

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 20,

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. Silkkerveer, Obrechtstraat 104/6, den Haag.

INHOUD: Een electro-dynamische conus luidspreker. — Metingen over de
 Qualiteit van Spoelen. — De Raytheon lamp. — Nogmaals: Schema Schaa-per.
 — Reflex. — Vereenigingsnieuws.

Een electro-dynamische conus luidspreker.

Door Drs. M. HELLINGMAN.

Ongeveer een jaar geleden nam ik kennis van een publicatie van Rice en Kellogg in het Sept. nummer 1925 van Journal of the A. I. E. E., getiteld: „Notes on the Development of a new type of hornless loudspeaker”. Hierin wordt een reeks proeven beschreven, die tot doel hadden de ontwikkeling van een luidspreker, die vrij zou zijn van resonanties. En dit is hun inderdaad welhaast volledig gelukt, al laten dan ook de theoretische eischen zich praktisch altijd slechts bij benadering vervullen. Zij komen tot een electro-dynamischen luidspreker, dat is een spoeltje, vrij bewegelijk in een sterk magnetisch veld, zooals we ook in de Magnavox aantreffen. Echter werd dat spoeltje niet gekoppeld met een trilplaat + een hoorn, maar met een papieren kegel, die aan den rand gedragen wordt door een weinig gespannen cirkelstrook van dun gummi, zoodat hij zeer vrij is in zijn bewegingen. De kegel hangt met den gummirand in een z.g. „baffle plate”, een afschermplaat, dienende om het omloopen van de lage tonen te voorkomen.

Dit in wezen zoo eenvoudige stelsel bezit inderdaad voortreffelijke eigenschappen, al is het waar, dat men zich een stroomoffer moet getroosten voor voeding van het magnetisch veld, zooals we dat ook bij de Magnavox kennen. Trouwens, voor het opwekken

van dit sterke magnetische veld zijn nog enkele mogelijkheden aan te geven, waarop ik aan het eind van dit artikel terugkom.

Niet alleen als luidspreker, maar ook voor gebruik als microfoon voor mijn telefonie zendproeven, lokte dit stelsel me aan en ik besloot een poging te wagen het zelf te maken, en met succes. De weergave van muziek en spraak is, als zender en ontvanger overigens in orde zijn, buitengewoon mooi, beter dan ik het ooit totnogtoe gehoord heb, soms welhaast ideaal. Als men zoo'n luidspreker eenmaal gehoord heeft, leert men begrijpen, hoeveel de meeste gebruikelijke luidsprekers te kort schieten en hoe uiterst belangrijk het luidsprekervraagstuk is voor radio-ontvangst. Vele verbeteringen aan zender en ontvangtoestel, die ons bij een anderen luidspreker slechts weinig verder brengen, omdat ze door de groote fouten in den luidspreker overheerscht worden, komen eerst bij zoo'n goeden luidspreker tot uiting. M. i. is dan ook in de naaste toekomst vooral een aanzienlijke verbetering op het gebied van luidsprekers gewenscht en te verwachten. Ongetwijfeld zal de bedoelde electrodynamische conus-luidspreker één der mogelijke oplossingen blijken te zijn.

Ik laat hier volgen het ontwerp, dat ik van den luidspreker maakte, hetwelk werd uitgevoerd in de werkplaatsen van de M. T. S. te Dordrecht. In fig. 1 is een doorsnee geteekend door de horizontale as van het apparaat. We zien een weekijzeren pot A met kern C, welke conisch in den bodem sluit en wordt aange trokken door een moer. Rechts eindigt de kern in een gat in het deksel B, zoodat tusschen beide een cilindrische luchtspleet van 3 m.M. open blijft. In den pot is rondom de kern een draadspool S aangebracht, waarop bij c en d een gelijkstroomspanning wordt aangesloten. Daardoor ontstaat in de luchtspleet een sterk magnetisch veld: het verloop der magnetische krachtlijnen is in de fig. aangegeven. Dit veld is bij benadering radiaal-homogeen, zooals ook bij het draaispoelsysteem, en we moeten trachten het zoo sterk mogelijk te maken met een zoo klein mogelijk gelijkstroomvermogen. Het gelukte mij met 8 Watt de veldsterkte in de 3 m.M. luchtspleet tot ± 7300 op te voeren.

Tracht men in de luchtspleet een veldsterkte $H = 8000$ te verkrijgen, wat ik hoopte te bereiken, dan kan men het daartoe noodige aantal ampère-windingen berekenen uit de 1e Wet van Maxwell: $f H d l = 0,4 \pi A.W.$ Als we de ampère-windingen noodig om het veld in het ijzer te vormen eerst eens verwaarloozen, dan blijft over voor de luchtspleet:

$$H \times d = 0,4 \pi A.W.,$$

waarin d de breedte van de spleet voorstelt, hier 0,3 c.M.

Ingevuld:

$$8000 \times 0,3 = 0,4 \pi \text{ A.W.},$$

$$\text{dus A.W.} = \frac{6000}{\pi} = 1910.$$

Hoeveel amp. windingen hier voor het ijzer bijkomen, hangt sterk af van de ijzersoort, waarvan pot en kern gemaakt zijn. Men moet weekijzer hebben met zoo groot mogelijke permeabiliteit μ

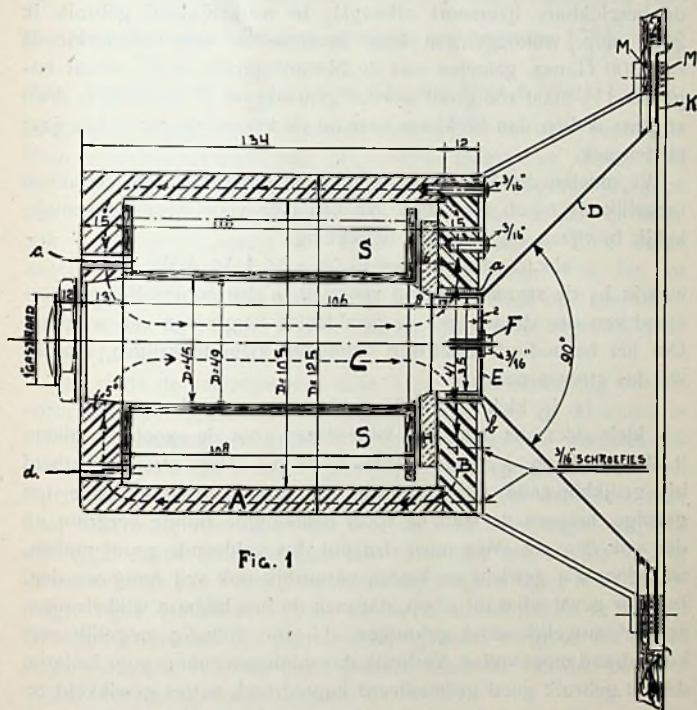


Fig. 1

en hooge verzadiging. De magnetische inductie in het ijzer is n.l. zeer aanzienlijk in den nek van de kern. De krachtstroom bedraagt bij benadering, berekend in de luchtspleet: $\Phi = \pi \times 3,8 \times 1,5 \times 8000 = 143.300$, zoodat de inductie in den nek der kern (doorsnede $\frac{\pi}{4} \times 3,5^2 = 9,63 \text{ c.M.}^2$) wordt: $B = \frac{143.300}{9.63} = 14.870$, dus rond 15.000. Deze B moet behoorlijk bereikbaar zijn, en liefst met weinig ampère-windingen. (Door den nek dikker of het deksel

dunner te maken, zou deze waarde van B afnemen; dan stuit men echter weer op andere bezwaren.) Bruikbaar en het gemakkelijkst verkrijgbaar is hier zoo zacht mogelijk vloeijzer, al is het waar, dat er nog wel betere ijzersoorten voor bestaan. Reken er dan voor het ijzer ongeveer 10 % amp. windingen bij, dan zal men voor een luchtinductie $H = 8000$ ongeveer $1,1 \times 1910 = 2100$ amp. windingen noodig hebben (de volledige berekening voor het ijzer laten we hier kortheidshalve achterwege, ook al, omdat die zoo sterk van de beschikbare ijzersoort afhangt). In werkelijkheid gebruik ik 2000 amp. windingen en kom daarmee tot een veldsterkte $H = 7300$ Gausz, gemeten met de bismuthspiraal. A.W. moest ongeveer $1\frac{1}{2}$ -maal zoo groot worden gemaakt om H tot 8000 te doen stijgen: ik liep dan blijkbaar vast op de verzadiging van het ijzer in den nek.

We moeten die 2000 amp. windingen opwekken met zoo klein mogelijk electrisch vermogen. Nu kan men voor de spoel gemakkelijk bewijzen de volgende betrekking:

$$\text{electr. vermogen} = i_D \times \rho \times l \times A.W.,$$

waarin i_D de stroomdichtheid voorstelt, ρ den soortgelijken weerstand van den draad, en l de gemiddelde lengte van een winding. Om het benodigde electrisch vermogen klein te krijgen, moeten we dus streven naar:

$$1e. i_D \text{ klein.} \quad 2e. \rho \text{ klein.} \quad 3e. l \text{ klein.}$$

ρ klein doet ons natuurlijk koperdraad voor de spoel gebruiken. 't Meest valt op: i_D klein. Echter heeft een kleine stroomdichtheid bij gelijkblijvende stroomsterkte een groote draaddoorsnee ten gevolge, hetgeen de voor de spoel benodigde ruimte vergroot en dus ook den pot. Men moet den pot dus voldoende groot maken, waardoor z'n gewicht en kosten natuurlijk ook vrij hoog worden. In ieder geval wijst dit er op, dat men de beschikbare wikkelruimte zooveel mogelijk moet gebruiken, d.i. zoo volledig mogelijk met koperdraad moet vullen. Verbruik dus minimum ruimte voor isolatie, dat is: gebruik goed geëmailleerd koperdraad, netjes gewikkeld en zonder verdere isolatie tusschen de lagen. Verder heeft dik koperdraad een gunstiger vulfactor dan dun, dus ontwerp de wikkeling voor niet te dun draad, d.i. voor lage spanning en grooten stroom. De wikkelruimte in het gegeven ontwerp laat als minimum stroomdichtheid toe ongeveer 1 amp. per m.M². Ze kan b.v. bevatten 2500 windingen geëmailleerd koperdraad van 1 m.M. (koper-) dikte. 2000 amp. windingen eischen dan een stroomsterkte van $\frac{2000}{2500} = 0,8$ amp., dat is inderdaad ongeveer 1 amp. per m.M².

(koperdoorsnede klein $0,8 \text{ c.M}^2$). Bij nadere berekening blijkt deze wikkeling ongeveer $12\frac{1}{2}$ ohm weerstand te hebben, dus een spanning van $0,8 \times 12\frac{1}{2} = 10$ volt te vereischen. De spoel verbruikt dan $10 \text{ volt} \times 0,8 \text{ amp.} = 8 \text{ Watt}$. Men kan de wikkeling natuurlijk ook op andere spanning berekenen, b.v. 4 volt bij 2 amp. (1000 wikkelingen van draad 2 m.M.^2 koper).

We merken nog even op, dat dit alles geldt voor een luchtspleet van 3 m.M. . Verkleint men deze tot $2\frac{1}{2} \text{ m.M.}$, hetgeen nog juist gaat, dan wordt het vereischte vermogen nog ongeveer $\left(\frac{2\frac{1}{2}}{3}\right)^2 = \frac{25}{36}$

maal zoo klein, d.i. $\frac{25}{36} \times 8 = 5\frac{5}{9}$, dus klein 6 Watt. Immers: zolang het aantal amp. windingen, noodig voor het ijzer, voldoende klein blijft ten opzichte van dat voor de luchtspleet, wordt voor een $\frac{5}{6}$ -maal zoo nauwe luchtspleet ook AW ongeveer $\frac{5}{6}$ -maal zoo klein, dus bij gelijkblijvende spoel niet alleen i , maar ook $E = i \cdot r$ $\frac{5}{6}$ -maal zoo klein. Het vermogen $E \cdot i$ wordt daardoor $(\frac{5}{6})^2$ -maal zoo klein. De stroomdichtheid is dan tot $\frac{5}{6}$ amp. per m.M.^2 afgenomen. De spoel kan men dan berekenen b.v. op 6 volt bij 1 amp.: $\frac{5}{6} \times 1670$ windingen met koperdoorsnee $\frac{6}{5} = 1,2 \text{ m.M.}^2$

Ten slotte de voorwaarde: l klein. Deze heeft betrekking op den vorm der spoeldoorsnede. Bij gegeven dikte van de ijzern kern is het dus gunstiger, een gegeven aantal windingen te wikkelen tot een lange spoel met weinig lagen dan tot een korte spoel met veel lagen. Vergeet echter niet, dat, als men dit te ver doorvoert, men door toeneming van het aantal voor de kern benodigde ampère-windingen meer achteruit gaat dan men door het slechts weinig kleiner worden van l wint. In het ontwerp volgens fig. 1 is de spoellengte bijna 4-maal zoo groot als de dikte der lagen te zamen. Grootere lengte van den pot verkleint i_D , maar vergroot het aantal amp. windingen voor het ijzer; grootere diameter van den pot verkleint evenzoo i_D , maar vergroot l .

Na bovenstaande beschouwingen over de vorming van een sterk magnetisch veld in de luchtspleet komen we tot het spoeltje in den kegel. Het spoeltje bestaat uit 4 lagen emaille draad $0,3 \text{ m.M.}$ dikte, bewonden lengte 1 c.M. , gewonden op een papieren cilindertje. Men maakt dit van een strook zeer dun papier, die gewonden wordt om een zuiver gedraaiden metalen cilinder. De papierlagen worden onderling hecht aan elkaar geplakt met behulp van een oplossing van celluloid in aceton of met secotine. Dikte van het papieren

cilindertje = $0,2$ à $0,25$ m.M. De zorgvuldig daarop gewonden draad wordt na iedere laag met de celluloid oplossing bestreken, waarna men met de volgende laag wacht, tot het droog is. Het windingtal is dan $33 + 32 + 31 + 30 = 126$. De totale dikte van het spoeltje wordt ongeveer $1,5$ m.M., zoodat bij een luchtspleet van 3 m.M. ter weerszijden $\frac{3}{4}$ m.M. vrij blijft. Bij zorgvuldig werk is een luchtspleet van $2\frac{1}{2}$ m.M. toereikend: het spoeltje hangt dan $\frac{1}{2}$ m.M. aan weerskanten vrij.

De kegel wordt gemaakt van stug teekpapier van $0,2$ à $0,25$ m.M. dik. De uitslag voor een tophoek van 90° is gemakkelijk te maken. Men draait een houten kegel met 90° tophoek en buigt het papier daaromheen. Zorg voor een overslag van $\frac{1}{2}$ à 1 c.M., die met seccotine wordt vastgeplakt. De conus wordt nu enkele malen buiten en binnen met de celluloid-oplossing behandeld en telkens gedroogd, liggende op den houten vorm. Dit dient om den invloed van vocht (waterdamp) op het papier weg te werken. Deze bedekking met een dun laagje celluloid is zoo effectief, dat men daarna den conus zonder bezwaar in een bak water kan dompelen. Als proef lieten we hem 1 uur er in liggen, zonder dat het papier water opnam en slap werd. Men kan hem daarna gewoon afdrogen als een afgewasschen schotel, met de noodige voorzichtigheid natuurlijk.

Aan de topzijde is de kegel afgeknot met een diameter van het bovenvlak = $3,6$ c.M., zoowel het hout als het papier. Het metalen cilindertje met het spoeltje wordt op het bovenvlak gezet, zoodat de assen van cilinder en kegel nauwkeurig samenvallen (met behulp van pen en gat), en in dien stand het cilindertje aan den conus vastgeplakt met seccotine. Gelijktijdig wordt daarbij een papieren ster, geknipt uit teekpapier ($0,2$ m.M.) volgens model, geharceerd aangegeven in fig. 2 als E en ook goed zichtbaar in de photo fig. 3, aan den conus in z'n bovenvlak bevestigd. Men legt deze tusschen het metaal van den cilinder en het hout van den kegel en zorgt voor uitstekende lipjes voor aanhechting.

Ten slotte knipt men een cirkelstrook dun wolflanel uit en plakt deze met seccotine om den onderrand van den conus, er buiten op, ongeveer 1 c.M. op het papier. Het flanel moet tot aan den papierrand toe hecht geplakt zijn, maar er mag geen lijm in den overstekenden vrijen flanelrand komen. Als de lijm volkomen droog is, kan de conus worden gemonteerd. De flanelrand K komt tusschen de 2 ringen M te liggen, die met 4 steuntjes aan het deksel verbonden zijn (zie ook fig. 2, bovenaanzicht van het deksel). Van tevoren zijn in het flanel iets te groote gaatjes geslagen, overeen-

komende met die in de ringen. Het flanel wordt slechts heel weinig gespannen, daarbij zorgende, dat het spoeltje vrij midden in de luchtspleet hangt. De ster E wordt met behulp van enkele volg-

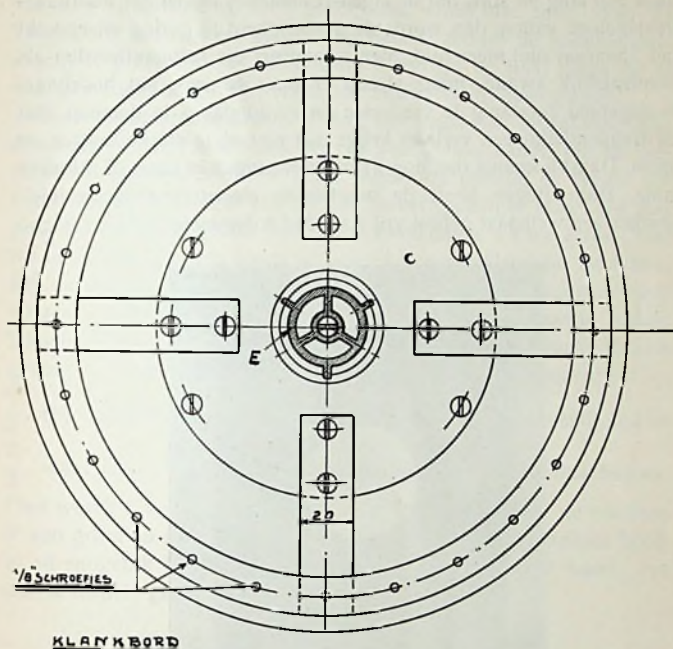


Fig. 2

plaatjes en de schroef F op de kern vastgezet, waardoor de conus daar eenige leiding krijgt. De ster moet 2 à 3 m.M. vrij van het ijzer der kern blijven. De conus met draadspoeltje weegt omstreeks 10 Gr. De flanelstrook tusschen den papierrand en de binnenzijde der ringen is 60 à 10 m.M. breed. De verdere afmetingen leest men uit de fig. af.

In de foto's fig. 3 en 4 ziet men, hoe de pot rust op een ijzeren voetstuk, daarop geklemd met 2 beugels, ashoogte 25 c.M. De ringen M zijn in het hout van het voorvlak ingelaten en door een houten ring afgedekt. Dit voorvlak, groot 50 bij 50 c.M., werkt als baffle-plate.

Bezit dit luidsprekersysteem resonanties? Bij een electromagnetischen luidspreker, ook al is hij met conus uitgevoerd, behoudt

men altijd nog resonantie-frequenties in de koppelingselementen tusschen het magneetsysteem en den conus, dus in het trillend plaatje, staafjes of tong, en de verbindingsstaaf. Maakt men dit alles zoo stug en stijf, dat de eigen-resonanties boven het hoorbaarheidsgebied vallen, dan wordt de gevoeligheid te gering en spreekt het apparaat niet meer luid. Men accepteert die resonanties dan als noodzakelijk kwaad, maar streeft er naar ze over het hoorbaarheidsgebied zoodanig te verdeelen en ze zoodanig te dempen, dat de frequentielijn een verloop krijgt met niet al te sterke bergen en dalen. Daarbij komen dan nog ijzervormingen in meer of mindere mate. Daarentegen heeft de beschreven electrodynamische luidspreker een welhaast geheel vrij hangend trilsysteem: de ster is zoo

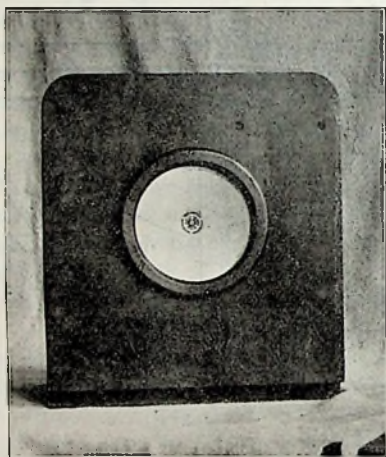


Fig. 3

uiterst buigzaam geconstrueerd en de flanelen rand zoo soepel, dat de eigenfrequentie van dit stelsel, voorzoover aanwezig, b.v. van de orde van 10 of 20 kan zijn (flanel heel weinig spannen!), althans beneden het hoorbaarheidsgebied. En van nârigheden ten gevolge van allerlei vervelende ijzereigenschappen zijn we geheel af, want de beweging van stroomspoeltje en conus berust op de motorformule $K = Hl$, waarin de magnetische veldsterkte H in de lichtspleet en de draadlengte l op het stroomspoeltje (overall $\perp H$) constant zijn, zoodat K zuiver evenredig is met i , de principieele eigenschap, die we ook in het draaispoelsysteem zoo op prijs stellen.

K is gericht loodrecht op het vlak door H en l , d.i. in de asrich-

ting, naar links of rechts, afhankelijk van de stroomrichting. Is de lichtspleet overal nauwkeurig even breed, en dus H in ieder punt van een cirkelwinding even groot, dan wordt die cirkel door de krachten K als 't ware gelijkmatig belast, zoodat de resulterende kracht K precies in het middelpunt aangrijpt en juist langs de as van den conus loopt. Dit voorkomt zijwaartsche bewegingen.

Deze resulterende kracht K mag den kegel niet indrukken, doen doorbuigen, maar moet hem als een star geheel aandrijven en verplaatsen. Daartoe is allereerst de kegelvorm gunstig en verder een tophoek van den kegel van 90° de meest gunstige. Maar een star geheel is het bewegende stelsel nooit volkomen, en we komen hier tot bezwaren, die den conus in iederen conus luidspreker betreffen. Bij de voortplanting der krachtswerking door het kegelmateriaal volgens de formule $V = n \times \lambda$ kan de conus in staande trilling komen, als hij wordt aangestooten door een wisselkracht K (als gevolg van een wisselstroom i in het spoeltje) met frequentie $n = \frac{V}{\lambda}$. Bij den grondtoon van den kegel wordt de beschrijvende lijn $= \frac{\lambda}{2}$, want beide uiteinden zijn vrij bewegelijk, worden dus buiken. Dan wordt $\lambda = 2 \times$ de beschrijvende lijn. We moeten nu trachten V zoo groot en (of) λ zoo klein te maken, dat deze grondtoon hoog in of mogelijk boven het hoorbaarheidsgebied terecht komt, wat dan a fortiori geldt voor de boventonen.

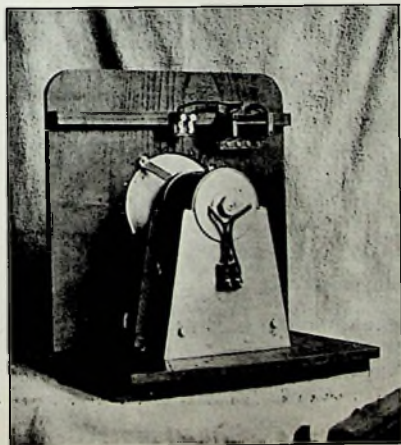


Fig. 4

V groot eischt stug, stijf kegelmateriaal, λ klein eischt een kleinen kegel. Een harde kegelwand voert allicht tot groot gewicht en dat mag ook weer niet, want vergrooing van de massa maakt de versnelling, dus ook de bewegingsamplitude van den kegel in z'n geheel kleiner, dus verkleint de op de lucht overgedragen geluids-energie. Daarom moeten we bij klein gewicht een behoorlijke stijfheid zien te bereiken, en de beschreven kegel voldoet goed aan deze eischen. Ook kan door demping in de ster en het flanel zoo'n staande trilling in het kegelmateriaal zich niet tot storende sterkte ontwikkelen. Maakt men den kegel te klein, dan verkleint daarmee ook het aanlegvlak tegen de lucht, zoodat voor gelijke geluidsuitstraling grooter amplitude noodig wordt. Maakt men den kegel groot, dan wordt hij weer te zwaar en wordt ook de uitstraling der hooge tonen benadeeld (zie verderop). Een diameter van 10 à 15 c.M. blijkt de gunstigste te zijn.

Als resultaat mogen we wel concludeeren, dat het beschouwde electro-dynamische stelsel geen noemenswaardige resonanties bezit, althans niet binnen het hoorbaarheidsgebied. De frequentie-lijn is een vlakke lijn, zonder bergen en dalen.

Nu rest nog de vraag, of de frequentielijn horizontaal loopt — het ideaal! — of dat ze bij hogere frequenties wellicht oploopt of afloopt. Beschouwen we daartoe nog even den volgende theoretischen grondslag:

Het vermogen der geluidstrillingen, uitgestraald door een klein diaphragma, dat afsluit een kleine opening in een oneindig grooten vlakken wand en in z'n geheel trilt met frequentie n en amplitude a , is evenredig met de vierde macht van n en met het kwadraat van a , dus $= C \cdot n^4 \cdot a^2$. Nu is de bewegingsvergelijking van een harmonische trilling: $S = a \sin \omega t$, waaruit volgt:

$$\text{versnelling} = - a \omega^2 \cdot \sin \omega t,$$

$$a \omega^2 \cdot \sin \omega t,$$

$$\text{dus: kracht } K = \text{massa} \times \text{versnelling} = - m \cdot a \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t = K_0 \sin \omega t.$$

Derhalve is de amplitude

$$a = - \frac{K_0}{m \omega^2} = C_1 \cdot \frac{K_0}{n^2}.$$

Het uitgestraalde vermogen wordt dan

$$C \cdot n^4 \cdot a^2 = C \cdot n^4 \cdot \left(C_1 \frac{K_0}{n^2} \right)^2 = C_2 \cdot K_0^2.$$

n valt er dus juist uit, en derhalve zal *het uitgestraald vermogen onafhankelijk van de frequentie zijn*, als K_0 daarvan onafhankelijk is, d.w.z.: als het diaphragma vrij trilt, uitsluitend ingevolge z'n

traagheid, en aangedreven wordt door een wisselkracht, welker grootte onafhankelijk van de frequentie is.

Bij onzen luidspreker is $K = Hl$; dus moet dan, daar H en l constant zijn, i onafhankelijk van de frequentie zijn. Dit is dus de voorwaarde, waaraan we moeten voldoen, opdat onze luidspreker, die een benadering is van het gestelde theoretische geval, een horizontale frequentielijn zal bezitten.

Onze trillende conus is echter niet voldoende klein, dat de formule $C_n \cdot 4a^2$ voor het uitgestraalde vermogen er zonder meer voor geldt. En dit blijkt bij nader onderzoek ten gevolge te hebben, dat voor de hoogere frequenties het uitgestraalde vermogen afneemt. We moeten den conus dus vooral niet te groot maken. Voor de aangegeven afmetingen blijkt de invloed daarvan niet dermate te zijn, of de resulterende frequentielijn is toch buitengewoon gunstig, al loopt ze naar de hooge tonen iets af.

Om de uitstraling van de hooge tonen te vergrooten is nog aangebracht de dikke koperen schijf H (zie fig. 1). Deze werkt ten opzichte van het bewegelijke stroomspoeltje als kortgesloten secundaire winding met een weerstand, die praktisch nul is. Hierdoor wordt de impedantie van het spoeltje vooral bij hooge frequenties aanmerkelijk verkleind, des te meer, naarmate het koper vaster met het spoeltje gekoppeld is. Ook het ijzer van kern en deksel werkt trouwens in dezelfde richting, zoodat de impedantie van het spoeltje tot niet veel hooger dan den Ohmschen weerstand gereduceerd wordt. De koperen schijf sluit, eventueel met opneming van een dun lapje vilt tusschen koper en deksel, meteen de luchtspleet links af en voorkomt daardoor mogelijke luchtresonanties. Ze kan trouwens in nog andere opzichten van voordeel zijn.

Uit de formule $a = C_1 \frac{K_0}{n^2}$ volgt, dat de amplitude a van den trillenden conus bij constante kracht K_0 omgekeerd evenredig is met n^2 . Voor tweemaal zoo lage tonen wordt de amplitude dus viermaal zoo groot. Bij weergave van lage tonen (en die worden hier schitterend weergegeven, tot de laagste toe!) voert de conus dan ook sterke slingeringen uit, die bij krachtige partijen wel tot een amplitude van 1 m.M. kunnen oploopen; men houde de vingers maar eens los tegen den kegel aan. Hier blijkt nog eens opnieuw, dat de ster en het flanel zeer buigzaam en slap moeten zijn om die sterke vibraties mogelijk te maken, en dat de kegel zelf in verhouding daartoe hard moet zijn, opdat hij daarbij niet zal doorbuigen. Is hieraan voldaan, dan is het ook werkelijk een genot de weergave der lage tonen door zoo'n luidspreker te hooren; niet

eenig gebrom of dof geluid, dat er wat op lijkt, maar de natuurlijke lage toon. Men vergeet intusschen niet, dat allereerst de zender, maar verder ook de ontvanger en versterker goed in orde moeten zijn. Zoo niet, dan voldoet een minder goede luidspreker gewoonlijk beter, omdat deze electro-dynamische luidspreker de fouten in den ontvanger (slechte transformatoren, overbelaste lampen enz.) al te duidelijk laat hooren.

Dat de hooge tonen niet in het gedrang komen, blijkt uit de keurige weergave van den S klank, de volkomen gaafheid en gemakkelijke verstaanbaarheid van het gesproken woord. Verder vloeit het geluid ook bij de drukste partijen nooit ineen, waartoe allereerst het ontbreken van resonanties meewerkt, maar ook de sterke electromagnetische- en luchtdemping, die het trillend systeem bezit: de eerste als gevolg van de inductie bij de beweging van het stroomspoeltje in het sterke magnetische veld, de tweede als gevolg van de energie-overdracht op de lucht.

De geluidsterkte is, bij goede aanpassing aan de eindlamp, minstens even groot of grooter dan van andere luidsprekers. En de gevoeligheid voor zwakke geluiden (stroompjes) is grooter dan bij electromagnetische luidsprekers, altijd ondersteld, dat we zorgen voor een sterk magnetisch veld in de luchtspleet ($H = 7000$ à 8000).

Het nadeel van den sterken electromagneet, die hier noodig is, z'n grootte en aanzienlijk gewicht en z'n gelijkstroomvoeding, mag weliswaar niet uit het oog worden verloren, maar de groote voordelen wegen daar mijns inziens wel tegen op. Wat dit sterke magnetisch veld betreft, wensch ik nog zonder nadere bespreking de volgende mogelijkheden aan te stippen:

- 1e. voeding van het veld door het plaatstroomapparaat;
- 2e. voeding van het veld, door den veldmagneet als smoorspoel in het plaatstroomapparaat op te nemen;
- 3e. opwekking van het veld met een permanenten staalmagneet.

De beide eerste mogelijkheden zijn heel goed te vervullen. Wat de derde betreft, er zijn tegenwoordig staalsoorten bekend, die een hooge magnetisatie toelaten en behouden. Hoewel hier een zeer aantrekkelijke oplossing open ligt, vergeet men niet, dat men hooge eischen stelt. Het veld van een draaispoelsysteem heeft gewoonlijk in de luchtspleet een veldsterkte omsteeks 500 à 1000 . Uit inlichtingen is mij bekend, dat in de Kruppfabrieken uitgebreide proeven zijn genomen om die veldsterkte op te voeren en ons werd medegedeeld, dat men er daar in geslaagd is H tot 3000 op te voeren. Inderdaad is dit reeds een mooi resultaat, en het doet ons hopen, dat men door nog nadere verbetering en vergrooting van H tot een

mooie oplossing van den electro-dynamischen conus luidspreker zal komen.

Een moeilijke questie is nog de aanpassing van den luidspreker aan de eindlamp, hetgeen geschiedt door middel van een transformator. Men moet daarbij allereerst vervullen de gevonden voorwaarde, dat i in het bewegelijke stroomspoeltje onafhankelijk moet zijn van de frequentie, maar ook moet men er naar streven, dat de maximum elektrische wisselstroomenergie, die de eindlamp bij de gegeven belasting zonder vervorming kan leveren, in het stroomspoeltje van den luidspreker terecht komt. Daar de lampimpedantie veel hooger is dan die van het stroomspoeltje, moeten we naar beneden transformeeren. De primaire wikkeling heeft dus veel windingen, waardoor de betrekkelijk groote plaatstroom der eindlamp vloeit, dus moet men oppassen voor verzadiging van de transformator-kern. Ik volsta hier met de volgende gegevens voor een transformator, die het goed doet:

open kern transformator; als kern een rond bundeltje dun ijzerdraad (weekijzer), 1 c.M. dik, gestoken in een dun kartonnen kokertje van 9 c.M. lengte. Tusschen de houten blokjes, om beide uiteinden gelijmd, 4 bij 4 c.M. en 1 c.M. dik, dus met tusschenruimte van 7 c.M., wordt eerst de secundaire wikkeling aangebracht, n.l. 500 windingen emaliedraad, 0,5 á 0,6 m.M. dik. Daaromheen, er van gescheiden door een dun isolatielaagje, de primaire wikkeling, bestaande uit 12.000 windingen emaliedraad No. 36, dik 0,127 m.M. In de photo fig. 4 ziet men dezen transformator rechts boven. De secundaire (dikdraad) wikkeling wordt via een klemmenbordje op de uiteinden a en b van het stroomspoeltje van den luidspreker (zie fig. 1) aangesloten. Men gebruike vooral een voldoende ruime eindlamp, die ook in de sterkste partijen de roosterwisselspanning gaaf verwerken kan. Beweging van den milliamp.-meter in den plaatkring hoort men direct als vervorming.

De luidspreker kan flinke energieën verwerken. Ik heb hem zelfs als proef opgenomen in den plaatkring van een Philips TB 1/50 lamp met 1000 Volt plaatspanning en 50 Volt negatieve rooster-spanning, plaatstroom 40 m.A. (bij wat te lage gloeispanning), dat wordt 40 Watt plaatgelijkstroomvermogen. Deze lamp was toen 3e lamp = eindlamp van een 3 lampsontvanger en kan daarmee vol worden belast. Dan komt men tot enorme geluidsterkten, en toch blijft het geluid, ook als men vlak bij den luidspreker staat, volkomen gaaf.

De stroomsterkte door het bewegelijke stroomspoeltje blijkt bij

flinke kamersterkte in de sterkste partijen 0,1 à 0,2 Amp. te be-
dragen; bij voornoemde krachtproef natuurlijk nog aanzienlijk
hooger.

Weerstandsversterking blijkt met dezen luidspreker overtuigend
superieur aan transformatorversterking, ook met de beste totnogtoe
beproefde transformatoren, zooals Pye en Marconi; den nieuwen
Philipstransformator heb ik nog niet kunnen beproeven in dit op-
zicht. Onder omstandigheden kan 1 trap smoorspoel + 1 trap
weerstandsversterking de voorkeur verdienen boven 2 trappen
weerstandsversterking, waardoor de lage tonen wat verzwakt
worden. En met de detectorlamp vooral nooit op den rand van
generereen werken, maar met weinig of geen terugkoppeling.

Sinds eenigen tijd ben ik bezig met het gebruik van den luid-
spreker als microfoon voor m'n zender. Deze functies dekken elkaar
niet, omdat als luidspreker de primaire transformatorwikkeling deel
uitmaakt van een gesloten, stroomvoerende keten, en als microfoon
deze keten open is en slechts spanning toevoert aan een lamprooster.
Dit heeft theoretisch een andere ligging der frequentielijn ten ge-
volge en wel worden de lage tonen te sterk in verhouding tot de
hooge. Door een correctiefilter of op andere wijze moet de naar
rechts dalende frequentielijn weer wat worden omhoog gedraaid.
De betreffende zendproeven worden nog steeds voortgezet en
hebben een, mijzelf zeer bevredigend, verloop. Rapporten worden
steeds gaarne tegemoet gezien aan m'n adres:

Dordrecht, Reeweg 110, Radio POB 1.

Metingen over de Qualiteit van Spoelen.

**Beoordeeling der bruikbaarheid in verschillende schema's — aan-
passing — h.f. transformatoren.**

Door Ir. H. MAK.

(Vervolg.)

Wegens ongeschiktheid der methode, werd de meetwijze met
wattmeter niet toegepast. Deze is meer geschikt voor lagere fre-
quenties en onscherpe resonanties.

De „dempingsdecrement"-methode leverde resultaten op; echter
bleken, bij de goede spoelqualiteiten, de capaciteiten, welke den
stroom tot $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maal de resonanswaarde reduceerden, zóó weinig
van de resonanscapaciteit af te wijken, dat bij een gewonen