulp van een electrolytischen of lamp-gelijkrichter. De grootte van de benodigde spanning wordt sterk begrensd wanneer we *een lamp nemen met niet grooter emissie dan strikt noodzakelijk is.* Dat dit dan een zéér kleine verzadigingsstroom beteekent, hangt samen met de vervlakking van de karakteristiek door de koppelingsweerstand.

Indien we  $R_a$  dus willekeurig hoog konden opvoeren zou *alléén*  $k$  een maat zijn voor de geschiktheid van een lamp als weerstandsversterker. Echter een *buitengewoon* hooge waarde van  $R_a$  voert inderdaad tot een anodebatterij met hooge spanning. We krijgen zodoende twee voorwaarden: groote  $k$ , en  $R_i$  liefst niet zeer groot.

In het kort samenvattend krijgen we dus voor een lamp die moet dienen in een weerstandsversterker, de eischen: *kleine verzadigingsstroom en groote spanningsversterking, terwijl de karakteristiek bij een matige plaatspanning (ca. 80 Volt) reeds links van de  $I_a$ -as moet liggen.*



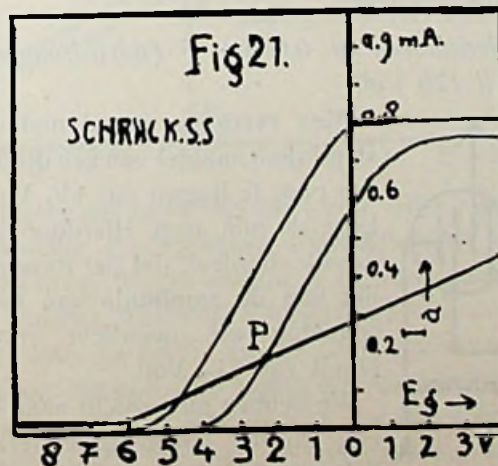
Hieraan lijkt ons bij uitstek te voldoen het reeds meer genoemde Schrack-lampje type S.S. Van Nederlandsch fabrikaat is ons geen lampje bekend, dat voor ons doel zoo gunstig is.

We willen hiermee een versterker ontwerpen, met 2 voor-lampen en een eindlamp (b.v. een B 406). Schema fig. 15. We gaan er hierbij van uit, dat de eindlamp op het rooster een wisselspanning kan verdragen met een topwaarde van 10 Volt. We hebben hierbij op 't oog de B 406 van Philips, die toch kan worden aangezien als een lamp, die voor de tegenwoordig meest gebruikelijke typen van luidsprekers, voldoende energie geeft. Hierbij dient in aanmerking genomen te worden dat de lamp meer wisselspanning op het rooster kan verdragen dan men zonder meer uit de „kortsluit” karakteristiek zou afleiden. Immers er zal een aanmerkelijke vervlakking van de karakteristiek optreden door de uitwendige impedantie (luidspreker). Op dit, opzichzelf zeer belangrijke onderwerp, hopen we in ons vervolg nog wat nader terug te komen. Thans zij volstaan met de vermelding van het feit.

Nemen we nu aan, dat de voorlaatste lamp 10 maal versterkt, dan krijgt die lamp dus maximaal op het rooster een spanning van 1 Volt. We komen dus tot een negatieve roosterspanning van ca. 1.5 Volt (een celletje uit een zaklantaarnbatterijtje) omdat we kunnen aannemen, dat bij 0.5 Volt negatieve roosterspanning de roosterstroom een alleszins te verwaarloozen grootte krijgt.

*'t Blijkt hieruit, dat we bij weerstandsversterking van geen enkele bestaande lamp de geheele karakteristiek noodig hebben.*

Onderstellen we verder een spanningsbatterij ter beschikking te hebben van 120 Volt.



Beschouwen we nu de karakteristiek van fig. 11, die we hier nog eens, wat uitgebreid, overteekenen (fig. 21).

Aan de hand van de gegeven theorie (zie fig. 10 en omgeving) valt het niet lastig, na te gaan wat er geschiedt bij inschakelen van een weerstand. In fig. 21 zijn de karakteristieken geteekend met en zonder weerstand. Zooals we zien snijden deze elkaar in het punt P. De karakteristiek is a. h. w. om dit punt gedraaid. Bij de gegeven batterijspanning kunnen we nu den weerstand uitrekenen als volgt: De plaatstroom in punt P bedraagt 0.2 m.A, terwijl zonder weerstand, de plaatspanning 74 Volt bedraagt. Op den weerstand kan dus een spanning komen van  $120 \text{ V.} - 74 \text{ V.} = 46 \text{ Volt}$ . Dit komt bij 0.2 m.A. overeen met een weerstand van

$$\frac{46.000}{0.2} = 230.000 \Omega.$$

Dus

$$V_e = k \frac{R_a}{R_a + R_i} = 14,5 \frac{230.000}{230.000 + 80.000}$$

$$V_e = 10,7.$$

We zien, dat deze versterking niet onder behoeft te doen voor die, van een versterker met transformator-koppeling (voor telefonie namelijk) terwijl men tegenwoordig 120 Volt niet met den naam ongeoorde batterijspanning kan bestempelen.

Samenvattend komen we dus tot het volgende *ontwerp*. *Schema fig. 15. Twee eerste lampen Schrack S.S. Laatste lamp Philips B 406. Roostergelijkspanning der eerste lampen ca. 1.5 Volt. Laatste lamp ca. 8 Volt.*

*Koppelweerstand 230.000  $\Omega$ .*

*Lekweerstand c.a. 2 megohm.*

*Roostercondensatoren ca. 0.005  $\mu$  F (mica-isolatie).*

*Anodebatterij 120 Volt.*

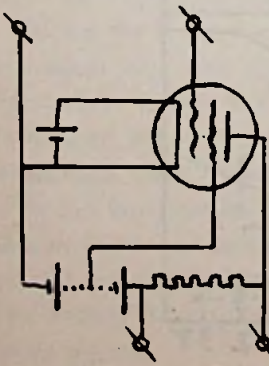


Fig. 22.

Men verzuime vooral niet den lekweerstand door middel van een droog celletje aan een punt te leggen dat  $1\frac{1}{2}$  Volt negatief is t.o.v. de min accu. Hierdoor heeft men het groote voordeel, dat het rooster onafhankelijk van de amplitudo van de opgedrukte spanning een negatieve roosterspanning houdt van  $1\frac{1}{2}$  Volt.

We hebben nu gezocht naar een lamp met nog grooter spanningsversterking dan de Schrack S.S. Dit doel kan men bereiken

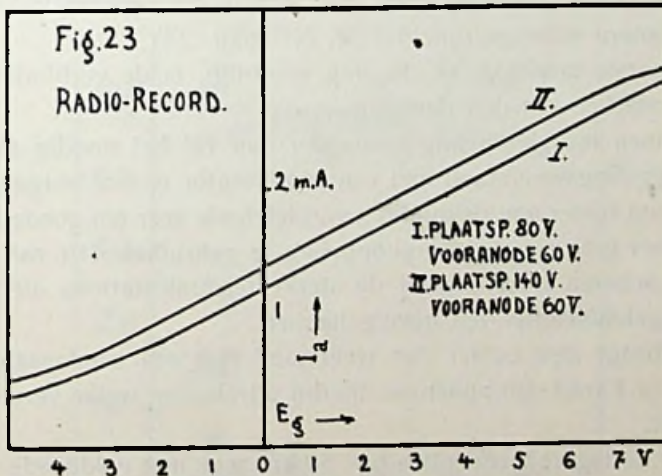
met iedere dubbelroosterlamp, als we deze schakelen als fig. 22. Zooals we zien is het rooster dat in de gewone schakeling voorrooster is, nu stuurrooster geworden, terwijl het andere rooster aan een punt van de Hgsp. batterij ligt ( $\pm 60$  Volt). Dit rooster kunnen we dus noemen vooranode. In „R. N.” vindt men hierover een en ander in een artikel van Ir. A. H. de Voogt (1 April 1921).

Volgens Schottky wordt bij deze schakeling de spanningsversterking ongeveer gelijk aan het product van de reciproke waarden van de „durchgriff van anode door vooranode en van de vooranode door het stuurrooster. Dus feitelijk het product van 2 spanningsversterkingen.

Het groote nadeel van deze schakeling is echter zooals blijken zal de *enorm* hooge inwendige weerstand.

Metingen aan een Radio Record dubbelroosterlamp hebben de geteekende karakteristieken als resultaat opgeleverd waaruit volgt een  $k = 80$  (tachtig) maar een zeer hooge  $R_i = 430.000 \Omega$  (fig. 23).

Men kan dus op deze manier een *enorme* groote versterking krijgen echter ten koste van zeer hooge batterij spanning.



Hiertegenover staat weer, dat men voor deze plaatspanning wel tamelijk gebrekkig gelijkgerichte wisselspanning kan gebruiken, omdat door de hooge  $R_i$  een variatie in de plaatspanning bijna geen verandering van den plaatstroom tengevolge heeft.

Stellen we weer als eisch, dat de lamp een wisselspanning van max. 1 Volt kan hebben, dan komen we op dezelfde manier rekenende als hiervoor bij de Schrack S. S. tot het volgende resultaat. (Bij de aanname van 1 Volt, zijn we erg aan den ruimen kant).



Bij 200 Volt batterij spanning 17.5  $\times$  versterkt.

Bij 300 Volt batterij spanning 27  $\times$  versterkt.

Bij 400 Volt batterij spanning 34  $\times$  versterkt.

Zooals we zien dus *zeer groote* versterking bij *z  r* hooge spanning. De isolatie van het toestel moet echter aan *z  r* hooge eischen voldoen.

Hoewel in dit verband niet passende, zij alvast opgemerkt, dat een andere toepassing van de schakeling het z.g. Schema-Koomans is. Immers hier zal bij toepassing van een terugkoppeling aan het rooster van de detector lamp een spanning optreden van  $k \times$  opgedrukte spanning (zie art. Ir. Huydts „R. N.” pag. 26).

Hier krijgen we dus de volle spanningsversterking terwijl bovendien de hooge plaatspanning vervalt. 60 Volt vooranode, 100 Volt op de plaat bleek ruim voldoende te zijn.

Nog 2 voordeelen zijn er verder aan deze schakeling verbonden:

1e. capaciteit rooster-plaat is zeer klein, immers bijna alle krachtlijnen uitgaande van de plaat eindigen op de vooranode (Het was juist deze cap. die veel invloed uitoefent op de genereer-geneigdheid van de schakeling);

2e. Door de hooge  $R_1$  krijgt men een mooie resonantie-kromme dus grootere storingsvrijheid („R. N.” pag. 24).

De laatste moeilijkheid, die nog overblijft, is de verbinding van den versterker aan den detector.

Wil men terugkoppeling toepassen dan zal het noodig zijn om den koppelingsweerstand met een condensator te overbruggen.

Het zou echter aan de qualiteit van telefonie zeer ten goede komen om in het geheel geen terugkoppeling te gebruiken. Dit zal vooral bij het schema Koomans bij de sterke telefoniestations niet zoo'n enorm geluidsverlies ten gevolg hebben.

Overbrugt men echter den weerstand met een condensator van  $1100 \mu \mu$  Farad dan zullen we hierbij uitrekenen, welke vervorming optreedt.

Voor de lagere frequenties b.v. 50 kan men met voldoende nauwkeurigheid rekenen alsof geen condensator aanwezig is.

De versterking  $V_e$  wordt dus:

$$V_e = \frac{k R_a}{R_1 + R_a}$$

Voor frequentie 50.

Voor de frequentie 5000 is er een impedantie in de keten, gevormd door een ohmschen weerstand waaraan parallel een capaciteit.

De impedantie  $Z_a$  wordt:

$$Z_a = \frac{-R_a \frac{j}{\omega c}}{R_a - \frac{j}{\omega c}} = \frac{\frac{R_a}{\omega^2 c^2} - j \frac{R_a^2}{\omega c}}{R_a^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}} \dots \dots \dots (35)$$

dus de versterking

$$V_e = \frac{k \frac{R_a}{\omega c} \sqrt{R_a^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2}}}{\sqrt{\left\{ \frac{R_a}{\omega^2 c^2} + R_i \left( R_a^2 + \frac{1}{\omega^2 c^2} \right) \right\}^2 + \frac{R_a^4}{\omega^2 c^2}}} \dots \dots \dots (36)$$

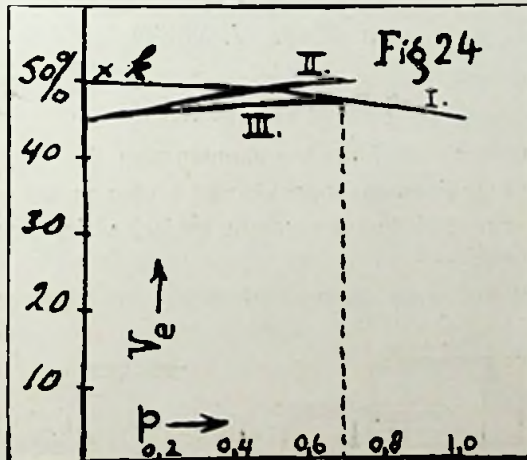
Nemen we b.v.  $R_i = R_a$  en noemen we  $R_i \omega c = p$  dan krijgen we:

$$V_e = \frac{k \sqrt{1 + p^2}}{\sqrt{p^4 + 5 p^2 + 4}} \dots \dots \dots (37)$$

voor  $R_a = 2 R_i$  wordt:

$$V_e = \frac{k \sqrt{4 + 16 p^2}}{\sqrt{16 p^4 + 40 p^2 + 9}} \dots \dots \dots (38)$$

$V_e$  als functie van  $p$  geeft fig. 24 I voor  $R_a = R_i$ ; dit geeft



meten  $V_e$  als functie van de frequentie, immers  $\omega$  is de eenige variabele in  $R_i \omega c$ .

$R_a = 2 R_i$ , geeft een kromme die sterker daalt met toenemende  $\omega$  ( $p$ ) en is dus minder verkieselijk.

Nemen we  $R_i = 20000$  en  $c = 1100 \mu \mu$  Farad dan wordt  $R_i \omega c$  voor frequentie 5000 gelijk aan 0.69 en de vervorming in het beschouwde frequentie gebied = 6 %.

De *hoogere frequenties* worden hier in tegenstelling met wat in den versterker geschiedt *minder versterkt*. Het verdient dus aanbe-

veling om in den versterker b.v. een vervorming van 10 % toe te laten (fig. 24 II), de totale versterking als functie van de frequentie wordt dan als in fig. 24 III, en de totale vervorming slechts 4 %. Het spreekt vanzelf dat hier alleen de vervorming van den versterker in aanmerking is genomen en niet ook zijn versterking.

Hierbij dient nog opgemerkt te worden dat de plaatspanning van de detectorlamp *niet* verhoogd behoeft te worden bij inschakelen van een weerstand in den anodekring.

*Samenvattend zien we dus dat met weerstandkoppeling een versterker is samen te stellen die een goede versterking geeft met minimale vervorming en in het geheel geen abnormaal hooge plaatspanning.*

Bij de beproeving moet echter niet uit het oog verloren worden dat deze versterker eigenlijk veel te goed is voor de meeste luidsprekers, terwijl bovendien de detectorlamp vooral met terugkoppeling een behoorlijke portie vervorming voor haar rekening neemt.

(Wordt vervolgd).

## Het radiostation Kootwijk.

Door Ir. E. F. W. VÖLTER.

(Vervolg van blz. 179).

Wij zijn thans aan het einde gekomen van de beschrijving der laagfrequente machines en apparaten en zullen nu tot eene nadere beschouwing van het hoogfrequente gedeelte der zendinstallatie overgaan.

Met den hierboven beschreven 800 P.K. draaistroommotor is —

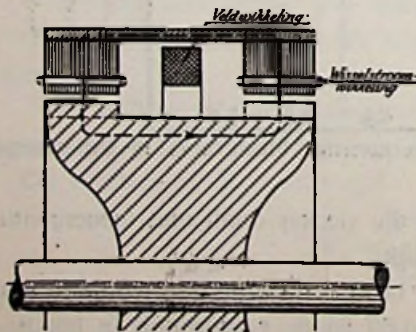


Fig. 15

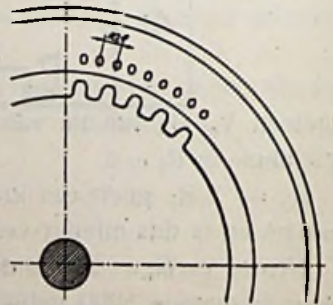


Fig. 16

zoals reeds medegedeeld — direct gekoppeld een eenfazigen wisselstroomgenerator van 6000 perioden.



Deze generator is van het zoogenaamde inductor-gelijkpool-type, d.w.z. op den rotor bevindt zich geen enkele wikkeling; terwijl alle gelijknamige polen zich aan eene zijde van de machine bevinden (zie doorsnede, fig. 15).

De generator is gebouwd voor 400 k. V. A. continu bij maximaal 800 Volt klemspanning en 220 Volt gelijkstroombekrachtiging.

De rotor bestaat uit een massief gietstalen cylinder (7 ton), met ingefraiseerde gleuven.

De stator is samengesteld uit 2 ringpakketten van dun ijzerblik, waarin gleuven zijn geponst, welke de wisselstroomwikkeling bevatten. Het aantal gleuven in den stator is het dubbele van het aantal tanden in den rotor (zie fig. 16).

Tusschen deze ringen bevindt zich de gelijkstroomwikkeling voor opwekking van het magnetisch veld. De weerstand van deze veldwikkeling is bij 20° C. = 61 Ohm; de normale bekrachtigingsstroom 2.2 A.

Het aantal omwentelingen bedraagt normaal 1500, het aantal tanden op den rotor 240; dientengevolge is het aantal

$$\text{per.} = \frac{p \times n}{60} = \frac{240 \times 1500}{60} = 6000.$$

De rotordiameter bedraagt 1.65 M. de omtreksnelheid 130 M/sec., de poolsteek  $\frac{\pi d}{2 p} = \frac{\pi \times 1650}{480} = 10.8 \text{ m/m.}$  en de luchtspleet 1.45 m/m.

In de statorblikken boven de gleuven zijn buisserpentes aangebracht voor waterkoeling. Bovendien zijn op den rotor 2 ventilatoren ingebouwd, welke versche lucht langs een kanaal in de fundering aanzuigen en door een tweede kanaal in de buitenlucht persen, evenals dít bij snelloopende turbogeneratoren geschiedt.

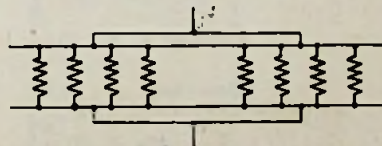


Fig. 17

Ook de lagers van den generator worden door middel van water gekoeld.

Iedere helft van den stator bestaat uit 4 wikkelingen, welke alle parallel geschakeld zijn; evenzoo de beide helften (zie fig. 17).

Dit is gedaan ten einde met eene kleine bedrijfsspanning te kunnen werken.

Ten gevolge van de 8-voudige parallel-schakeling der statorwikkelingen bedraagt de geïnduceerde E. M. K. bij volle bekrachtiging slechts 450 Volt. (nullast spanning).

De generator kan daarbij een stroom leveren van 1200 Amp. bij welke stroomsterkte een temperatuur van  $35^\circ$  boven de omgeving niet overschreden wordt.

Uit het feit dat deze stroomsterkte zonder bezwaar toelaatbaar is, blijkt, dat het opgegeven vermogen van den generator (400 k. V. A.) wel zeer aan den lagen kant is genomen.

In vergelijking met normale 50 per. machines treedt bij derge-

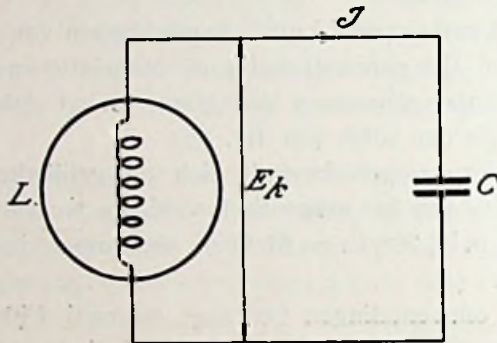


Fig. 18

lijke hoogfrequentie-generatoren een groot verschil naar voren. Bij deze laatste n.l. zal tengevolge van de zelfinductie en het hoge periodental, bij constante bekrachtiging, de klemspanning, — indien de bijbehorende kringen in resonantie met de machiefrequentie zijn — bij toenemende belasting stijgen.

Bedraagt de nullast-spanning 450 Volt, de zelfinductie der ma-

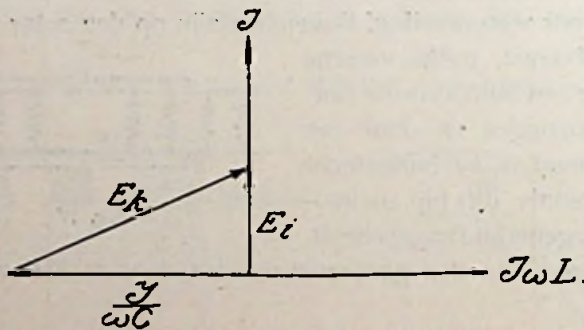


Fig. 19

chine zooals in ons geval 19800 cm. en de belasting 1200 Amp. dan bedraagt de inductantie-spanning, welke  $90^\circ$  bij de geïnduceerde E. M. K. nadjt  $E = I \omega L = 1200 \times 2 \pi \times 6000 \times 19800 \times 10^{-9} = 895$  Volt en dus de klemspanning

$$\sqrt{450^2 + 895^2} = \sim 1000 \text{ Volt.}$$

Om dit te bereiken moet de machine capaciteef belast zijn, (zie schema 18).  
 en de capaciteeve spanning gelijk aan de inductantie spanning  
 of  $I \omega L = \frac{I}{\omega C}$  zijn.

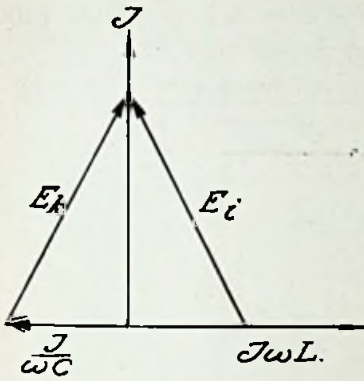


Fig. 20

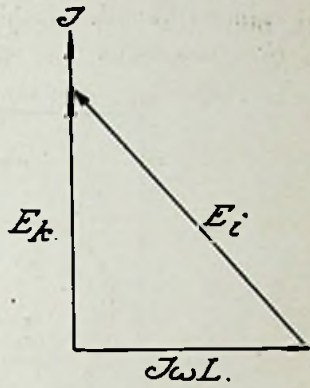


Fig. 21

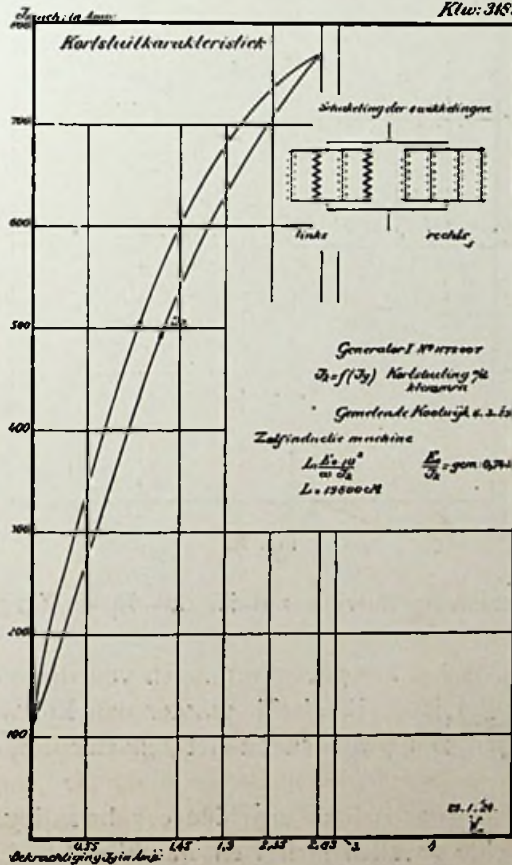


Fig. 22



Dan is de electromotorische kracht  $E_i = I R$  en het door den generator afgegeven nuttig vermogen  $= E_i I$ .

Hierbij zijn dus stroom en E. M. K. in fase (zie fig. 19), terwijl de klemspanning grooter dan de E. M. K. is.

De ijzerverliezen zijn in dit geval een minimum en dus is het rendement van de machines een maximum.

Men kan echter den generator ook zoodanig belasten, dat de

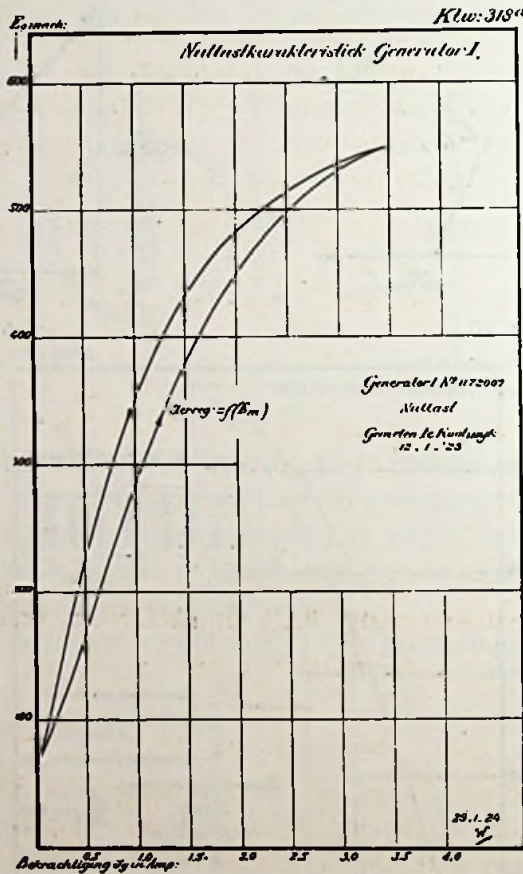


Fig. 23

uitwendige fazenverschuiving nul is, dus  $E_k$  in fase met  $I$  (zie fig. 20).

In dit geval is het afgegeven vermogen van den generator een maximum; echter is de  $E_i$  hierbij grooter dan  $E_k$ , waardoor dus de ijzerverliezen zijn gestegen en het rendement niet meer een maximum is.

Men geeft nu practisch de machine een belasting, welke tuschen deze beide gevallen in ligt en waarbij  $E_i = E_k$ . Men ver-

mijdt dan tevens eene tusschen nul- en vollast wisselende spanning (zie fig. 21).

Hierbij is dus  $E_i = E_k = \sqrt{I^2 \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2 + I^2 R^2}$  en  $\omega L = \frac{2}{\omega C}$ , terwijl stroom en E. M. K. niet meer in fase zijn.

De zelfinductie van den generator was aangenomen 19800 c.M. te bedragen.

Deze waarde is uit de nullast- en kortsluit-kromme berekend.

Hiervoor zijn opgenomen de generatorstroom bij kortsluiting van de machine als functie van den bekrachtigingsstroom  $I_k = f(I_g)$  en de generator-spanning bij nullast eveneens als functie van den bekrachtigingsstroom. (Zie fig. 22 en 23).

Bij kortsluiting is  $E_0 = I_k \omega L$  of  $L = \frac{E_0}{I_k \omega}$ . De factor  $\frac{E_0}{I_k}$  blijkt gemiddeld 0.743 te bedragen en dus  $L = \frac{E_0 10^9}{I_k 2 \pi} \times 6000$  c.M. = 19800 c.M.

Het nullastverbruik van het omvormer-aggregaat bedraagt zonder bekrachtiging van den generator 62.4 K.W. met bekrachtiging 82 K.W., zoodat het ijzerverlies van den generator 20 K.W. bedraagt.

(Wordt vervolgd.)

## Geluidsvervorming van draadloze telefonie.

Door Dr. A. KOERTS.

(Vervolg van pag. 165.)

**Niet lineaire vervorming.** Hiermede is het geheel anders gesteld dan met lineaire vervorming. Is eenmaal niet lineaire vervorming aanwezig in een mate, die de overgebrachte muziek ongenietbaar maakt, dan is er practisch althans, zéér waarschijnlijk niets of zoo goed als niets meer aan te doen. Ik zeg zéér waarschijnlijk, want wij zullen aanstonds zien, dat in theorie ook tegen niet lineaire vervorming nog wel *iets* te doen zou zijn. Reeds is gezegd, dat het essentieele kenmerk van de niet lineaire vervorming bestaat in het optreden van tonen, die in het oorspronkelijke geluid niet voorkomen. Hoe dit mogelijk is, zullen wij aan de hand van een eenvoudig voorbeeld toelichten.

De plaatstroom  $i_p$  van een lamp kan worden voorgesteld als

functie van de roosterspanning  $v_r$  en de plaatspanning  $v_p$  door een vergelijking van den volgenden vorm:

$$i_p = a_0 + a_1 v_r + a_2 v_p + a_{11} v_r^2 + 2 a_{12} v_r v_p + a_{22} v_p^2 + \dots \quad (3).$$

In het algemeen toch zal de plaatstroom  $i_p$  afhangen van de roosterspanning  $v_r$  en de plaatspanning  $v_p$  hetgeen mathematisch wordt uitgedrukt door

$$i_p = f(v_r, v_p).$$

Voor een beperkt gebied van waarden van  $v_r$  en  $v_p$  ter weerszijden van twee willekeurig gekozen waarden kan men het verband tusschen  $i_p$ ,  $v_r$  en  $v_p$  steeds bij benadering door de bovenstaande uitdrukking (3) weergeven.

Daar het ons slechts om het beginsel te doen is, zullen wij aannemen, dat in den plaatkring alleen een constante  $E M K$  is opgenomen, zoodat indien deze  $E M K$  gelijk aan  $E_0$  is,  $v_p = E_0$  en dus

$$i_p = A_0 + A_1 v_r + A_2 v_r^2 + A_3 v_r^3 + \dots$$

Is nu

$$v_r = K \cos p t$$

dan is

$$\begin{aligned} i_p &= A_0 + A_1 K \cos p t + A_2 K \cos^2 p t + A_3 K^3 \cos^3 p t + \dots \\ &= A_0 + \frac{1}{2} A_2 K^2 + (A_1 K + \frac{3}{8} A_3 K^3) \cos p t + \frac{1}{2} A_2 K^2 \sin 2 p t + \frac{1}{8} A_3 K^3 \cos 3 p t, \end{aligned}$$

indien wij hoogere dan de 3e macht van  $v_r$  verwaarloozen.

Behalve de oorspronkelijke frequentie  $p$  zien wij dus optreden harmonischen, waarvan de amplituden toenemen met de met hun rangcijfers overeenstemmende macht van de amplitude der oorspronkelijk aangelegde spanning. Hier krijgen wij dus het overgaan van een zuiveren toon in een klank, waardoor het timbre van het geluid, of wel de „kleur” veranderen kan.

$$\text{Is } v_r = K \cos p t + L \cos q t$$

dan wordt

$$\begin{aligned} i_p &= A_0 + A_1 (K \cos p t + L \cos q t) \\ &+ A_2 (K \cos p t + L \cos q t)^2 + \dots \end{aligned}$$

en dus, indien wij weer 4de en hogere machten verwaarloozen:

$$\begin{aligned} i_p &= A_0 + \frac{1}{2} A_2 K^2 + \frac{1}{2} A_2 L^2 \\ &+ (A_1 K + \frac{3}{8} A_3 K^3) \cos p t + \frac{1}{2} A_2 K^2 \sin 2 p t + \frac{1}{8} A_3 K^3 \cos 3 p t \\ &+ (A_1 L + \frac{3}{8} A_3 L^3) \cos q t + \frac{1}{2} A_2 L^2 \sin 2 q t + \frac{1}{8} A_3 L^3 \cos 3 q t \\ &+ A_2 K L \cos (p - q) t + A_2 K L \cos (p + q) t \\ &+ \frac{3}{4} A_3 K^2 L \cos (2 p + q) t + \frac{3}{4} A_3 K^2 L \cos (2 p - q) t \\ &+ \frac{3}{4} A_3 K L^2 \cos (p + 2 q) t + \frac{3}{4} A_3 K L^2 \cos (2 q - p) t \\ &+ \frac{3}{2} A_3 K^2 L \cos q t + \frac{3}{2} A_3 K L^2 \cos p t \dots \quad (4) \end{aligned}$$



Wij zien dus, behalve een aantal harmonischen, ook nog optreden de frequenties van het type  $m p + n q$ . Wij zien echter tevens, dat de amplituden dezer trillingen, die men in overeenstemming met de in de geluidsleer gebruikelijke benaming „combinatietonen” gevoegelijk „combinatietrillingen” kan noemen, evenredig is met  $K^m L^n$ , waarbij  $m$  en  $n$  beide steeds positief moeten worden genomen.

Hieruit volgt onmiddellijk, dat de sterkte dezer combinatietrillingen des te kleiner is naarmate de amplitude der oorspronkelijke trillingen kleiner is, en alleen wanneer men de relatieve sterkte dezer combinatietrillingen zeer gering houdt, zal men de in den aanhef genoemde ideale overbrenging kunnen benaderen.

Men kan dit, gelijk thans uit de theorie blijkt, en zooals de praktijk ook ten volle bevestigt, slechts bereiken door van de verschillende toestellen, die bij de overbrenging een functie vervullen, niet te veel te vergen. Dit geldt zoowel voor de ontvangers als voor de zenders. Is de zender eenmaal overbelast, d.w.z. is bijv. de modulatie te sterk, dan is het practisch onmogelijk dit gebrek door de ontvangst weer op te heffen. Aan den anderen kant is het echter zeer eenvoudig van een goeden zender slechte telefonie te ontvangen door van den ontvanger een te groote geluidsterkte te eischen.

Behalve in de lampen, zoowel van den zender als den ontvanger, kan niet-lineaire vervorming ontstaan in de membranen van de gebruikte microfonen en telefonen of luidsprekers, en eventueel ook nog in den hoorn der luidsprekers, daar ook in de exacte vergelijkingen voor de beweging der lucht andere dan lineaire termen voorkomen.

Combinatietrillingen kunnen namelijk in het algemeen optreden bij trillende lichamen, indien de uitwijkingen uit den evenwichtsstand niet evenredig zijn met de kracht die de uitwijking veroorzaakt, maar op andere wijze daarvan afhangen.

Denken wij ons bijvoorbeeld een membraan van een telefoon, dat aan den rand is vast geklemd. Verwaarloozen wij den invloed der zwaartekracht, dan zal een zéér kleine kracht loodrecht op het vlak van het membraan en aangrijpende in het middelpunt een verplaatsing van dit middelpunt in de richting der kracht tengevolge hebben. Is de kracht zeer klein, dan zal bij verdubbeling de uitwijking eveneens tweemaal zoo groot worden, doch dit is niet langer het geval indien de krachten steeds grooter worden. Noemen wij de uitwijking van het middelpunt uit den evenwichtsstand  $x$  (fig. 3), dan zal de kracht  $K$ , noo-

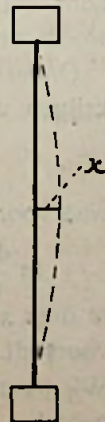


Fig. 3

dig om deze uitwijking te veroorzaken voorgesteld kunnen worden door een uitdrukking van den volgenden aard:

$$K = a_1 x + a_3 x^3 + a_5 x^5 \dots \dots (5)$$

Wij hebben alleen oneven machten aangenomen omdat bij omkeering van de richting der uitwijking de zelfde kracht een zelfde uitwijking moet veroorzaken.

De uitdrukking (5) is tevens de voorwaarde voor statisch evenwicht.

Denken wij ons de geheele massa in het middelpunt geconcentreerd en aangeduid met  $m$ , dan krijgen wij, onder toepassing van den regel: kracht = massa  $\times$  versnelling

$$K - a_1 x - a_3 x^3 - a_5 x^5 \dots \dots = m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2},$$

daar het linkerlid de resulterende kracht voorstelt, die op de massa werkt, en  $\frac{d^2 x}{dt^2}$  de versnelling is van het middelpunt. Willen wij den weerstand, dien het membraan in de lucht ondervindt, nog in rekening brengen, dan moeten wij, daar deze een tegenwerkende kracht levert, die evenredig is met de snelheid, schrijven:

$$K - a_1 x - a_3 x^3 - a_5 x^5 \dots \dots - f \frac{dx}{dt} = m \frac{d^2 x}{dt^2},$$

of

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + a_1 x + a_3 x^3 + a_5 x^5 \dots \dots = K,$$

waarmede de bewegingsvergelijking van het membraan gevonden is.

Bij een telefoon membraan bestaat de uitwendige kracht  $K$  uit twee deelen, een constant gedeelte  $K_0$ , dat veroorzaakt wordt door het permanente veld, en een veranderlijk gedeelte  $K_1$ , veroorzaakt door het wisselveld, dat op het permanente veld gesuperponeerd wordt door de spreekstroomen.

Onder verwaarloozing van hoogere machten dan de 3de, krijgen wij

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + a_1 x + a_3 x^3 = K_0 + K_1,$$

waarvoor ook geschreven kan worden

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + a_1 x + a_3 x^3 - a_1 x_0 - a_3 x_0^3 = K^1,$$

in dien  $x_0$  de door de constante kracht  $K_0$  veroorzaakte uitwijking voorstelt.

Wij voeren  $x - x_0 = X$  in als nieuwe veranderlijke en krijgen dan

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + f \frac{dX}{dt} + a_1 x + 3 a_3 x_0^2 X + 3 a_3 x_0 X^2 + a_3 X^3 = K_1.$$

In het algemeen zal de constante kracht  $K_0$  vele malen grooter zijn dan de variabele  $K_1$  en dus  $x_0$  ook veel grooter dan  $X$ , zoodat ten slotte:

$$m \frac{d^2 X}{dt^2} + f \frac{dX}{dt} + (a_1 + 3 a_3 x_0^2) X + 3 a_3 x_0 X^2 = K_1.$$

Een exacte oplossing van deze vergelijking is zeer moeilijk te verkrijgen, maar een benaderende oplossing, die voor ons geval voldoende is, kan betrekkelijk eenvoudig worden gevonden door den term  $3 a_3 x_0 X^2$  eerst te verwaarloozen en de vergelijking te behandelen als lineaire vergelijking. De oplossing zij  $X_1$ . Door integratie van de vergelijking

$$m \frac{d^2 X_2}{dt^2} + f \frac{dX_2}{dt} + (a_1 + 3 a_3 x_0^2) X_2 = -3 a_3 x_0 X_1^2,$$

vinden wij dan de grootheid  $X_2$ , die bij  $X_1$  gevoegd,  $X$  levert ( $X = X_1 + X_2$ ).

Voeren wij deze berekening uit voor  $K_1 = K \sin p t + L \sin q t$  dan vinden wij indien wij ter afkorting stellen:

$$a_1 + 3 a_3 x_0^2 = a$$

$$3 a_3 x_0 = b$$

$$X_1 = \frac{-K}{m \sqrt{\left(\frac{a}{m} - p^2\right)^2 + p^2 \frac{f^2}{m^2}}} \sin(p t - \varphi) + \frac{-L}{m \sqrt{\left(\frac{a}{m} - q^2\right)^2 + q^2 \frac{f^2}{m^2}}} \sin(q t - \psi)$$

waarbij

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{p f}{m \left(\frac{a}{m} - p^2\right)}, \quad \operatorname{tg} \psi = \frac{q f}{m \left(\frac{a}{m} - q^2\right)}$$

of in eenvoudiger vorm geschreven:

$$X_1 = P_p \sin(p t - \varphi) + P_q \sin(q t - \psi),$$

wanneer

$$P_p = \frac{-K}{m \sqrt{\left(\frac{a}{m} - p^2\right)^2 + \frac{p^2 f^2}{m^2}}} = \frac{-K}{z(p)},$$

$$P_q = \frac{-L}{m \sqrt{\left(\frac{a}{m} - q^2\right)^2 + \frac{q^2 f^2}{m^2}}} = \frac{-L}{z(q)}.$$



Door deze uitdrukking voor  $X_1$  te substitueeren in de vergelijking voor  $X_2$  en dan te integreeren krijgen wij ten slotte:

$$X = X_1 + X_2 = P_p \sin(pt - \varphi) + P_q \sin(qt - \psi) \\ \frac{b}{2a} (\mathcal{J}_p^2 + \mathcal{J}_q^2) + \frac{b P_p^2}{2z(p)} \cos(2pt - \varphi^1) + \frac{b P_q^2}{2z(q)} \cos(2qt - \psi_1) \\ + \frac{b P_p P_q}{z(p-q)} \cos\{(p-q)t - \varphi_2\} + \frac{b P_p P_q}{z(p+q)} \cos\{(p+q)t - \psi_2\}$$

waarin  $\varphi_1$ ,  $\psi_1$ ,  $\varphi_2$  en  $\psi_2$  phase-hoeken zijn, die niet nader berekend zijn.

Men kan, zoo men wil, de toegepaste methode van benadering nog verder voortzetten en zoo combinatietonen van hoogere orde vinden, maar wij zullen het hier maar bij laten, daar het typa van de reeks van combinatietonen, die men moet krijgen reeds duidelijk is.

Men ziet, dat, zoolang de uitwendige krachten gering zijn, de combinatietonen van de eerste orde ( $p - q$  en  $p + q$ ) zwak zijn. Die van de tweede orde ( $2p - q$ ,  $2p + q$  enz.) hebben wij niet berekend, maar men kan zich, indien men de moeite er voor over heeft, overtuigen dat de amplitude wat haar orde van grootte betreft, bepaald wordt door den factor  $P_p^2 P_q$ , resp.  $P_p P_q^2$  enz. enz. en dus evenredig is met  $K^2 L$  resp.  $K L^2$ . Bij relatief geringe waarden van  $K$  en  $L$  neemt dus de sterkte der verschillende combinatietonen, en ook van de opgewekte harmonischen snel af als de orde toeneemt. Ter vermindering van niet-lineaire vervorming is dus relatief geringe belasting der toestellen geboden. De gevonden uitdrukking is van volkomen het zelfde type als de eerder gevondene (4).

### Beperking der niet-lineaire vervorming.

De zekerste methode om de niet-lineaire vervorming beneden dragelijke sterkte te houden, bestaat, gelijk zooeven gebleken is, hierin, dat zoowel op het ontvangstation als op het zendstation de belasting der verschillende aan de overbrenging deelnemende apparaten niet te hoog wordt genomen. Voor lampen wil dit zeggen, dat wij alleen moeten werken in het rechte gedeelte der karakteristiek. Daar is namelijk de verandering van den anodestroom een lineaire functie van de roosterspanning en niet-lineaire vervorming kan daarbij niet optreden. De praktijk heeft dit reeds lang ingezien, en het is niet onbekend, dat met een lamp met een lang recht gedeelte in de karakteristiek uitstekende resultaten kunnen worden verkregen.

Maar er is nog een andere omstandigheid, die ook voor membranen van bijzonder belang is.

Beschouwen wij de uitdrukking (4) eens nader, dan zien wij, dat de sterkste combinatie-trillingen, de verschil- en de somtrillingen, afhankelijk zijn van den coëfficiënt van  $v_r^2$  in de uitdrukking (3).

Zou deze coëfficiënt nul zijn, dan zou de sterkste combinatie-trilling niet optreden. Het nul worden van  $A_2$  beteekent echter niets anders dan dat de verandering, door een positieve verandering van 0 tot  $v_r$ , in den anode stroom veroorzaakt, even groot is als de verandering door een even groote negatieve verandering. M. a. w. de karakteristiek wordt symmetrisch ten opzicht van het punt  $v_r = 0$ . Bij versterkings-lampen moet dus de spanning van het rooster zoo gekozen worden, dat de detectorwerking weg valt, want in werkelijkheid heeft de asymmetrie de detectorwerking ten gevolge.

Voor lampen is de besproken bijzonderheid meen ik wel voldoende bekend, maar voor membranen mag er bij deze gelegenheid nog wel eens extra op gewezen worden.

De vergelijking van het membraan was vóór het aanbrengen van een constante kracht, zooals bijvoorbeeld wordt uitgeoefend door den magneet van een telefoon:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + a_1 x + a_3 x^3 = K_1$$

en daarna

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + f \frac{dx}{dt} + (a_1 + 3 a_3 x_0^2) x + 3 a_3 x_0 x^2 = K_1.$$

Nemen wij weer aan, dat  $K_1$  uit twee sinusvormige trillingen resp. met de frequenties  $p$  en  $q$  bestaat met amplituden  $K$  en  $L$  dan blijkt weer bij oplossing van de eerste dezer vergelijkingen, dat de combinatie-trillingen met frequentie  $p - q$ , resp.  $p + q$ , of wel de z.g. combinatie-trillingen van de eerste orde, niet voorkomen. Wel daarentegen de combinatie-trillingen van de tweede orde, die met frequenties  $2 p + q$ ,  $2 p - q$ ,  $2 q - p$ ,  $2 q + p$ . De amplituden hiervan zijn evenals bij de lamp, bij het asymmetrisch membraan evenredig met  $K^2 L$  resp.  $L^2 K$ .

Daar de sterkte der combinatie-trillingen snel afneemt als het ordegetal toeneemt, zal de amplitude der combinatie-trillingen in het eerste geval ook veel kleiner zijn dan in dat van het niet symmetrisch belaste membraan.

Behalve het reeds eerder genoemde middel, — geringe belasting — is er dus nog een tweede middel om de niet-lineaire ver-



vorming te voorkomen of althans te verminderen, dat hierin bestaat, dat men de verschillende toestellen, (membranen) de versterkings lampen, enz., symmetrisch belast.

Bij magnetische telefoonmembranen is de constante kracht, die, zooals wij zagen, de mechanische asymmetrie tengevolge heeft, onvermijdelijk. Misschien is er iets tegen te doen door het membraan zelve een weinig asymmetrisch, bijv. zéér licht gebogen, te maken, en te trachten deze kunstmatig aangebrachte asymmetrie tegen de door den magneet veroorzaakte te laten opwegen. Het is mij niet bekend of in deze richting ooit proeven zijn gedaan.

Er is nog een andere oorzaak van asymmetrie bij telefonen. Wanneer de trilplaat in beweging is, varieert de afstand daarvan tot de poolschoenen van den telefoonmagneet en dit heeft natuurlijk tengevolge, dat de zelfinductie van de telefoon verandert. Nu zal een verplaatsing naar den magneet toe een grootere wijziging van de zelfinductie tengevolge hebben dan een beweging van den magneet af en de zelfinductie verandert dus ook asymmetrisch, vooral bij sterke beweging van het membraan. Dit werkt ook weer het optreden van een combinatietoon van de eerste orde in de hand en zoo zijn er nog meer oorzaken op te noemen, die de niet-lineaire vervorming vergrooten.

Wij zullen echter, nu wij aan de hand van enkele voorbeelden de oorzaken hebben blootgelegd, en de richting waarin misschien verbetering kan worden gevonden hebben aangeduid, niet verder in bijzonderheden afdalen. Alleen zij nog opgemerkt, dat een telefoon waarbij de trilplaat vervangen is door een magneetje of door een draaiend spoeltje, symmetrische veranderingen in de zelfinductie geeft en bovendien ook symmetrisch belast is en daarom, althans in beginsel, de voorkeur verdient boven telefonen met membranen.

Na de voorafgaande beschouwing over combinatietonen is het gewenscht nog even terug te grijpen op een opmerking in het begin. Wij waren uitgegaan van de omstandigheid, dat bij instrumenten met vaste tonen de geheele muziek uit een beperkt aantal tonen bestaat en dat het voldoende was deze over te brengen. Daar een groot aantal der combinatietonen tusschen de vaste tonen inligt, gelijk uit een berekening van een aantal voorbeelden direct blijkt, dus als het ware valt in de „leege” plékken tusschen de vaste tonen zou men kunnen trachten deze tonen uit te zeven. Practisch lijkt dit echter niet doenlijk, wegens betrekkelijk zeer geringe afstanden tusschen de opeenvolgende tonen, die voor de muziek noodig zijn en ook omdat glijdende overgangen van den eenen toon in den anderen mogelijk moeten zijn (zangstem bijv.).



**Spraak en andere geluiden.** Omtrent de juiste samenstelling der spraakgeluiden bestaat nog geen volkomen zekerheid. Het staat echter wel vast, dat een lichaam, dat een redelijke gevoeligheid bezit voor tonen met een trillingsgetal van 2 à 300 tot  $\pm$  4000 zeer goed in staat is om de spraak nagenoeg onvervormd weer te geven, als er tenminste in de resonantie kromme geen al te scherpe pieken voorkomen. Een scherpe piek wijst namelijk meestal op een eigenfrequentie met geringe demping in die omgeving en nog afgezien van de lineaire vervorming, die dan natuurlijk ook beteekenis gaat krijgen, zou de eigenfrequentie hinderlijk worden, omdat de tijd, benodigd voor het uittrillen dan te groot wordt en de eigentrilling als toon hoorbaar wordt.

In het bijzonder is voor het overbrengen van kort durende geluiden noodig, dat de gevoeligheid voor het hoorbare frequentiegebied niet al te zeer uiteenloopt en dat de overbrengende lichamen, zoo zij een eigentrilling in het hoorbare gebied bezitten, in elk geval een behoorlijke demping bezitten.

Ten slotte zij er nog op gewezen, dat het oor ook in belangrijke mate bij kan dragen tot het vormen van combinatietonen. Het trommelvlies is n.l. zeer onsymmetrisch gebouwd en zoo kan het voorkomen, dat in het oor zelf combinatietonen ontstaan, vooral bij sterke geluiden. Het spreekt dus wel haast van zelf, dat het niet absoluut noodzakelijk is alle combinatietonen te onderdrukken, maar het is wel zaak er zorg voor te dragen, dat zij niet overmatig worden versterkt. Ook alle muziekinstrumenten geven combinatie-tonen, die niet alle een sterkte hebben, die beneden de hoorbaarheid blijft en het gehoor is dus aan een — niet al te groote — dosis gewend.

De in het voorgaande toegepaste theorie der combinatietonen is afkomstig van Helmholtz. Uitvoeriger beschouwingen vindt men bij Helmholtz. Die Lehre von den Tonempfindungen. Waetzmänn. Die Resonanz theorie des Hörens. Daarin ook een uitgebreide literatuur-opgave.

### S a m e n v a t t i n g.

De geluidsvervorming kan op verschillende wijze worden onderscheiden. In de eerste plaats staan naast elkaar de subjectieve- en de objectieve vervorming. Om eenigszins een denkbeeld te krijgen van de mate van subjectieve vervorming, die wordt veroorzaakt door een gegeven objectieve vervorming, kan de wet van Fechner goede diensten bewijzen. De bij het overbrengen ontstane

phaseverschillen der afzonderlijke tonen hebben voor de subjectieve vervorming geen beteekenis.

Verder dienen vooral te worden onderscheiden lineaire en niet-lineaire vervorming. Bij de niet-lineaire vervorming heeft het gereproduceerde geluid kwalitatief de zelfde samenstelling, en zijn alleen de relatieve sterkten der afzonderlijke tonen anders geworden. Bij de niet-lineaire vervorming daarentegen worden nieuwe tonen toegevoegd aan de oorspronkelijke en in tegenstelling met lineaire vervorming is van de niet-lineaire vervorming geen herstel mogelijk. Verbetering kan alleen worden verkregen door te zorgen, dat niet-lineaire vervorming niet of niet in hinderlijke mate kan optreden. Hiertoe is noodig geringe en bij voorkeur symmetrische belasting der verschillende apparaten.

## De luidsprekerhoorn.

Naar aanleiding van de opmerkingen van den heer Verff in „R. N.” No. 5, wilde ik nog iets toevoegen aan wat ik over mijn bevindingen met luidsprekerhoorns heb geschreven.

Mijn verzuim mede te deelen, welk materiaal ik voor de hoorns gebruikt heb, heeft blijkbaar aanleiding gegeven tot misverstand.

De hoorn met gebogen as, dien ik d. noemde, was gemaakt van linoleum; die met rechte as van ivoorkarton, beplakt met dik vloeipapier.

Ik heb deze hoorns met elkaar vergeleken bij gebruik van dezelfde telefoon; nl. door alleen de hoorns vlug te verwisselen. Hierbij zorgde ik er natuurlijk voor dat de muziek of spraak niet zoo hard was dat de amplitude te groot werd voor die kleine trilplaat.

De rechte hoorn was merkbaar beter dan de gebogen. Vooral kwam dit uit bij spreken, dat minder scherp werd en beter verstaanbaar dan bij gebruik van den gebogen hoorn. Een *cello-solo* werd goed weergegeven, maar lage tonen van een orkest liepen in elkaar, wat niet het geval was bij den rechten hoorn.

Dat met een goede Magnavox, waarover de heer Verff beschikte, goede resultaten zijn te bereiken met den gebogen hoorn, neem ik aan.

Dat deze resultaten echter nog merkbaar zullen verbeteren bij gebruik van een rechten hoorn, acht ik zeer waarschijnlijk.

B. DE BRUIN.

## Openbaar gemaakte Octrooiaanvragen op het gebied der Hoogfrequentietechniek.

---

**No. 17303.** Ned. Aanvraag ingediend 4 Dec. 1920, openbaar gemaakt 15 Oct. 1924, voorrang vanaf 4 Dec. 1919.

David Mc. Caa, Ephata Pennsylvanië (V. St. A.).

*Werkwijze voor het storingsvrij ontvangen van draadloos overgebrachte ongedempte trillingen.*

Volgens de werkwijze wordt de antenne op de te ontvangen seinen afgestemd. De storingen brengen hierin gedempte trillingen van dezelfde frequentie voort. De gedempte en de ongedempte trillingen worden door detectoren gelijkgericht en in tegengesteld geschakelde ketens gevoerd naar een ontvanginrichting die voor beide soort trillingen ongevoelig is, terwijl door middel van een trillingsbron, welke trillingen opwekt, die in frequentie een weinig verschillen van de ongedempte seinen en in amplitude daaraan gelijk zijn, zuivere zwevingen met deze ongedempte trillingen ontstaan en met de gedempte trillingen onzuivere zwevingen, welke eerste elkaars werking op het ontvangtoestel versterken en welke laatste door haar onregelmatigheid weinig of geen invloed op het ontvangtoestel uitoefenen. De zuivere zwevingen die aan het ontvangtoestel worden toegevoerd, kunnen worden gevormd door herhaalde interferentie als secundaire zwevingen.

*Conclusie.* „Werkwijze voor het ontvangen van ongedempte, draadloos overgebrachte trillingen, zoodanig, dat de uitwerking van atmosferische storingen tot een minimum wordt teruggebracht, daarin bestaande, dat terwijl de antenneketen op de ongedempte seintrillingen is afgestemd, de in de antenne optredende trillingen worden gelijkgericht en gevoerd naar een ontvanginrichting, die tengevolge van tegenschakeling, zoowel voor ongedempte als voor gedempte trillingen ongevoelig is; dat voorts door middel van een locale trillingsbron, waarmede trillingen worden opgewekt, in amplitude ongeveer gelijk aan de amplitude van de ongedempte trillingen en in frequentie een weinig daarvan verschillend, door interferentie met de ongedempte trillingen zuivere zwevingen worden te voorschijn geroepen, welke in de tegenschakelde ketens van de ontvanginrichting zoodanig phaseverschif hebben, dat zij elkaar versterken.”

6 pag., 2 conclusies, 5 figuren.

---



No. 21549. Ned. Aanvraag ingediend 6 Maart 1922, openbaar gemaakt 15 Dec. 1924, voorrang van af 7 Maart 1921.

Société indépendante Belge de télégraphie sans fil, Brussel.

*Ontvangtoestel voor draadlooze telegrafie met drie-electroden lampen onder toepassing van een weerstandsversterker.*

De inrichting volgens de uitvinding tracht de nadeelen, die bij de bekende weerstandsversterkers optreden en die bestaan in het niet scherp zijn van de afstemming en het opwekken van storingen bij zwevingsontvangst door uitstraling van de locale frequentie, op te heffen. In deze schakeling is tusschen den weerstandsversterker en het primaire systeem (antenne-aarde) een, niet tot den versterker behorende, lamp aangebracht waarvan de roosterkring gekoppeld is met de antenne en die door middel van een in den plaatkring opgenomen trillingsketen en over een condensator gekoppeld is met een uit een weerstand bestaanden roosterkring van de eerste lamp van den versterker. Voor het opwekken van locale trillingen is een dubbele condensator aangebracht tusschen de trillingsketen en den roosterkring van de tusschengeschakelde lamp of tusschen den plaatkring van de eerste lamp van den versterker en den roosterkring der tusschengeschakelde lamp. Het gebruik van den dubbelen condensator geeft dus al naar wensch het optreden of eindigen van locale ongedempte trillingen in den ontvanger. Verder kan nog de in den genoemden trillingskring geschakelde condensator in- en uitgeschakeld worden waardoor afgestemde ontvangst of een aperiodische ontvanger verkregen worden.

*Conclusie.* „Ontvangtoestel voor draadlooze telegrafie met drie-electroden lampen onder toepassing van een weerstandsversterker, met het kenmerk, dat tusschen den weerstandsversterker en het primaire systeem (antenne-aarde) een, niet tot den versterker behorende afzonderlijke lamp (5) is aangebracht, waarvan de roosterkring gekoppeld is met het primaire systeem en welke anderzijds door middel van een in den plaatkring opgenomen trillingsketen (18, 22) over een condensator (21) gekoppeld is met een uit een weerstand (23) bestaande roosterketen van de eerste lamp van den weerstandsversterker.

2 pag., 2 conclusies, 1 figuur.

---