L 1816

TIJDSCHRIFT

VAN HET

Koninklijk Instituut van Ingenieurs,

Afdeeling Nederlandsch-Indië

1910 (tweede halfjaar)

AFLEVERING I

CENTRALE BIBLIOTHEEK
KON. INST. v. d. TROPEN
AMSTERDAM

PRIJS VOOR HET PUBLIEK VIER GULDEN.

Inhoud:

DRAADLOOZE TELEGRAFIE EN TELEFONIE

DOOR

C. J. DE GROOT.

☞ Den leden der Afdeeling wordt dringend verzocht:

a bij verandering van woonplaats daarvan kennis te geven aan den PENNINGMEESTER der afdeeling.

b bij het zenden van postwissels der betaling van contributie deze te adresseeren aan den PENNINGMEESTER der Afdeeling te WELTEVREDEN.

Den leden, welke in het vervolg per POSTKWITANTIE over het door hen verschuldigde wenschen te doen beschikken, wordt beleefd verzocht hiervan kennis te geven aan den PENNINGMEESTER.

BATAVIA
Javasche Boekhandel & Drukkerij
1910.

Datum waarop de lezing gehouden werd 3 Aug. 1909.

ERRATA.

Bladzijde.	Kolom.	Regel	Staat.	Lees.
3	1	6 van onder	figuur No. 44	figuur No. 43
3	2	26 van boven	van antenne	van de antenne
3	2	5 van onder	deelten	deeltjes
4	1	22 van onder	fig. No. 44	fig. 43 middenin
5	1	4 van boven	veroorzaakte	veroorzaakten
6	2	21 van boven	zie fig. 44	fig. 43 middenin
7	2	20 van boven	vas	vast
8	2	21 van onder	B	K
8	2	2 van onder	α_1	α_2
9	1	24 van boven en volgende	de veel vonk grootere capaciteit, de ontlaadspanning dus de lengte kleiner is enz.	de veel grootere capaciteit, de ontlaadspanning dus de vonklengte kleiner is enz.
11	1	17 van onder	fig. 44	fig. 43
11	2	16 van onder	fig. 44	fig. 43
18	1	8 van onder	c	7
18	1	4 van onder	b	9
18	1	2 van onder	d	3
18	2	1 van boven	e en f	6 en 5
18	2	4 van boven	g en h	2 en 4
18	2	6 van boven	a	1
20	2	26 van boven	blaasmagnee	blaasmagneet
24	2	13 van onder	Tleming's	Fleming's
25	2	26 van onder	halve zweving	kwart zweving

VERBETERDE

opgave van prijzen der Afdeelingstijdschriften voor de leden.

Jaargang	1876 — 1877	*f*	2.—
„	1879 — 1880	„	0.75
„	1882 — 1883	„	1.—
„	1883 — 1884	„	1.—
„	1886 — 1887	„	1.—
„	1887 — 1888	„	1.—
„	1888 — 1889	„	1.—
„	1889 — 1890	„	0.40
„	1890 — 1891	„	1.50
„	1891 — 1892	„	2.—
„	1892 — 1893	„	2.—
„	1893 — 1894	„	2.—
„	1896 — 1897	„	1.25
„	1897 — 1898	„	2.—
Jaargang	1898 — 1899	*f*	2.—
„	1899 — 1900	„	2.—
„	1900 — 1901	„	2.—
„	1901 — 1902	„	2.—
„	1902 — 1903	„	0.75
„	1903 — 1904	„	1.50
„	1905 — 1907	„	1.50
„	1907 — 1908	„	1.—
„	1908 — 1909	„	
„	Aflev. I.	„	1.50
„	Aflev. II.	„	1.50
„	1909 — 1910	„	
	Aflev. I.	„	5.—
	Aflev. II.	„	0.50

KOLONIAAL
MUSEUM
HAARLEM

TIJDSCHRIFT

VAN HET

Koninklijk Instituut van Ingenieurs,

Afdeeling Nederlandsch-Indië

1910 (tweede halfjaar)

DRAADLOOZE TELEGRAFIE EN TELEFONIE

DOOR

C. J. DE GROOT.

BATAVIA
Javasche Boekhandel & Drukkerij
1910.

DRAADLOOZE TELEGRAFIE EN TELEFONIE

Mijne heeren.

Door de welwillendheid van het „*Bestuur van Uw Instituut*", is het mij vergund, heden avond eenige woorden tot U te richten over het nieuwste op het gebied der „*draadlooze Telegrafie en Telefonie*".

Nu na vele wederwaardigheden, zooals de mislukte „Wackers-Delprat" concessie, de Regeering besloten heeft, zelf de „Draadlooze Telegrafie" in den Archipel zoonoodig in te voeren en reeds de „*Telegraafcommissie*" is benoemd, op welker programma ook de draadlooze telegrafie staat, terwijl reeds stappen worden gedaan tot het bestellen van proefstations, mag een meer algemeene belangstelling bij het Indisch publiek verwacht worden.

Was men het er voor eenige jaren in vakkringen algemeen over eens, dat de draadlooze telegrafie als „af" was te beschouwen, voor zooverre het apparaten en machines betrof, en beschouwde men als eenigst mogelijke verbetering het aanbrengen van inrichtingen tot het *concentreeren der golven in eene bepaalde richting* en tot *geheimhouding* der overgeseinde teekens voor onbevoegde afluisteraars, de praktijk der laatste jaren heeft bewezen, dat ook aan de reeds als volmaakt beschouwde toestellen en schakelingen belangrijke verbeteringen konden worden aangebracht.

Het zij mij vergund, U heden avond over deze zeer zeker interessante verbeteringen bezig te houden, zoo ook over de reeds aangestipte inrichtingen tot het *richten* en *geheimhouden* der aan den ether toevertrouwde berichten.

Ik weet niet, in hoeverre ik bij mijne geachte toehoorders kennis der vroeger gebruikelijke middelen tot draadlooze-berichten-overbrenging mag aannemen, ook in verband met de hier ter stede reeds plaats gehad hebbende lezingen, dit onderwerp betreffende, door den ingenieur van den Post-en Telegraafdienst v. KUIJCK en den ingenieur ONNEN, toch komt het mij gewenscht voor, hoofdpunten uit de geschiedenis en het wezen der draadlooze telegrafie kort aan te duiden, alvorens over te gaan tot het eigenlijk onderwerp van dezen avond.

Het worde mij niet ten kwade geduid, indien ik de geheele voordracht in populairen vorm heb gegoten; het algemeen belang, dat het onderwerp heeft, ook voor niet-ingewijden, eischt, dat ik onder mijne toehoorders ook lieden aanneem, die niet gaarne een voordracht doorspekt zien met theoretische afleidingen en formules. Zouden echter enkele mijner toehoorders op een of ander punt van mijn betoog dieper willen ingaan, zoo houd ik mij aan het einde mijner lezing ten zeerste aanbevolen.

Om niet te ver terug te grijpen, willen we buiten beschouwing laten alle vroegere systemen, welke niet berusten op het overbrengen der berichten door middel van electrische golven, d.z. ethertrillingen van golflengten, welke in centimeters tot kilometers gemeten worden en welke zich met licht-snelheid voortplanten. Deze systemen zijn legio en de draadlooze telegrafie is beslist van ouderen datum dan de berichtoverbrenging- langs- den- draad. Deze methoden berustten op benutting van licht- en geluidgolven, electrische strooming- en inductie werking enz.

De voorloopers tot de eigenlijke draadlooze- of ethertelegrafie met lange golven waren de proeven van HERZ, welke de mogelijkheid eener draadlooze telegrafie met de hiervoor beschreven golven aantoonden (fig. 1). De middelen *zender:* een *radiator*, bestaande uit twee kogels van 30 cm. middellijn, welker middelpunten op 1 M. van elkander verwijderd waren en welke door een inductor geladen werden en zich ontlaadden door een vonk tusschen twee kleine kogels, welker afstand = 1 cm. was (= 36000 Volts. Golflengte door HERZ bepaald op *480 cm.*); *ontvanger: ressonnator* (een gesloten draadfiguur door klein luchtruim onderbroken), waren zeer primitief en veroorloofden slechts eene teekenwisseling over korten afstand, toch toonden zij de mogelijkheid eener draadlooze telegrafie aan en veroorloofden zij eene bestudeering van de eigenschappen dezer ethertrillingen. HERZ vond, dat ze alleen in golflengte verschilden van de lichtethertrillingen. Ze lieten zich terugkaatsen door electrisch geleidende, geïsoleerde oppervlakken, zelfs con- en di-vergeeren door gebogen oppervlakken, ze lieten zich breken door prisma's van niet-geleiders als parafine, pek, ijs enz., aldus bewijzende, dat voor electrische golven de geleiders ondoorschijnend, de niet-geleiders door-

schijnend zijn; ook door roosters uit metaal kon men de interferentie-werking, als bij licht, aantoonen.

Ook kon HERZ de golflengte van de, door den *radiator* uitgezonden trillingen bepalen, door de golven tegen metaalvlakken terug te doen kaatsen en zoo staande golven te doen ontstaan, waarin de *knoopen* en *buiken* met zijnen *ressonnator* duidelijk waren aantetoonen.

Alleen dus ontbrak nog een krachtiger zender en gevoeliger ontvanger en de draadlooze telegrafie was verwezenlijkt.

Spoedig bouwden ook andere vorschers *radiatoren*, waarvan die van RIGHI het bekendst geworden is, daar hij later MARCONI als zender diende (fig 2a).

Hij bestond uit twee metaalkogels van *4 cm.* middellijn, gedeeltelijk in olie gedompeld en voorzien van twee hulpkogels, waardoor de lading plaats greep (A B = 1 mm. aA en Bb = 2 cm.), alleen vonk bij AB van oscilleerende natuur. Golflengte ca. 10 cm.

Voor Φ A en B = 0.8 cm. λ = 2.5 cm.

Als veel gevoeliger ontvanger vond men spoedig de nu algemeen bekende en verspreide metaalvijlsel-coherer. In 1890 ongeveer hield zich de professor der katholieke universiteit te Parijs EDUARD BRANLY onledig met de studie over de geleidbaarheid van metaalvijlsels, toen door toeval een inductor in de buurt van den proefnemer in werking gebracht werd en hij eene kolossale vermindering van den weerstand van het metaalvijlsel bemerkte. LODGE, zoowel als de Russische professor POPOFF bedienden zich al van deze ondervinding tot het aantoonen der electrische golven, de laatste reeds in 't jaar 1896 zelfs in verbinding met eenen luchtgeleider of antenne ter bestudeering van luchtelectriciteit (zie fig 2b). Beiden gebruikten reeds eenen mechanischen resp. electrischen afklopper om den *coherer* in zijnen niet-geleidenden toestand terug te brengen, zoo ook relais. We zullen zien, dat we deze deelen in de *Marconi*-toestellen terug vinden.

Over wat eigenlijk in den coherer geschiedt, zijn boekdeelen geschreven en is men het nog niet eens geworden; in ieder geval hebben de proeven van menschen als T. ERSKINE MURRAY aangetoond, dat de geleidbaarheid niet zoozeer door de ethertrillingen, dan wel door een spanningsverschil tusschen de electroden, waartusschen het metaalvijlsel zich bevindt, ontstaat.

Proeven in 1900 met verschillende coherers der *Marconi* Mij. genomen, toonden aan, dat, zoo deze door middel van een potentiometer aan gelijkstroomspanning werden gelegd, bij elke spanning voor eenzelfden coherer een bepaalde weerstand behoorde en wel veranderde de weerstand *niet* plotseling bij eene bepaalde grensspanning, doch geleidelijk volgens eene kromme, veel overeenkomst hebbende met de *magnetiseerings*-kromme voor ijzer, dat is: er is een buik in de kromme, waarna de geleidbaarheid praktisch niet meer wordt vergroot (fig 3). De spanning, ongeveer bij dezen *buik*, kan men de cohererspanning noemen en deze spanning is noodig om den coherer zoo geleidend te maken, dat een relais zeker aanspreekt. De benoodigde gelijkstroomspanning varieerde bij verschillende coherers van 0,1 Volt. voor *te* gevoelige, tot 10 Volt. voor *te* ongevoelige coherers. Goed werkende coherers hadden zoo ongeveer 3 Volt noodig.

Een verder ingaan op de theorie van den coherer lijkt me overbodig, daar de coherer, hoewel een praktisch zeer bruikbaar instrument geworden, zeer ongevoelig is tegenover later gevonden *detectoren* en uiterst gevoelig is voor atmosferische ontladingen, zoodat hij in *Indië* bijna onbruikbaar wordt en ook elders meer en meer door andere detectoren wordt verdrongen, ja bij de nieuwste draadlooze systemen in het geheel niet meer bruikbaar is. Dit is zeer jammer, daar wereldfirma's al het hunne gedurende 10 lange jaren er toe hebben bijgedragen om uit de *grillige* Branlysche buis een betrouwbaar instrument te maken en tot nu toe eene zoo eenvoudige vorm van schrijfontvanger niet gevonden is voor de nieuwere systemen. Hiertoe droeg zeer bij het *evacueeren* van den coherer.

In zijn grondvorm was ook dit *electrische oog* reeds bekend, toen in 1896 de toen 22 jarige GUILGELMO MARCONI met een systeem op den voorgrond trad, dat direct praktisch bruikbaar bleek en waarmede een betrekkelijk groote afstand kon worden overbrugd.

MARCONI gebruikte den Righi'schen Radiator, in de brandlijn van een parabolischen spiegel geplaatst, zoodat zijn eerste systeem tevens *„gericht"* was. Deze Righische Radiator werd door een Rhumkorffschen inductieklos in werking gesteld, zoodra door het neerdrukken van een gewonen telegraafsleutel de primaire wikkeling daarvan door onderbroken gelijkstroom werd gespijsd.

Als ontvanger werd de voorbeschreven coherer gebruikt met relais, afklopper en Morse-schrijver, juist als bij het systeem POPOFF; aan den coherer waren verder twee metaalstrooken verbonden, welke op juisten maat werden afgesneden overeenkomstig de golflengte der aankomende trillingen, zoodat ook reeds eene zekere *afstemming* op den gever aanwezig was.

Bij zijne verdere proeven gebruikte Marconi in plaats van den spiegel en de metaalstroken op gever resp. ontvanger, luchtdraden, welke aan hooge masten waren opgehangen op voorbeeld van den ontvanger van POPOFF; het aanbrengen van den luchtgeleider ook bij den gever is de hoofdverdienste van Marconi, daar hierdoor de eerste stap gedaan werd op het gebied der *groote-afstand-telegrafie*, daar de golflengte van eenige cm. op tientallen meters werd gebracht (ca. 4 × lengte luchtdraad) en deze „lange" golven, wat absorptie door

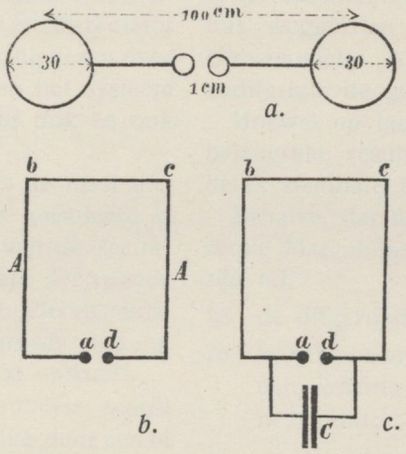

FIG. 1.

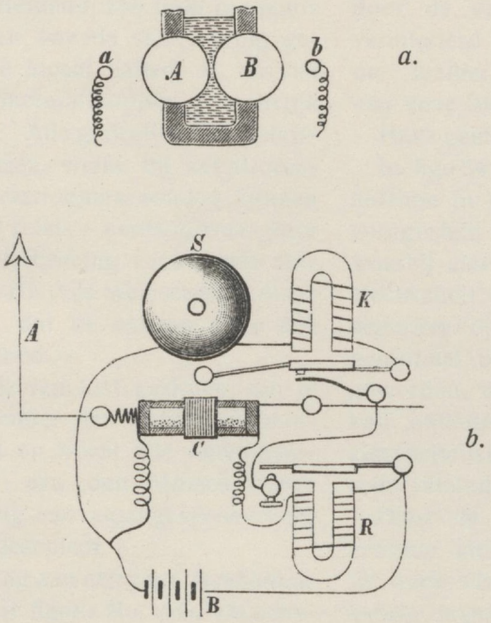

FIG. 2.

hindernissen en het gemakkelijk volgen der aardkrommingen betreft, groot voordeel opleveren boven de kortere.

Dat MARCONI zich van dezen belangrijken stap niet bewust was, blijkt wel daaruit, dat hij den Righi-radiator bleef gebruiken; spoedig echter verving hij dezen door twee eenvoudige metaalballen en kwam het systeem tot stand, dat direct algemeene aandacht trok en ook algemeene toepassing vond (fig 4).

In nevenstaand schakelschema is links de mast met vangdraad *a* zichtbaar, die van boven geisoleerd is opgehangen en van onderen naar een van de secundaire klemmen van het inductorium gaat. De tweede secundaire klem is geaard en tusschen beide klemmen zijn de ontlaadkogels aangebracht, waarover zich de, door het inductorium geladen, luchtdraad ontlaadt.

De primaire wikkeling van den inductor wordt doorloopen door een batterijstroom, welke door een of anderen onderbreker rythmisch wordt onderbroken, (batterij en onderbreker zijn op de figuur weggelaten), zoodra een Morsetaster (in de figuur duidelijk zichtbaar) wordt neer gedrukt.

De Morsetaster is door MARCONI voor dit doel van een' geisoleerden staart voorzien, waaraan een contact zit, dat verbonden is aan den luchtgeleider. In den ruststand (ontvangstand) wordt daardoor de antenne aan het rechts zichtbare ontvangtoestel gekoppeld, terwijl bij het geven dit laatste deel is afgeschakeld.

Het ontvangtoestel bestaat uit coherer; smoorspoelen B, welke verhinderen, dat de ontvangtrillingen door het relais gaan; een element P, en een relais; wordt bij ontvangst de coherer geleidend, zoo trekt het relais zijn tong aan, waardoor een tweede stroomkring gesloten wordt n. l. door de locaal batterij P_2 en van daar gedeeltelijk door den cohererafklopper, gedeeltelijk door den Morseschrijver M. Alle gedeelten, als relais-afklopper- en schrijver- klossen, welke bij het stroomsluiten en onderbreken extrastroomen zouden kunnen doen ontstaan, zoo ook het relais — contact, waar door deze extrastroomen een onderbreking vonk zoude ontstaan, zijn door groote inductievrije weerstanden overbrugd, om te voorkomen, dat de coherer door den ontvanger zelf wordt beïnvloed.

Het geheel is in een ijzeren kist gesloten, om te voorkomen, dat de eigen zender den ontvanger beinvloedt: deze kist is geaard en bevat alle ontvangapparaten met uitzondering van den Morseschrijver welks invoering ter afsmoring van eigengever-werking door eenen smoorspoel B geschiedt.

Ik wil u ook even de werking aan een paar demonstratie-apparaatjes vertoonen (zie figuur No. 44). De schakeling komt in hoofdzaak met de Marconischakeling overeen. De antennes zijn 1 Meter hoog. Aarde kan in ons geval niet gebruikt worden, daar anders de gever, op den kleinen afstand van 7 Meter van den ontvanger, dezen zoude beschadigen. De aarde is daarom vervangen door een z.g. afgestemd tegengewicht, onder de zender en ontvangtafel aangebracht. Deze kunnen, zooals BRAUN later aantoonde, de aarde vervangen. Verder is de bescherming tegen eigen zender niet noodig en dus weggelaten en is behalve de Morseschrijver een Galvanometer aangebracht, aan welks uitslag mijn auditorium de goede werking kan controleeren.

Hoewel op tamelijk groote afstanden met dit systeem belangrijke resultaten zijn verkregen, kleven toch duidelijk zichtbare fouten daaraan:

Behalve, dat de *richtbaarheid* en de *afstemming* der eerste Marconiinstallatie hierbij verloren zijn gegaan, zijn n.l.

1e. de uitgezonden golven *sterk gedempt*;

2e. is het *onmogelijk zeer groote energiën* uit te zenden, waardoor spoedig de grens der vertewerking is bereikt;

3e. zit de *coherer* op *de ongunstigste* plaats.

Sub 1. De *zender* is *sterk gedempt*. Hieronder verstaan we, dat bij den *open* oscillator, zooals de antenne is, d.i. een kring bestaande uit *capaciteit, zelfinductie* en zoo klein mogelijken *Ohmschen weerstand*, waarbij de beide oppervlakken van de capaciteit (antenne-aardoppervlak) ver van elkander gelegen zijn, zich bij lading een sterk electrisch veld vormt, dat bij ontlading wordt afgesnoerd en waardoor energie van antenne wordt vrijgemaakt. Daar, evenals bij de ontlading van een Leidsche flesch, deze *niet* in ééne richting is, doch *oscilleerend*, zal bij elke halve oscillatie energie worden afgesnoerd doch in steeds mindere mate, daardoor de vorige afsnoering de energie op de antenne verminderd is. De amplitude van elke afsnoering is dus kleiner dan de vorige en men spreekt derhalve van eene sterk gedempte uitstraling. (fig 5 a en b).

HERZ geeft voor deze afsnoering de volgende explicatie:

In fig. 5a is het electrische veld van eene *Marconi*-antenne in geladen toestand afgebeeld. Dit veld kan voorgesteld worden door een groot aantal krachtlijnen, waarbij elke krachtlijn eene zekere hoeveelheid *positieve* electriciteit op de antenne met eene gelijke hoeveelheid *negatieve* op het aardoppervlak verbindt. Is nu het potentiaal verschil tusschen antenne en aarde zóó groot geworden, dat de antenne zich over den vonkenbrug kan ontladen, dan vloeit het beschouwde positieve electriciteitsdeeltje naar de aarde af en met hem het eene uiteinde van de krachtlijn.

Door de zelfinductie van het systeem ontlaadt de antenne zich echter niet eenvoudig tot de potentiaal *O*, doch vloeit nog meer electriciteit af, waardoor de lading *negatief* wordt. Er ontspruiten uit de afgevloeide positieve deelten krachtlijnen, die eindigen in gelijke negatieve op de antenne, waardoor een tweede veld ontstaat als het vorige doch van minder intensiteit, daar een deel van de positief geladen aarddeeltjes uitgaande krachtlijnen met de op aarde zijnde

negatieve deeltjes blijft verbonden (fig. 5b). Dit deel wordt dus afgesnoerd, het andere deel, met de antenne electriciteit verbonden, dringt de eerst bedoelde ring naar buiten. Het spel herhaalt zich nu met steeds kleinere amplitude, tot de antenne volkomen ontladen is. Er ontstaan krachtlijnfiguren, waarin de richting dezer lijnen afwisselt. Men spreekt daarom van positieve en negatieve golfbergen en noemt de afstand tusschen twee positieve maximum-amplituden de golflengte λ. Deze is ongeveer gelijk vier maal de antennelengte.

Deze demping door straling is eene *nuttige*. Er is nog eene *tweede* demping aanwezig, n.l. die door *Joulesche warmte* als gevolg van den weerstand van den antennegeleider (koper- en aard-overgangsweerstand), strooiïng en vonkenbrug. Deze demping is *schadelijk* en moet tot een minimum worden gereduceerd.

Door de demping is de electriciteits beweging in de antenne sinusöidaal met afnemende amplitude, terwijl de sinusöidale beweging met constante amplitude met gelijkmatige uitstraling de ideale is. Een dergelijk sterk gedempte zender verhindert volstrekt niet eene groote vertewerking, zoo het systeem genoegzame capaciteit bezit, doch wordt de energie explosieachtig uitgestraald met groote amplitude en groote tusschenpoozen, waardoor op voldoenden afstand detectoren, welke op spanning aanspreken, als de *coherer*, aanslaan, anderszijds echter eene afstemming juist door de groote beginamplitude en de snelle afname niet mogelijk is, zooals we zullen zien.

Als mechanisch synoniem heb ik hier een verticale plank van groote breedte en geringe dikte, onder vast ingeklemd, opgesteld. (zie fig. No. 44).

Breng ik deze mechanische antenne door buigen en loslaten in trilling, zoo is deze beweging forsch doch spoedig geëindigd door de sterke demping door de luchtwrijving, analoog aan de uitstraling; we hooren dan ook duidelijk een toon veroorzaakt door de aan de lucht medegedeelde energie.

Sub 2. Beperking vau den werkingssfeer.

De energie, die in zoo'n slingerend systeem per ontlading in beweging wordt gezet, is, afgezien van de verliezen:

$$\frac{1}{2} C \quad V^2$$

als C de capaciteit van het systeem is, hier van antenne tegenover aarde en V de spanning, waartoe de geleiders werden geladen vóór de vonk oversprong. Nu is aan C praktisch spoedig een grens verbonden. Wel heeft MARCONI in die richting gewerkt door verveelvuldiging van de antenne, doch de capaciteit van zoo'n stelsel neemt bij lange na niet evenredig toe met het aantal draden. Ook heeft MARCONI zijn antenne voorzien van een draadharp boven in of metaalplaten; ook heeft hij de antenne gebouwd in den vorm van een luchtcondensator, waarbij, door ongelijke dimensioneering van binnen- en buitenbekleeding, eene straling mogelijk werd gemaakt, (fig. 6a, 6b, 6c.) zoo hebben ook LODGE & MUIRHEAD dubbele metaalconussen gebruikt; men was spoedig aan de grens van het mogelijke gekomen.

Ook bij den anderen factor, de vonkenspanning, was men spoedig aan een grens, daar daarboven door de sterke afkoeling, de vonk zijn oscilleerend karakter verloor. Men kon de vonken potentiaal nog iets opdrijven door den vonk te verdeelen in eenige in serie geschakelde kortere vonken, doch worden bij die hoogere vonkenspanningen ook de isolatiemoeilijkheden van de antenne grooter. Om tot nog grootere afstanden over te kunnen gaan, moest men een anderen weg inslaan, die we later zullen behandelen. Eerst wil ik wijzen op den derden fout van de *Marconi*-inrichting n.l. de *foutieve plaats van den coherer*, om daarna te zien, hoe andere vorschers dien fout zijn ontgaan.

Sub 3. Zooals reeds aangetoond, spreekt de coherer enkel en alleen op *spanning* aan, het zij gelijk- of wisselstroom.

Zoodra nu de golfbeweging aan de ontvangantenne is aangekomen, zet de electriciteit daarin zich in beweging, evenals b.v. een kurk op het water drijvend in een glazen buis, zoodra dit water door een steenworp (explosieachtige Marconi-ontlading) in trillende beweging is gebracht. Beter nog denken we ons een eenzijdig gesloten buis met het open uiteinde in het water gestoken; bij aankomst der trillinggolven, zal het niveau van het water in het buisje op en neer bewegen; onder is de heftigste beweging d.i. grootste stroombuik, boven, waar de lucht niet weg kan, alleen een spanningsbuik evenals bij de gesloten orgelpijp of bij de ontvangantenne, waar de electriciteit onder in de antenne zich vrij bewegen kan naar de aarde, boven echter alleen „*zich comprimeeren*".

Is nu de lengte van den ontvangluchtdraad $= \frac{1}{4} \lambda$, dan zal bij aankomst van de golfbeweging de electriciteit in de *geaarde* antenne zich in medetrilling zetten als in een eenzijdig gesloten klankbord van een stemvork, of als de lucht in een resonnantiebol van HELMHOLZ; er ontstaat dan door reflectie tegen het gesloten uiteinde (bij de antenne: geïsoleerde draaduiteinde) een staande *longitudinale trilling* met *spanningsbuik* in den top en *stroombuik* aan het ondereinde. Weten we nu, dat de *metaalvijlselcoherer* op spanning reageert, zoo zien we, dat de juiste plaats voor dit instrument de *top* van de antenne is en *niet het ondereinde*, alwaar zich een noemenswaardige spanningamplitude tegenover de aarde niet vormt. Hoe het dan mogelijk was, dat MARCONI over zulke groote afstanden nog voldoende werking verkreeg?

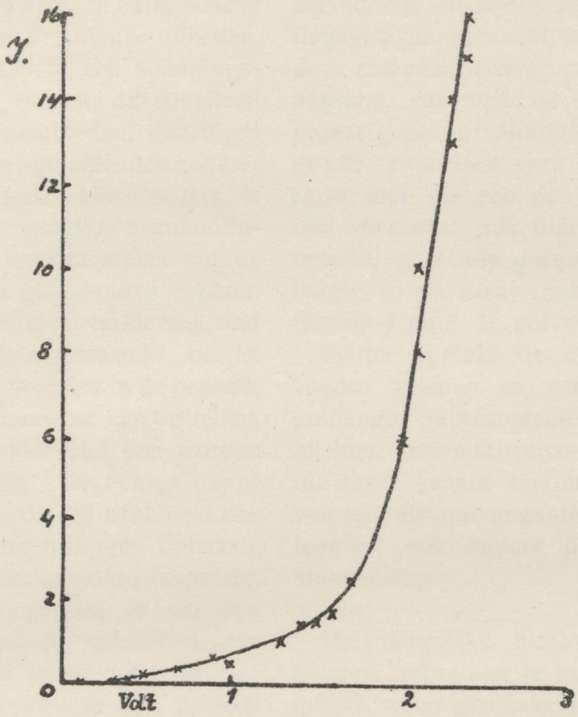

FIG. 3.

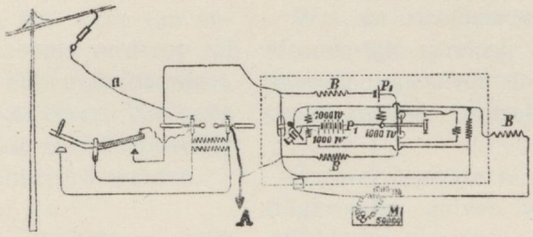

FIG. 4.

Men nam aan, dat, daar de zender naast de grondtrilling ook hoogere harmonische uitzond, hoewel in mindere mate juist deze harmonische eigenlijk de werking veroorzaakte.

Dat dit kan, zien we, als we b.v. de 2e harmonische van den grondtrilling graphisch op de antenne uitzetten. Daar er hierbij onder aan de antenne een spanningsbuik moet ontstaan, spreekt het vanzelf, dat dit alleen bij een *geisoleerde* antenne kan geschieden, waartegen niets in te brengen is, daar bij niet-geleidenden coherer de antenne inderdaad van den bodem geïsoleerd is. Is eenmaal de coherer geleidend, dan kan deze evenharmonische niet meer bestaan, doch werken alleen nog de oneven-harmonischen op den nu geleidenden coherer.

Hoewel deze algemeen aangenomen verklaring zeer verlokkelijk is, is ze desniettegenstaande beslist *onwaar*, daar om dezelfde reden, waarom in de *geaarde* ontvangantenne geen even harmonische kan optreden, deze ook door den *geaarden* zender niet kan worden uitgezonden, dus niet kan bestaan. De eenige explicatie, die mij reëel voorkomt, is, dat bij aankomst van een golfberg in de antenne geene trillingen ontstaan, doch deze eenvoudig electrostatische lading aanneemt, totdat de ladingspanning groot genoeg is om den coherer door te slaan. Is de coherer geleidend, dan eerst treedt de staande trilling in de antenne op:

Dit is dus eene gebrekkige constructie van de ontvangantenne en dit werd ingezien door den duitschen Professor A. SLABY en met groote genialiteit wist hij dit euvel te verhelpen en daardoor den grondslag te leggen tot het naar hem en graaf ARCO genoemde systeem van draadlooze telegrafie.

Want hoewel MARCONI met groote halsstarrigheid het werk van anderen blijft negeeren, door tot op den huidigen datum nog altijd te spreken van „other so called systems", er ligt zeker méér „*systeem*" in het werk van dezen vorscher dan in het van bestaande deelen combineeren tot een zoovele gebreken aanklevend systeem als het *Marconische*. Zèker, MARCONI heeft zijne verdiensten en heeft ook later getoond een groot combinatievermogen te bezitten, doch de grootste verdiensten worden te niet gedaan door grenzenlooze zelfoverschatting, minachting van het werk van anderen (kopieeren doet hij het *wel* zooals verderop zal blijken) en last not least groote onbetrouwbaarheid, zooals zijne handelingen tegenover de heeren WACKERS en DELPRAT bewijzen, welke door den Engelschen rechter met „*common cheet*" gequalificeerd werden.

Natuurlijk was het om praktische redenen onmogelijk de coherer boven in de antenne te plaatsen, doch gelukte het SLABY op eene andere meer bereikbare plaats een spanningsbuik tot stand te brengen (fig. 7a.)

De antenne, die geaard is, is na aarding verlengd door een verlengspoel V, die gelijkwaardig is aan de antenne, zoodat zich niet een kwart trilling op het systeem vormt doch eene halve trilling met een spanningsknoop op de aardingsplaats en tweede spannings- buik bij den coherer, die anderzijds door een condensator geaard is. Vóór den coherer is nog een spoel met groote zelfinductie en kleine capaciteit afgestemd op het trillingsgetal aangebracht, waardoor de spanningsamplitude door *resonnantie* vergroot wordt dus de coherer zekerder aanslaat, van daar de naam, door SLABY aan dit apparaat gegeven: *Multiplicator*. Verder is, daar de zeer groote capaciteit van den aardingscondensator, in serie met die van den multiplicator het trillingsgetal niet verandert, ook hier een zeer preciese afstemming bereikt, daar alle golven, niet gelijk 4 × de antennelengte, in de aarde verdwijnen en dus aan het aardings- (knoop-) punt de golven gezift worden.

Echter spreekt de coherer bijna onverzwakt aan, zoodra antenne en verlengspoel samen eene halve golflengte representeeren, zoodat b.v. een bliksemafleider, ijzeren scheepsmast ja zelfs levende boom enz., die reeds geaard zijn, met dit systeem kunnen gebruikt worden als ontvangantennes voor verschillende golflengten, ook andere dan die gelijk aan 4 maal de antennelengte.

Om dergelijke bestaande antennes ook als zendantenne gebruiken te kunnen, werd ook de zender op gelijke wijze geschakeld (Zie fig. 7b).

Is dus bij het *Slaby-Arco* systeem tegenover het Marconi systeem het voordeel der *afstemming verkregen*, is de *coherer op de juiste plaats gekomen*, toch mist men nog de *richtbaarheid* der golven en is de zender nog *vrij sterk gedempt* en ook de *vertewerking* even begrensd als bij het Marconi — systeem. De hier geprojecteerde photo geeft u een beeld van een compleet *Slaby-Arco* station (fig. 8); duidelijk is tegen den wand de Rhumkorffsche inductor zichtbaar, midden op de tafel het flesschenhuis, waarin de condensatorbatterij en vonkelectrodes, onder de tafel de turbineonderbreker van den inductor, links de ontvangapparaten en geheel links de antenneverlengspoel V.

Wat de *richtbaarheid* betreft, daarover zal ik later afzonderlijk spreken; de beide andere euvels werden spoedig opgeheven door het vruchtbaar vorschen van eenen anderen Duitschen professor F. BRAUN.

Zoowel *beperkte vertewerking* en *sterke demping* der uitgezonden golven werden door een en denzelfden gelukkigen kunstgreep opgeheven.

Prof. BRAUN bracht daardoor minder sterk gedempte golven tot stand, dat hij deze liet ontstaan in een systeem, waarin de demping niet noodeloos werd vergroot door de nuttige straling; dus door een systeem, dat geene noemenswaardige energie naar buiten afgaf in den vorm van een electrisch veld. Zagen wij, dat

dit veld zijn ontstaan bij den Marconi-zender daaraan te danken had, dat de capaciteit van het systeem gevormd werd door een soort condensator (antenne aarde) met groote electrische strooiing, zoo is het duidelijk, dat bij den Braunschen-zender er naar gestreefd werd, deze beide vlakken dichter bij elkaar te brengen, m. a. w. men ging tot het gebruik over van condensatoren in den eigenlijken zin des woords: Leidsche flesschen, plaatcondensatoren enz. De trillingskring bestond dus uit eenen condensator, een vonkenbrug en eene zelfinductie, daar zonder zelfinductie eene oscilleerende ontlading onmogelijk is. Wordt nu de condensator aan de beide polen van een Rhumkorffschen inductieklos verbonden, dan heeft bij in werkingtreding van dezen hoogspanningstransformator eerst lading van den condensator plaats, dus opeenhooping van potentieele energie, tot de vonk overspringt, waarna ontlading volgt door de zelfinductie van het systeem. De energiehoeveelheid wordt nu omgezet in arbeidsvermogen van beweging. Verwaarloozen we nu voor een oogenblik alle verliezen, zooals die door Ohmschen weerstand van vonkenbrug, stroomloop en de condensatorverliezen, zoo zal dat arbeidsvermogen van beweging zich weer in arbeidsvermogen van plaats moeten omzetten, zooals b.v. een vrijgelaten slinger, die in eene uitwijking uit den middenstand arbeidsvermogen van plaats had, dit bij loslating in arbeidsvermogen van beweging omzettende, niet in den middenstand zal blijven staan, doch dit arbeidsvermogen van beweging, bij afwezigheid van verliezen, noodzakelijk weer zal moeten omzetten in arbeidsvermogen van plaats, zoo niet een oneindigdurende beweging in ééne richting mogelijk is (als bij een vliegwiel). De slinger zal m.a.w. tot rust komen in een stand, waarin weer dezelfde hoeveelheid arbeidsvermogen van plaats aanwezig was als in 't begin en de beweging draait zich dan om. Zoo ook hier. Het arbeidsvermogen van beweging zet zich geleidelijk weer om in arbeidsvermogen van plaats, d.i. de stroom, die eerst toenam, neemt af, wordt *nul*, terwijl de hoeveelheid electriciteit, die oorspronkelijk op de eene condensatorvlakte opgehoopt was, zich nu bevindt op de andere en het spel draait om, d.i. er volgt eene ontlading in tegengestelde richting, dan weer eene in de eerste richting en zoo vervolgens en deze beweging zoude bij afwezigheid van verliezen tot in het oneindige gaan, d.i. we zouden eenen generator bezitten tot het voortbrengen van *ongedempte trillingen*.

Deze ideaaltoestand bestaat echter niet, er zijn verliezen: in geringere mate in den condensator en de kringgeleidingen, in meerdere mate in den vonk.

Toch is deze demping belangrijk minder dan bij den Marconi-zender, daar, zooals we later zullen zien, de demping door straling minder groot, doch ook de vonkendemping belangrijk geringer is.

Zijn we bij den Marconi-zender op betrekkelijk geringe capaciteit aangewezen door de praktisch mogelijke afmetingen van de antenne, hier is er geen bezwaar tegen, om de capaciteit belangrijk op te voeren, daar we met eene flesschenbatterij te doen hebben. Bij gelijk uitgezonden energie per vonk is dus de opgehoopte energie $\left(\frac{1}{2} C V^2\right)$ vóór de ontlading met belangrijk kleiner V te bereiken; de vonklengte, de vonkweerstand, dus ook de vonkdemping neemt daardoor af en ook de grens voor eene oscilleerende ontlading ligt hooger, zoodat we met dezen zender meer energie in beweging kunnen zetten, dus de vertewerking vergrooten. *Marconi* past derhalve, naast zijn ouden zender bijna overal, waar het op overbrenging van teekens op verren afstand aankomt, het „*so called*" Braunsche systeem toe. In nevenstaande figuur 9 ziet men links de oude Marconi-gever, rechts een Braunschen-gever, kenbaar door flesschenbatterij. Mechanische synoniemen voor dit stelsel zijn verder nog bijv. de stemvork zonder klankbord en een systeem van massa en veerkracht (synoniem met zelfinductie en capaciteit), 't welk ik hier heb opgesteld. (Zie fig No. 44.)

Het bestaat uit een' linéairen stalen veer, welke onder is ingeklemd en boven met een gewicht is bezwaard, de veerspanning representeert de capaciteit, het verzwaringslichaam of liever zijn kinetische energie is de zelfinductie. Zelfinductie en capaciteit zijn hier gescheiden als in den Braunschen kring in tegenoverstelling met de reeds beschouwde plank (Marconi-zender), waar zelfinductie en capaciteit geleidelijk zijn verdeeld. Brengt men de veer uit zijn evenwichtsstand (laadt men den condensator) en laat men hem dan plotseling los (ontlaadt condensator door vonkenbrug), dan zet het door spanning van arbeidsvermogen van plaats voorziene systeem haar arbeidsvermogen van plaats om in zulk een van beweging, d.i. het systeem krijgt eene versnelling, gaat door den evenwichtsstand heen en zet nu zijn arbeidsvermogen van beweging weer om in dat van plaats, dus vertraging, stilstand, waarbij een zelfdearbeidsvermogen van plaats wordt bereikt als voorheen; alleen is er spanning van den veer (lading condensator) in de andere richting.

Het systeem snelt nu in tegengestelde richting terug en zoude eeuwig aan het slingeren blijven, zoo geene energieafgifte geschiedde. Door buiging verwarmt zich de veer aan het inklempunt (overeenkomstig condensatorverlies), ook de wrijving van de lucht vermindert gestadig de amplitude der beweging, overeenkomstig de weerstand, demping; toch blijft deze trilling lang bestaan, daar geene belangrijke energieafgifte naar buiten optreedt; bij den Marconi-zender (plank) was dit door het groote oppervlak (groote nuttige straling) wel het geval. Ik blijf expres lang bij de Braunsche schakeling staan, omdat ze bij alle tegenwoordige, ook bij de nieuwste systemen wordt toegepast. De naam *energieschakeling* wijst genoegzaam op het groote doel van den vinder.

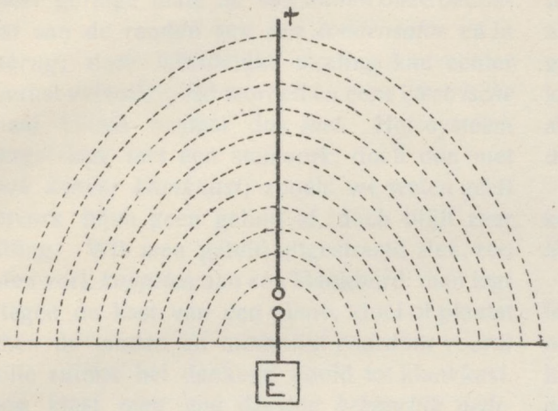

FIG. 5 *a*.

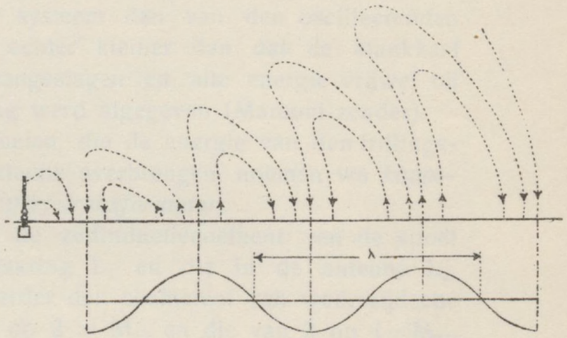

FIG. 5 *b*.

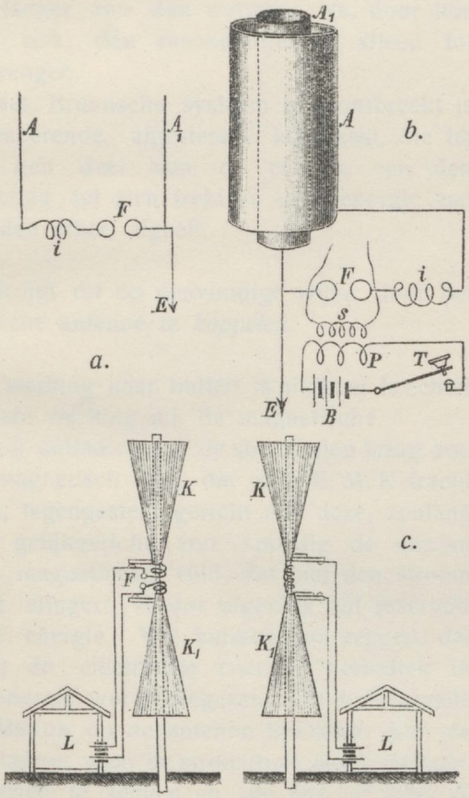

FIG. 6.

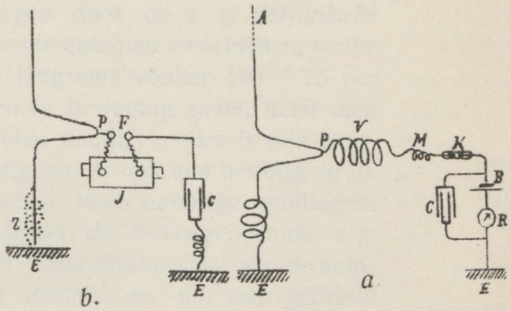

FIG. 7.

Zooals echter gezegd, is aangenomen. dat geene energie naar buiten wordt uitgestraald. Dit is bij den Braunschen kring ook het geval, daar een electrisch veld alleen in zeer geringe mate en wel buiten onze bedoeling onstaat aan de randen *van den condensator* en in de *vonkenbrug*; deze schadelijke straling kan echter praktisch gerust verwaarloosd worden en eene *electrische* werking naar buiten onstaat dus *niet*. Het systeem heb ik vergeleken met een stemvork, doch dan met een *stemvork zonder klankkast*; zooals we weten geeft zoo'n stemvork bijna geen geluid af, doch blijft zeer lang in trilling. Wil men geluid uitgestraald zien, zoo moet men den vork *koppelen* aan een klankbord: men legt den steel tegen de kast van een piano, viool of plaatst haar tusschen de tanden en misbruikt daardoor vooral bij veel holle ruimte het denkend hoofd tot klankkast.

Beter nog kiest men een daartoe *behoorlijk gedimensioneerde resonneerende klankkast*, dat is een zulke, die denzelfden toon als de stemvork voortbrengt, zoo ze afgescheiden van deze op eene of andere wijze (door slag enz.) in trilling wordt gebracht. We zullen nu een zeer sterken toon hooren bij het aanslaan of strijken van de stemvork, echter zullen we zien, dat de vork spoediger uitgetrild is door de energieafgifte, die bij elke trilling aan den klankkast en daardoor aan de lucht geschiedt; echter houdt de trilling veel langer aan dan wanneer we, door hoe hevigen slag ook, den resonnantiekast alleen tot aanspreken brengen.

Wat aan het Braunsche systeem nog ontbreekt is dus de resonneerende, afgestemde klankkast, die bij elke trilling een deel van de energie van den Braunschen kring tot zich trekt en deze energie aan het medium, den ether, afgeeft.

BRAUN verkrijgt dit op eenvoudige wijze, door het systeem aan eene antenne te *koppelen*.

Doch hoe?

Electrische werking naar buiten is nihil, er is echter wel eene andere werking n.l. de magnetische.

Doorloopt bij ontlading n.l. de stroom den kring, zoo ontstaat een magnetisch veld, dat eene E. M. K. tracht op te wekken, tegengesteld gericht aan deze, zoolang zij toeneemt, gelijkgericht, zoo spoedig de stroom afneemt. Dit magnetische veld, dat met den stroom heen en weer slingert, is dus eigenlijk het reservoir der kinetische energie. We kunnen dus zeggen, dat bij slingering de electrische energie periodiek in magnetische energie wordt omgezet. Dit pulseerende veld nu laat BRAUN op de antenne inwerken door de antenne ter plaatse, waar de stroombuik moet ontstaan, eenige windingen te leggen en die min of meer in het magnetisch veld te brengen, het min of meer er mede te *koppelen* en daardoor met den oscilleerenden kring. We zullen zien, dat hierdoor bij iedere trillingsperiode een deel der energie aan de antenne en van daar aan den ether wordt afgestaan en wel naar verhouding *grooter*, naar mate de koppeling *vaster* is.

Hierdoor wordt echter, zooals we bij de stemvork hebben gezien, de tijd, gedurende welke de trilling aanhoudt, verkort, de *demping* is dus grooter van het gecombineerde systeem dan van den oscilleerenden kring alleen, echter kleiner dan dat de klankkast alleen werd aangeslagen en alle energie vrijwel bij den eersten slag werd afgegeven (Marconi-zender).

De beide spoelen, die de energie van den trillingskring op de antenne overbrengen, noemen we *koppelingsspoelen of geef-transformator*.

Noemen we de zelfinductiecoëffient van de spoel in den trillingskring L_1 en die in de antenne L_2, noemen we verder den coefficient van wederzijdsche inductie van 1 op 2 = M_{12} en die van 2 op 1 = M_{21}, dan wordt de *graad der koppeling* uitgedrukt door de eenvoudige betrekking

$$K = \frac{M_{12}}{\sqrt{L_1 \; L_2}} \qquad K \begin{matrix} < 0.5 = \text{los} \\ > 0.5 = \text{vas} \end{matrix}$$

De beteekenis hiervan zal ik U aanstonds aanduiden.

Daar nu de coëfficient van wederzijdsche inductie afhankelijk is van het aantal krachtlijnen van den kring 1, welke de koppelingsspoel van de antenne doorstroomen bij eene stroomsterkte in spoel 1 van de eenheid, zoo zien we, dat, bij constante L_1 en L_2, de koppelingsgraad toe- of afneemt, al naarmate men de antennespoel meer of minder in het veld van de trillingskringspoel brengt. Dit bereikt men het gemakkelijkst door de antennespoel verticaal verschuifbaar of uit het veld draaibaar te maken. Hier heb ik het oog op eene *inductieve* koppeling van *trillingskring* en *antenne*.

Hoewel deze koppeling, zooals we zullen zien, bij het nieuwste op dit gebied al meer en meer wordt gebruikt, wordt ze in de oudere zwak gedempte *zenders* met voorliefde vervangen door de z. g. *galvanische* koppeling. Voor de groote energiehoeveelheden, welke bij de methoden der langzame vonken (10 — 15 per sec.) per vonk worden in beweging gezet, heeft men tamelijk massieve spoelen noodig, zoodat de rein *magnetische* koppeling lastig wordt ook met het oog op de groote spanning tusschen twee naburige windingen. We gebruiken daar liever de bovengenoemde z. g. galvanische, die tot de magnetische staat als de autotransformator tot den technischen n.l. men gebruikt een deel van de spoel van den trillingskring om daarvan de spanning voor de antenne af te tappen; er is dus eene galvanische koppeling, echter *naast* de magnetische, die blijft bestaan.

Buiten en behalve de eenvoud der construcctie, heeft deze koppeling ook het voordeel van groote economie, daar minder verlies door Joulesche warmte plaats heeft dan bij de zuiver magnetische. Ook laten *vaste* koppelingen zich gemakkelijker verwezenlijken. Bij de nieuwere methodes is men echter meer en meer uit

op het gebruik van *losse* koppelingen, zoodat deze galvanische koppeling voor den zender al meer en meer verdwijnt. Bij de allernieuwste z. g. Löschfunkenzenders komt de galvanische koppelingwijze echter weer in toepassing daar hierbij vast gekoppeld moet worden. Voor den ontvanger behoort ze reeds lang tot de oudheden, daar hierbij *losse* koppeling voor de afstemming hoofdvoorwaarde is.

Wat de *beteekenis* van den *koppelingscoëfficient* betreft, zoo is deze iets anders dan we wel aan het woord zelf zouden zeggen. We zouden aannemen, dat het eene grootheid is, die op de eene of andere wijze het verband aangeeft tusschen energie / stroomsterkte / spanning van het eene systeem en het daarmee gekoppelde. Dit is slechts op zeer indirecte wijze het geval.

Denken we ons de twee wikkelingen van den koppelingstransformator *volkomen gelijkwaardig*; wordt nu door eene uitwendige E. M. K. = E_a een stroom i_1 in de primaire wikkeling opgewekt, dan ontstaat eene magnetische inductiestrooming, die we E_m zullen noemen en welke in dezelfde wikkeling eene tegengestelde E. M. K. = E_1 induceert, die bij grooten inductieven weerstand van de spoel tegenover den Ohmschen weerstand, ongeveer = E_a is.

Plaatsen we nu de spoelen niet te dicht bij elkaar, b. v. zoodanig, dat van de inductiestrooming slechts $^1/_{10}$ door het, door de windingen van de 2e spoel ingesloten, vlak gaat, zoo zal de opgewekte E. M. K. in die secundaire spoel ook slechts $^1/_{10}$ van die in de primaire zijn, dus ook bij gelijke dimensioneering beider spoelen de stroomsterkte i_2. Deze echter induceert weder een stroom i_1^1 in de primaire wikkeling, zoodanig, dat $i_1^1 = {}^1/_{10}, \times i_2 = {}^1/_{100}\ i_1$. Hieruit ziet men, dat het mogelijk is b.v. per trilling $^1/_{10}$ der energie van den trillingskring op de antenne over te brengen, zonder dat daardoor eene belangrijke terugwerking op het primair systeem teweeg wordt gebracht; ja deze is bij de berekening bijna te verwaarloozen. wij zien het kolossale verschil met den technischen transformator, waar, afgezien van de geringe strooing, alle krachtlijnen van het primair systeem door het secundair systeem gaan en omgekeerd; de terugwerking is daar dus gelijk de primaire impulsie, dat is bij belasten transformator zal het terugwerkende veld het oorspronkelijke leegloopveld geheel trachten op te heffen; geheel geschiedt dit eerst voor *kortgesloten* transformator, zonder inwendigen weerstand.

Hier spreken we dan van eene *koppelingsfactor = 1.*

De koppelingsfactor drukt dus uit de verhouding van terugwerkend veld tot oorspronkelijk veld, of liever den wortel hieruit.

Het veld, door de primair-spoel nu geinduceerd, is evenredig L_1, dat, in de secundair-spoel geinduceerd, is evenredig M_{12}, resp. de zelfinductiecoëfficient van de primair-spoel en de wederzijdsche inductiecoëfficient van beide spoelen. De amplitude van de geinduceerde trilling tot de primaire is dus $= \frac{M_{12}}{L_1}$; op dezelfde wijze is de verhouding van de in den primairkring terugwerkende amplitude tot die in den secundaire als $\frac{M_{21}}{L_2}$; tenslotte die van de in den primairkring terugwerkende tot de oorspronkelijke:

$$\frac{M_{12} \times M_{21}}{L_1 \times L_2}$$

$M_{12} = M_{21}$ nemende, is de wortel hieruit:

$K = \frac{M_{12}}{\sqrt{L_1\ L_2}}$ d.i. de koppelings-coëfficient, die dus een maat geeft voor de terugwerking op het oorspronkelijk systeem zelf.

Denkt men zich echter den transformator zóó gedimensioneerd, dat $L_1 = L_2$ dan is:

$K = \frac{M_{12}}{L_1}$ = de verhouding van de trillingsamplituden in beide kringen en daaruit komt de naam *koppelingsfactor.* Aan deze voorwaarde wordt echter, althans *bij den zender*, niet voldaan.

Is nu $K < 0{,}5$, dan noemt men de koppeling *los;* d. i. er is *geene merkbare terugwerking.*

$B > 0.5—1$: koppeling *vast*, groote terugwerking. Bij den laagfrequentie-transformator zoude de losse koppeling om oeconomische reden ondoenlijk zijn, daar b.v. slecht $\frac{1}{10}$ der primair-energie nuttig gebruikt zoude worden bij eene terugwerking van $\frac{1}{100}$; bij den hoogfrequentie-transformator worden door het resonnantie-principe achtereenvolgens deze $^1/_{10}$ der energie op de antenne overgebracht, zoodat het nuttig effect niet belangrijk behoeft te dalen.

Een getrouw beeld van de werking der koppeling krijgt men uit de formule voor de max. stroom amplitude in den zenderantenne,

$$I_2 \text{ max.} = \frac{V_1\ M_{21}}{n\ L_2\ L_1}\ \frac{2}{\alpha_2}\left(\frac{\alpha_1}{\alpha_2}\right)^{\frac{\alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1}}$$

welker afleiding me gespaard zij en waarin:

V_1 = vonkenspanning
n = frequentie der trilling
L^1 = zelfinductiecoëff. primaire kring
L_2 = „ secundaire kring
α_1 = dempingsfactor primaire kring
α_1 = „ secundaire kring
M_{21} = wederzijdsche inductiecoëfficient.

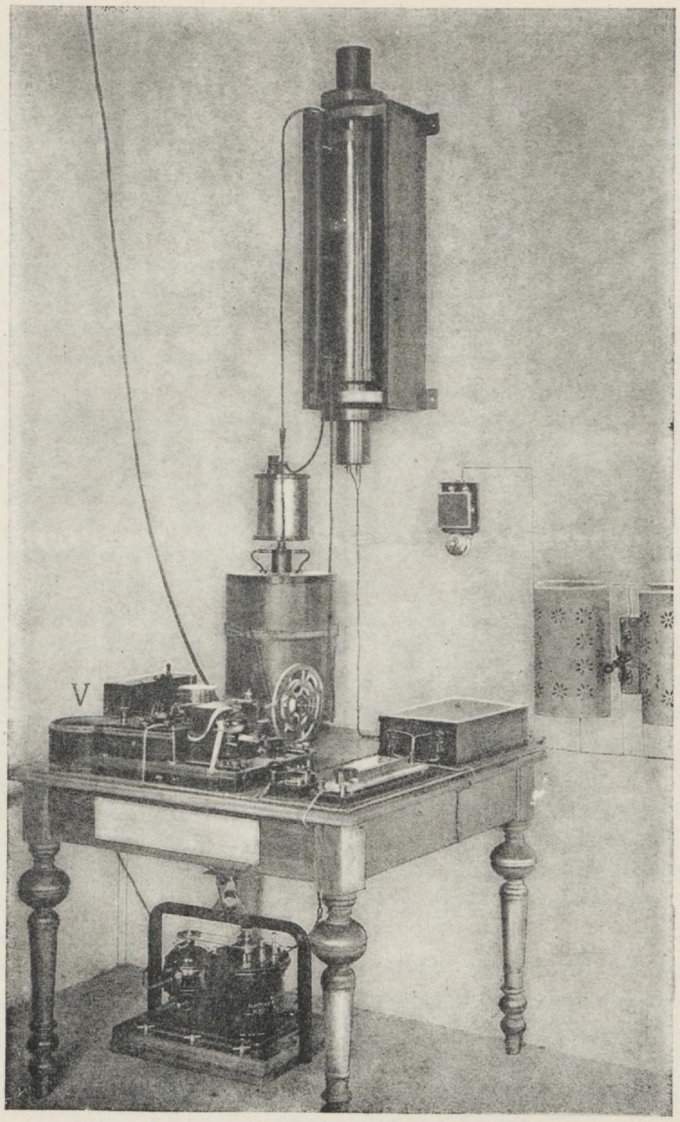

FIG. 8.

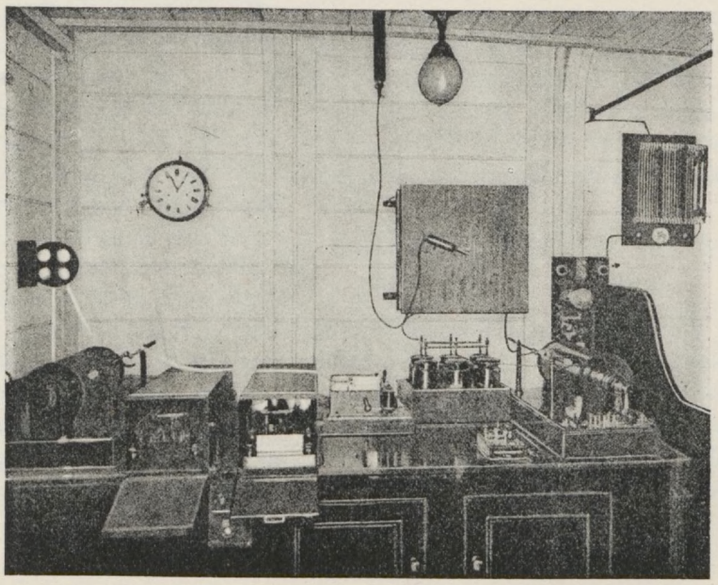

FIG. 9.

Brengt men nu de eene spoel uit het veld van de andere, dan kan men alle factoren (bij losse koppeling afgezien van de verandering van α) als constant beschouwen, behalve M_{21}, zoodat $I_{2\ max.}$ = evenredig het deel van de krachtlijnenstrooming van de primaire spoel, welke door de secundaire spoel gaat.

Niet echter de *koppelingscoëfficient* alleen speelt een rol bij de terugwerking, ook de *demping* van het secundair en primair-systeem. We zullen hierop niet verder ingaan; overeenkomstig de Ohmsche belasting bij den technischen transformator is bovenstaande formule al duidelijk.

Daar nu, zooals we gezien hebben, bij *losse koppeling* per trilling steeds maar een deel der trillingsenergie aan de antenne wordt afgegeven, kan men, bij dezelfde dimensies van de antenne, meer energie uitstralen, doordat bij elke trilling de uitgestraalde energie weer door den trillingskring aan de antenne wordt nageleverd, zoodat de energieafgifte uit den trillingskring niet *plotseling* doch *geleidelijk* is, de uitgezonden golf ook minder *gedempt* is, daar de grootste oorzaak ook der schadelijke demping, de vonkenbrug, uit de antenne is verwijderd, echter is overgebracht naar den trillingskring, hoewel in mindere mate, daar door de veel vonk grootere capaciteit, de ontlaadspanning dus de lengte kleiner is, bij grootere stroomsterkte.

Beide deze redenen helpen mede tot het verminderen van den vonkenweerstand.

Door deze inrichting ook toe te passen op het ontvangsysteem was het *afstemmen* het eerst mogelijk gemaakt; eene geleidelijke golfbeweging van betrekkelijk lage spanningsamplitude (10-30.000 Volts. b.v. dus eenvoudiger isolatie dan bij Marconi-zender) met geprononceerde grondtrilling en praktisch zonder hoogere harmonische, wordt in eene antenne opgevangen, geheel aan deze golflengte aangepast door inschakeling van regelbare deelen, welke we later zullen beschouwen.

Op zichzelf zal reeds deze resonneerende antenne beter aanspreken voor deze golven dan voor andere, doch zijn deze hierdoor nog niet buitengesloten. De amplitude van de golven is echter te klein om in deze antenne den coherer tot aanslaan te brengen.

Dit verkrijgt men echter gemakkelijk door koppeling aan de antenne van een afgestemd gesloten systeem als bij den zender, doch met den detector in de plaats van den vonk, zoo diens weerstand klein (microfoon contact, thermo-detector enz.), parallel aan den condensator, als de weerstand groot is (coherer, electrolytischen detector enz.). Maakt men nu de koppeling los, zoo zal de aankomende golfrij steeds een deel van hare amplitude aan het secundaire systeem afgeven en het secundaire raakt in trilling, integreert de amplitudes tot een maximum en de coherer *slaat door*. Er zijn dus eenige slingeringen voor noodig en de werking is die van eenen massiven slinger, die, door vele zachte tikjes op het juiste oogenblik toegebracht, in slingering komt.

Aan een hier opgesteld mechanisch synoniem zal ik U aanstonds de werking nader toelichten. Het afgestemde secundaire ontvangsysteem bevat, evenals het primaire geef-systeem, zelfinductie, capaciteit en zoo gering mogelijken weerstand. Het spreekt bij losse koppeling bijna uitsluitend op den afgestemden golf aan; andere golflengten, zooverre ze door de antenne geleid worden, verdwijnen nagenoeg zonder werking in de aarde. Merkwaardig is wel, dat bij het *Braun-Siemens*- systeem bij den ontvanger dit principe eerst niet werd toegepast (proeven *Sasnitz*), wel had eene transformatie plaats, doch deze diende alleen, om de coherer-spanning te verkrijgen. Eerst later verbond BRAUN aan dezen transformator den regelbaren condensator, waardoor het gesyntoniseerde ontvangsysteem ontstond.

Maakt men bij zender en ontvanger de koppeling extrême vast, zoo komt men terug op het systeem *Marconi*, wat de werking betreft.

Ik heb nu gesproken over het afstemmen op eene bepaalde golflengte; hoe kunnen we nu dat verwezenlijken?

Elke trillingskring bezit, zooals we reeds hebben gezien, *zelfinductie* en *capaciteit* en Ohmschen weerstand, die zoo klein mogelijk gemaakt wordt, daar ze de *demping* ten gevolge heeft. We zullen dit eerst verwaarloozen.

Wordt zoo'n systeem in trilling gebracht, door eerst den condensator te laden en dan door de zelfinductie te ontladen, zoo ontstaat, als reeds gezegd, eene trillende beweging. Deze beweging heeft een bepaald trillingsgetal, afhankelijk van het product van capaciteit en zelfinductie en wel

$$N = \frac{5.10^6}{\sqrt{C_{mf}\ L_{cm}}}$$

Door verandering van een dezer beide grootheden kan men dus het trillingsgetal veranderen. Daar nu de capaciteit van het primaire zendsysteem bij eene bepaalde zendenergie, vonklengte en vonkenaantal, welke gewoonlijk voor een bepaald station eenvoudigheidshalve constant worden gehouden (kleinere stations, als scheepstations buitengesloten) bepaald is:

$$\text{Zendenergie} = W = \frac{1}{2}\, m C_1 V_1^2$$

en het daarbij ook bezwaarlijk is aan de Leidsche flesschenbatterij te gaan schakelen, zal men eene noodige verandering in het trillingsgetal gewoonlijk aan de zelfinductie doen plaats hebben.

In de antenne nu zal eene trillende beweging van het zelfde periodental worden geïnduceerd, zoo het

product van capaciteit en zelfinductie, gelijk dat is van den trillingskring. (Dit is alleen bij zeer losse koppeling waar). De periodieke etherbeweging om de antenne, ontstaan door het zich samentrekken en afsnoeren van electrische krachtlijnen, zal met deze zelfde frequentie geschieden en daar deze beweging zich met de snelheid van het licht = 3.10^8 cM. sec. voortbeweegt, is de weg, welke per storing wordt afgelegd:

$$\lambda = \frac{3.10^8}{\frac{5.10^6}{\sqrt{C_{mf}\ L_{cm}}}} = 60 \sqrt{C_{mf}\ L_{cm}}$$

Deze lengte noemt men de *golflengte* van de beweging, hoewel men na den uitleg, welke HERZ aan deze beweging geeft, hierbij van geene golflengte kan spreken.

Cmf is de capaciteit van de antenne,

L_{cm} is de zelfinductie „ „ „ .

Daar C afhankelijk is van den vorm van de antenne, wordt hier gewoonlijk de golflengteverandering door verandering der zelfinductie (luchtdraadverlengspoel) bewerkstelligd. Moet echter de golflengte *kleiner* gemaakt worden, dan uit de dimensies van den luchtgeleider volgt, dan gebruikt men eene regeling door ingeschakelde capaciteit. Wordt b. v. eene capaciteit C_1 ingeschakeld, zoo wordt de gezamentlijke capaciteit, daar ze met die van den luchtgeleider is achter elkaar geschakeld

$$C_r = \frac{C_1 \times C}{C_1 + C}$$

Deze inrichting noemt men de luchtdraadverkortinrichting, welke echter alleen bij stations met antennes van groote natuurlijke golflengte worden gebruikt; Bij het ontvangsysteem heeft in de antenne regeling plaats gewoonlijk door regelbare zelfinductie en regelbare capaciteit, in den trillingskring gewoonlijk alleen door regelbare capaciteit en verwisselbare L spoelen.

Mij rest nog ééne bijzonderheid van het Braunsche systeem te melden n. l. het *niet gebruikmaken* van eene *aardgeleiding*. BRAUN is de eerste, die hiertoe overging. Om in te zien of we deze aardverbinding kunnen missen, moeten we eerst een inzicht hebben in het wezen, het doel, dezer aardverbinding. Zooals we gezien hebben, bepaalt de aardverbinding de plaats van den spanningsknoop op de antenne, geeft dus eene bepaalde grootte aan de sympatische golflengte.

Beschouwen we nu naar HERZ een golf, als eene electrische krachtlijnenafsnoering, waarvan de, terweerszijden van de symetrie-as gelegen punten op gelijken afstand, daarvan tegengestelde, doch gelijke potentiaal hebben, zoo volgt voor de symmetrielijn de potentiaal = o. Vervangen we nu den halven Herzschen zender door de *aarde* (Marconi-zender), zoo zal deze o-lijn met de aardoppervlakte samen vallen, het onderste deel van den golf verdwijnt, de bovenste helft blijft bestaan, de basis altijd het potentiaal = o opzoekend; d. i. de golf zal altijd met zijn basis langs de aarde trachten te wandelen en volgt daardoor de aardkrommingen. Men is zelfs gedwongen aan te nemen, dat, daar de lucht naar boven toe steeds geleidender wordt, men op eenige hoogte een tweede geleidend vlak kan aannemen (op ca. 10 km), dat de golven door weerkaatsing geleidt.

We kunnen ons dus de voortschrijdende golfbeweging voorstellen, als zich cylindervormig uitbreidende ringen van gelijkmatige hoogte, met den afstand quadratisch grooter wordend in volumen, dus in die zelfde verhouding kleiner wordend in energie per volumeeenheid, wat ook met de praktijk klopt.

Was deze reflecteerende geleidende laag in het luchtruim niet aanwezig, zoude dus de hoogte der ringen ook met den afstand toenemen, zoo zoude de energie in de derde macht met den afstand afnemen moeten. Inmiddels is de aarde nu wel van groot nut voor de geleiding van den golf, anderzijds is ze een bron van voortdurende storing door atmospherische ontladingen, daar de antenne met aardverbinding een ideaal bliksemafleider is en bij atmospherische ontladingen de antenne de luchtelectriciteit door geleiding naar de aarde afleidt. Het ware dus gewenscht, deze galvanische aardverbinding op te heffen en haar te vervangen door eene inductieve, die wel voor de trillingen eene aarde vormt, echter niet voor electrische ontladingen door statische lading van de antenne ontstaan. Ook dit vraagstuk lostte BRAUN op door een z.g. *electrisch tegenwicht* te gebruiken inplaats van eene galvanische aarding. Hij verving n.l. de aarding door een geleidend voorwerp, 't welk groote capaciteit tegenover de aarde bezat, als geïsoleerde metaalplaten, metaalcylinders of groote oppervlakken uit kippengaas, welke op korten afstand van de aarde, evenwijdig daaraan, zijn uitgestrekt. Een dergelijk systeem heeft tegenover de aarde een zóó groote capaciteit, dat door electrische inductie de golf bijna zonder weerstand aan de aarde is gekoppeld, echter kunnen de statische ontladingen eerst optreden, zoo spoedig de statische spanning van de antenne zóó hoog is, dat een vonk van 't tegengewicht op de aarde overspringt, waardoor de oscilleerende bliksemslag wordt ingeleid. Is echter het tegenwicht ver van de aarde verwijderd, zooals bij signaal-wisseling tusschen ballons (ZEPPELIN b. v.), waar gewoonlijk antenne en tegenwicht gelijk zijn en symmetrisch tegenover de aarde zijn aangebracht, zoo is de werking geheel, als bij den Herz'schen zender n.l. geheel vrij van de aarde, afgezien van reflectie door deze en door de hoogere spheren. Deze tegenwichten zijn voor zender en ontvanger natuurlijk gelijk,

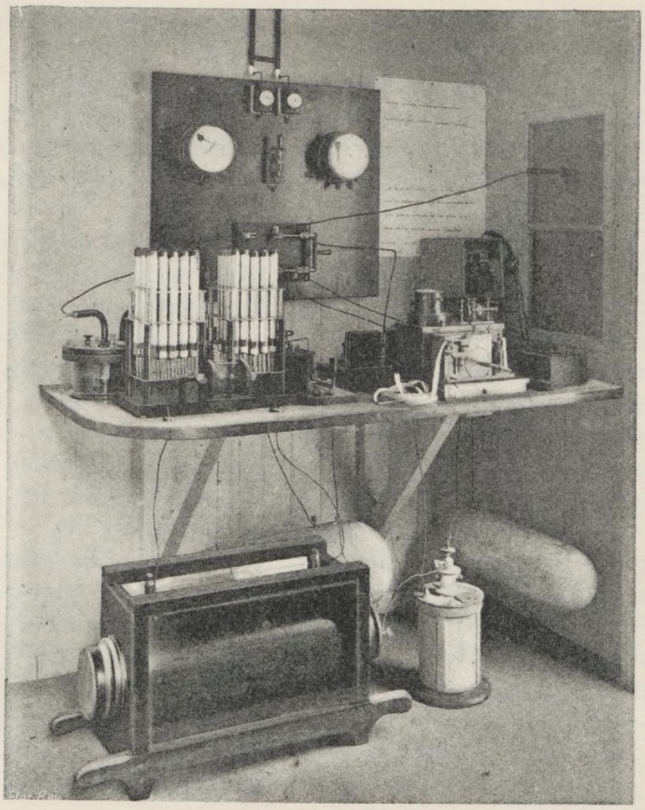

FIG. 10*a*.

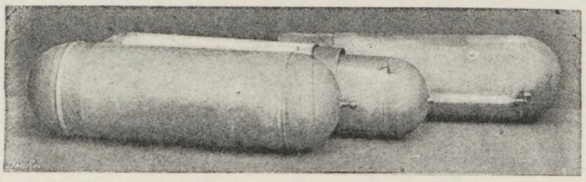

FIG. 10*b*.

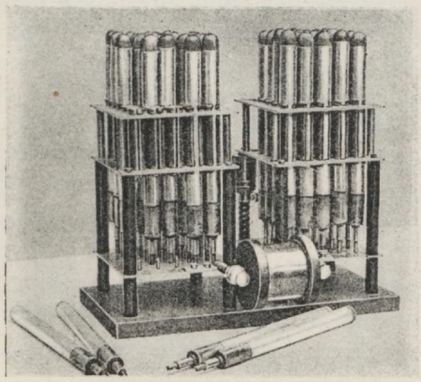

FIG. 10*c*.

FIG. 10*d*.

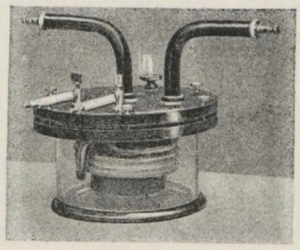

FIG. 10*e*.

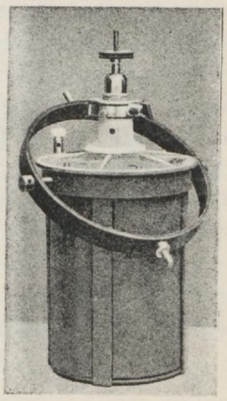

FIG. 10*f*.

en wel zóó gedimensioneerd, dat de stroombuik in de koppelingswindingen ontstaat, zoodat door omschakeling dezelfde antenne en tegenwicht voor zender als ontvanger dient. Welke dwaligen zelfs de grootste mannen kunnen begaan, blijkt wel uit de inrichting van het *Braun — Siemens*station te *Sasnitz*, waar voor den ontvanger een kleiner tegenwicht aanwezig was, dan voor den zender, zie fig. 10 *a* en *b*, zonder eenige reden natuurlijk. Dit was waarlijk een professorale vergissing.

Hoewel nu voor het geval, dat slechte aarde te krijgen is, gewoonlijk een geïsoleerd tegenwicht gebruikt wordt (Scheveningen), is het onderhoud lastig, daar grassprietjes licht de isolatie illusorisch maken en ook kippen en andere dieren aanleiding tot kortsluiting geven. In 't geval, dat goede aarde te krijgen is, als op schepen en kuststations, vermijdt men liefst deze complicatie, om over te gaan tot een in aarde ingeploegd tegengewicht of aardplaat, hoewel hierdoor niet die absolute constantheid in de golflengte en demping kan verkregen worden, als bij het tegengewicht.

Vooral nu de coherer, uiterst gevoelig voor atmospherische invloeden, begint te verdwijnen en vervangen wordt door detectoren, die daarvoor ongevoelig zijn of waarin duidelijk het verschil tusschen atmosferische ontlading en seinteekens waar te nemen is, (vooral bij de nieuwste systemen), zoo zal men slechts door nood gedwongen, boven op een rots of zoo, tot dit middel overgaan.

Ik wil U nu even het *Braunsche* systeem demonstreeren en wel ten eerste aan een *mechanisch synoniem* en *ten tweede* aan een paar demonstratieapparaatjes, welke ik hier heb opgesteld.

Hoewel zulke mechanische synoniemen nooit den toestand geheel beeldgetrouw kunnen wedergeven, zoo is dit toch wel bij uitstek geschikt om bijna alle verschijnselen van het Braunsche phenomeen te demonstreeren.

Reeds in 't begin mijner verhandeling, vergeleek ik het systeem hier (veer met gewicht zie fig. 44) met den Braunschen trillingskring, waarbij door verplaatsing van het gewicht (verandering zelfinductie) het trillingsgetal kan veranderd worden. We hebben nu nog eene antenne noodig, welke, hiermede gekoppeld, de energie aan het omringende medium kan afgeven.

Deze antenne wordt voorgesteld door eene plank, welke onder ingeklemd, van boven vrij kan slingeren en door zijne breede oppervlakte in staat is, zijne trillingen aan de omliggende lucht mede te deelen.

Het beeld zoude even treffend zijn als dat van den trillingskring, zoo de bewegingsbuik onder was, de spanningsbuik boven, m.a.w. als de plank boven ware ingeklemd.

Voor de eenvoudigheid is aan het model de constructie juist andersom, zoodat we ons het spiegelbeeld moeten voorstellen.

Eenvoudigheidshalve nemen we aan, dat we met de ontvangantenne te doen hebben en reproduceeren met onze hand den aankomenden golf door de plank te spannen en los te laten.

Deze zet zich in beweging en we hebben de Marconi-ontvangantenne. Koppelen we nu op de eene of andere manier de antenne aan den trillingskring, die op hetzelfde trillingsgetal is afgestemd, zoo zal deze zich mede in beweging zetten. We maken nu onderscheid tusschen *losse* en *vaste* koppeling, voorgesteld door eene slappe en eene straffere veer.

Verbinden we antenne en trillingskring door de slappe veer (losse koppeling), zoo zien we, dat bij beweging in de antenne, de beweging ook begint in den trillingskring en wel eerst langzaam, dan heftiger en heftiger, tot de werking in de antenne ophoudt; de werking in den trillingskring zet zich dan nog een poos lang voort, tot de trillingskring door eigen demping tot stilstand komt en wel zal de kring veel sneller mede in trilling geraken dan, dat de beweging afneemt.

Ontstemmen we den trillingskring door het gewicht eenigszins te verplaatsen, zoo zien we, dat eene regelmatige beweging van eenig belang niet meer ontstaat, hoewel er wel werking in de antenne is; het ontstemde systeem trilt niet meer mede, dit is eene demonstratie voor de afstemming. Geheel anders bij *vaste* koppeling. Verbinden wij antenne en trillingskring door de sterke veer, zoo deelt de beweging van de antenne zich plotseling en met groote kracht aan den trillingskring mede, de beweging houdt gelijk met haar op en wel tamelijk spoedig en de beweging van antenne, zoo wel als van trillingskring vertoont duidelijk zwevingen. Er is geen verschil met de Marconi-antenne, behalve het ontstaan van schadelijke zwevingen en geen bewijsje van afstemscherpte. We kunnen het gewicht rustig verplaatsen, het trillingssysteem trilt altijd mede.

Na U hieraan plastisch te hebben gedemonstreerd, wat het Braunsche systeem beteekent, zal ik u de werking aan hier opgestelde apparaatjes laten zien. (zie fig. 44). De zender bestaat weer uit een Rhumkorff, aangedreven door accumulatoren met Morsesleutel en Neef'schen hamer. De inductor laadt eenen verstelbaren buisvormigen condensator, welke zich over een paar vonkenkogels en draaibare draadspoel ontlaadt; deze laatste draait om den gemeenschappelijken as ten opzichte van eene vaste spoel, die eenerzijds met de antenne, anderzijds aan het tegengewicht is verbonden. Door draaiing van de beweegbare spoel is de magnetische koppeling te regelen, door variatie van den condensator is de afstemming van den trilkring op de antenne mogelijk, de ontvanger is als bij de Marconi-demonstratie, alleen ligt de coherer aan den draaibaren condensator van een trilkring, welke los inductief gekoppeld is met de antenne, (volgt demonstratie der afgestemde toestellen).

Nu heb ik wel van den Braunschen *trillingskring* gesproken, echter nog niet van de wijze, waarop ze in werking wordt gebracht.

Om het apparaat in werking te doen treden, moet de condensator geladen worden, dit nu geschiedde vroeger door eenen gewonen Rhumkorffschen inductieklos, gespijsd door accumulatoren of primaire elementen, welker stroom door een Neefschen hamer werd onderbroken. Verder was er nog een Morsesleutel in den primairen kring, waarmede de Morse-signalen werden gegeven. Nu kleefden echter dezen inductoren groote fouten aan. Men was gewoon, slechts lettende op vonklengte bij leegloop, de secundaire wikkeling met vele windingen uit zeer dunnen draad te bouwen.

De weerstand was daardoor enorm hoog en werd eene eenigszins belangrijke energie aan dit apparaat ontnomen, zoo had een enorm spanningsafval plaats, zoodat men voor kleine Marconi- en Braunsche zenders met vonkenlengte van $^1/_2$ — 1 cm. inductoren met eene leegloop vonklengte van 30 — 35 cm. moest gebruiken. Men begrijpt dus het geringe nuttig effect van zoo'n apparaat en dit was het gevolg van de toepassing van een instrument, niet te huis behoorende in de techniek, doch in den instrumentmakerswinkel.

Men bouwde daarom spoedig op meer technischen grondslag transformatoren met open ijzerkern, lagen secundair-weerstand en dus ook voor lagere spanning, niet hooger dan noodig was om den werkzamen vonk te doen overspringen. We moeten bij deze transformatoren *3* gevallen onderscheiden:

1e. voor gering vonkental (*langzame vonken*) *10—20 vonken per secunde.*

2e. voor middelbaar vonkental (*halfsnelle vonken*) 30—75 vonken/sec.

3e. voor *groot vonkental* (*snelle vonken*) 1000—20000 vonken/sec.

Voor *sub 1* gebruikt men met voordeel eenen technischen transformator met *open* ijzerkern (Rhumkorff) en wel een z.g. resonnantie-transformator; hierbij is het aantal stroomonderbrekingen grooter dan 't aantal vonken. Nemen we b.v. 50 stroomonderbrekingen/sec. en 10 vonken/sec, dan is de transformator zóó geconstrueerd, dat de, bij de eerste trilling in beweging gebrachte, electriciteitsmassa niet in staat is, om de condensatorbatterij tot de potentiaal van den vonk te brengen.

De zelfinductie van de secundaire wikkeling is daarbij tot de condensatorbatterij in zulk eene verhouding gebracht, dat het trillingsgetal van het systeem met het aantal onderbrekingen overeenstemt of een veelvoud daarvan is. Bij de volgende onderbreking of stroomstoot, wordt eene gelijke hoeveelheid energie toegevoegd, zich integreerende met de hoeveelheid reeds in beweging gezet, dus de amplitude neemt toe, tot bij de 5e onderbreking, waarbij door resonnantiewerking de energie voldoende is, om de condensatorbatterij tot de vonkenspanning te laden, de ontlading volgt door den trillingskring. De werking komt weer overeen met die van een zwaren slinger, door vele zachte tikjes op het moment, dat ze door het doode punt gaat, in gestadige werking gezet.

Ook hier dus weer het resonnantieprincipe doorgevoerd, ook is de transformator kleiner, doordat gewerkt wordt met Watt-stroom. Evenals bij den geveren ontvang-transformator, moeten we echter zorgen voor tamelijk *losse* koppeling d.i. de ijzerkern mag niet gesloten zijn, daar anders de terugwerking op het primair systeem ongewenscht groot wordt.

Een technische transformator mag hier dus niet toegepast worden.

Het aandrijven geschiedt bij kleine energie-hoeveelheden door gelijkstroom en hameronderbreker; bij eenigszins belangrijke energieën weigert echter, niettegenstaande den daaraan parallel geschakelden condensator, het platinacontact van dien onderbreker zijn dienst. We kunnen dan nog overgaan tot Wehneltsche, Simonsche of *kwikzilver-dompel-* onderbrekers voor langzamere, en dito *turbine-onderbrekers* voor snellere onderbrekingsfrequentie.

De Wehneltsche en Simonsche onderbreker zijn electrolytische; bij beide zijn ongelijke electroden in een telectroliet gedompeld en wel eene groote en eene kleinere electrode. Deze laatste wordt aan de positieve batterijpool verbonden, en door electrolytische ontleding, gesteund bij den *Wehnelt*-interruptor door verwarming, vormt zich een gasbel om de electrode, die den stroom verbreekt, terwijl bij 't opstijgen van de bel de stroom weer gesloten wordt. Dit sluiten en openen geschiedt in zeer rasch tempo. De kleinheid van de electrode wordt verkregen, bij den *Wehnelt*-interruptor, door een platina draad slechts over eene kleine lengte in den electroliet te dompelen; bij den Simonschen, door de positieve electrode te omringen door een isoleerend vat met kleine opening. Bij beide onderbrekers, doch vooral bij den eersten, is het eigen energieverbruik belangrijk; ook is eene vrij hooge batterijspanning van minstens 40 Volt. noodig.

De kwikzilver-dompel-onderbreker bestaat uit een motor, welke eenen dompelaar rytmisch op en neer beweegt, daarbij beurtelings in het kwikbakje dompelend en er zich uit terugtrekkend. De turbineonderbreker bestaat uit een motor, welke een klein turbinepompje draait, waardoor een ronddraaiende, loodrecht op de draaiingsas staande kwikstraal wordt uitgespoten tegen vaststaande segmenten, welke met regelbare tusschenruimten daaromheen, zijn aangebracht; daardoor wordt de stroom regelbaar, afwisselend geopend en gesloten. 't Geheel is onder alcohol geplaatst om verbranden of verdampen van 't kwik te voorkomen. De kwikzilveronderbrekers verbruiken veel minder eigen energie dan de electrolytische; ze hebben echter het nadeel,

dat ze dikwijls gereinigd moeten worden, daar eene emulsie uit kwik en alcohol wordt gevormd, die geleidt en daardoor de verbreking van den stroom bemoeilijkt.

Bij grootere energiën prefereert men derhalve eene wisselstroom-dynamo tot spijzing van den technischen Ruhmkorff. Daardoor zijn bijzondere voorzorgen noodig, die zullen besproken worden bij de behandeling der inrichting van een wereldstation met Braunsch systeem voor langzame vonken te Nauen.

Het onderbrekingsgetal, noodig om de resonnantie werking met den secundair-keten te bewerkstelligen noemt men resonnantieonderbrekingsgetal, bij wisselstroom-dynamo's spreekt men van resonnantie—tourental.

Bij grootere primair energiën krijgt men last met den seinsleutel. De onderbrekingsvonk vernielt de contacten, daarom werden sleutels geconstrueerd, waarbij òf de vonk magnetisch werd afgeblazen òf de onderbreking, afgescheiden van de beweging van den manipulist, automatisch juist dan geschiedt, wanneer de stroomsterkte = *nul* is, zoodat de onderbreking stroom — en dus vonkenloos is.

Bij *sub 2* (halfsnelle vonken). Hier kan men ook nog een Ruhmkorff gebruiken; daar hier echter het vonkengetal overeenkomt met praktisch uitvoerbare onderbrekings- en frequentiegetallen, werkt men met ééne vonk per onderbreking, zoodat de resonnantiewerking, voor zooverre het integratie-effect betreft (niet wat het Watt-stroom effect betreft) wegvalt. Bij wisselstroomaandrijving zal men liever den technischen transformator met gesloten ijzerkern gebruiken, daar deze kleiner uitvalt.

Sub 3 vormt een onderdeel van het nieuwste op dit gebied (snelle vonken) en zal door mij na de pauze speciaal behandeld worden. Hierbij is een technische transformator, liefst met hoogfrequentiestroom gespijsd, het eenvoudigst.

Ik wil U nu even een kijkje geven in het groot station Nauen der Telefunken Maatschappij (fig. 11.)

De inrichting van Nauen is sedert geheel veranderd naar het Tönende Funken systeem.

Op eene reuzenvlakte te Nauen bij Berlijn verheft zich de 100 Meter hooge staalmast uit vakwerk van het reuzenstation. Het eigenaardige is, dat de mast, welke driehoekig prismatisch is en voorzien van eenen wenteltrap, onder eindigt in een punt uit gietstaal, waarmede het gevaarte van ca. 50 ton op een holle staalpan rust, die, geïsoleerd door een dikke micalaag, op een zwaar fundament van marmer en baksteen rust.

De labiel opgestelde mast wordt verticaal gehouden door drie uit lange stanggeledingen bestaande schooren, welke aan den mast op ca. 75 meter hoogte aangrijpen en onder geïsoleerd verbonden zijn aan, voornamelijk boven den grond gebouwde steenen huisjes. Deze inrichting was noodig, daar schoorpalen in den drassigen bodem onbetrouwbaar waren. Boven zijn de schooren geïsoleerd door zeer kunstige, onder olie geplaatste, isolatoren, onder door geprepareerd hout. Deze zware isolatie is noodig, daar de mast zelve mede in trilling komt en de schoren dus anders kortsluiting met de aarde zouden veroorzaken. Op 96 meter hoogte zijn drie stellen, elk van twee rollen, aangebracht, waarover het uit 6 segmenten bestaande luchtnet zoodanig is gemonteerd, dat twee tegen over elkaar gelegen segmenten elkaar uitbalanceeren.

Het luchtnet is van het z.g. parapluie-type. Elk der zes segmenten bestaat uit 9 draden, welke straalsgewijze zich uitbreiden en zich later vertakken, elk in 3 nieuwe draden, welke door eenige achterelkaargeschakelde rolisolatoren en touwen naar in den grond geramde piketten gaan. Dit luchtnet uit bronsdraad bestaande beschaduwt 60.000 M^2. Het ingeploegde aardnet is analoog gebouwd uit ijzerdraad in 't dubbele aantal en beslaat 126.000 M^2.

Van mast en aardnet voeren de geleidingen naar het stationsgebouw, waar een locomobiel van nu 75 P. K. eenen wisselstroomdynamo drijft, welke bij 75 Perioden met 110 Volt. eenphasenstroom werkt. De wikkeling is tegen hoogfrequentieinwerking beschermd door eene kleine Leidsche flesschen-batterij (de Hoogfrequentie-zekering).

In een speciaal locaal in de bovenverdieping wordt deze laagspannige wisselstroom door vier technische Ruhmkorffs (rechts-voor zichtbaar) (Fig. 12.) omgezet in hoogspanningsstroom. Deze Ruhmkorffs zijn primair in serie geschakeld met twee (op den voorgrond liggende) smoorspoelen. Door kortsluiting daarvan wordt de Wattlose stroom Wattstroom en neemt de transformatorengroep de zendenergie op. Secundair zijn de transformatoren parallel geschakeld en dit geheel in serie met de hoogspanningssmoorspoelen (links-voor, naast de transformatoren en ongeveer gelijk uitziende), die bij spijzing door wisselstroom noodig zijn om den ontladingsvonk oscilleerend te houden en te verhinderen, dat deze overgaat in een lichtboog.

Bij ontlading n. l. wast de secundairstroom, wat een dusdanig spanningsafval door de hoogspanningssmoorspoelen veroorzaakt, dat de transformator klem spanning onmiddellijk onder de boogspanning daalt. Deze inrichting nu laadt de rondom zichtbare enorme Leidscheflesschenbatterij, welke zich ontlaadt door den geverzelfinductie uit polsdikke verzilverde messingbuisspiralen en den ringvormige vonkenbrug welke door lucht gekoeld kan worden (laatste is midden in de figuur zichtbaar). Van den geverzelfinductie wordt, onder tusschenschakeling van een luchtdraadverlengspoel de luchtdraad aangesloten, anderzijds door eenige koppelingswindingen met het aardnet. Verder is nog een golfmeter gemonteerd.

Het geheel is sedert met 50% vergroot en de opstelling eenigszins gewijzigd.

Daaronder ligt het eigenlijke telegrafeerlocaal (Fig. 13.) Het bevat een schakelbord met amperè-, volt,- en frequentie-meter, verder een paar regelweerstanden voor de dynamo, en „Erreger" machine, verder den Morsesleutel met seinrelais, door dien sleutel met behulp van gelijkstroom van de erregermaschine in beweging gebracht. Het relais sluit dan eerst den eigenlijken seinstroom (sluit de primaire worgspoelen kort). Verder is een blokkeerschakelaar voor geven en onvangen aanwezig.

Links is de ontvangtafel duidelijk zichtbaar met koppelingstransformatoren en verdere inrichtingen voor ontvangst zoowel op gehoor als met den coherer op Morseband. De geheele schakeling is verder nog duidelijk na te gaan uit nevenstaand schakelschema (fig. 14).

Alvorens te pauzeeren wilde ik nog even nagaan, in hoeverre anderen van de Braunsche schakeling hebben gebruik gemaakt.

MARCONI. Zooals reeds aân eene figuur getoond, heeft Marconi voor grootere afstanden bij den zender de Braunsche schakeling overgenomen; hij gebruikt daarbij Leidsche flesschen of plaatvormige glascondensatoren. Bij den ontvanger paste hij reeds spoedig eenen in den stroombuik geplaatsten ontvangtransformator toe, den z. g. *jigger*, om het aanspreken van den coherer zekerder te doen zijn. Het was een bijzonder gewikkelde transformator met primaire winding uit één laag (P) op een glasstaaf (G) gewikkeld en de secundaire uit verscheidene lagen van afnemende lengte naar een vast patroon (S)

Figuur 15 geeft daarvan een schematisch beeld. De dunne lijnen stellen wikkelingslagen voor. De bijzondere wikkeling was gewenscht, om de diëlectrische strooming tusschen twee op elkaar volgende lagen, veroorzaakt door onderlinge capaciteit, te doen samen werken met de geinduceerde. In het schema is het diëlectrische veld van de primaire wikkeling geteekend. Bij den *jigger* was het oorspronkelijk slechts om eene op-transformatie te doen. en een condensator was eerst slechts aanwezig om kortsluiting van de in den kohererkring zich bevindende batterij door de secundaire jiggerwikkeling te voorkomen. Spoedig werd echter een tweede condensator parallel aan den coherer geplaatst en daarmede het *Braunsche systeem* ook bij den ontvanger ingevoerd. De jigger was echter slechts voor *eene bepaalde golflengte* (mogelijk door het systeem van uitsluiting door de Marconi My.) en de koppeling was tamelijk vast en onverstelbaar, waardoor het systeem, wat handigheid betreft, sterk achterstond bij het Braun-Siemens systeem, ook wat storingsinvloed betreft. Door de nederlaag van de Marconi-politiek, werd hij gedwongen ontvangtransformatoren te bouwen voor verschillende golflengten en zoo ontstond de *multiple tuner*, waarover later.

Verder wordt de Braunsche schakeling toegepast bij alle bekende systemen als Lodge-Muirhead, Fessenden, de Forrest, Tesla, Poulsen, Majorana, Balsilly, Collins enz.

Op het Braunsche principe berusten verder de meetinrichtingen op het gebied der radiotelegrafie, 't zij, dat die bestaan uit een systeem van geleidelijk *verdeelde* capaciteit en zelfinductie (*multiplicator*spoel van SLABY) of *gescheiden* capaciteit en zelfinductie. Van deze laatste verandert b. v. de *cymometer* (Fleming-Marconi) capaciteit en zelfinductie gelijktijdig in gelijke mate; andere, zooals: de *Wellenmesser* en *Universal-Stationprüfer* (Telefunken), de *Hahnemannsche Wellenmesser*, (Amalgamated) veranderen de capaciteit geleidelijk, de zelfinductie trapsgewijze, het verschil bestaat daarin dat bij *gelijktijdige, gelijkmatige* verandering van capaciteit en zelfinductie de demping van den golfmeter zelf constant blijft, wat bij metingen gemak oplevert. Bij *trapsgewijze* verandering van eene der grootheden is dit *niet* het geval. Door de uitvinding van continu veranderlijke zelfinducties (Variometers) komen nu ook golfmeters met trapsgewijze veranderlijke capaciteit en continu veranderlijke zelfinductie voor.

Dit systeem van zelfinductie en capaciteit wordt, 't zij als zender, 't zij als ontvanger inductief met den te meten kring verbonden, en zóó lang geregeld, tot de een of andere met den meetkring verbonden indicator (magnetisch of electrisch gekoppeld) b. v. een Neon-buis, luchtthermometer, Bolometer of „Hitzdraht"-instrument aangeeft, dat ressonnantie tusschen den te meten kring en den golfmeterkring bestaat, en uit de bekende bestanddeelen van den laatsten kan men, 't zij direct, 't zij door berekening de *golflengte* bepalen.

Verder is de *demping* van den te meten kring makkelijk te bepalen en voor 't geval men een systeem van twee gekoppelde kringen meet, de *graad van de koppeling* tusschen beide. Zoo zijn dus de voornaamste factoren voor het beoordeelen van de werking van een station gemakkelijk te bepalen.

De wijze, waarop dit geschiedt, kan ik slechts kort behandelen, daar ze groote theoretische kennis vereischt. Mocht na beeindiging mijner lezing daartoe de wensch bestaan, zoo zal ik gaarne hierop dieper ingaan, zoo ook op de detailbeschrijving dezer instrumenten.

Hebben we eenen bepaalden trillingskring, dan zal, zoo spoedig we een der golfmeters met glimbuis-indicator daarmede koppelen, bij den juisten afstand en instelling der variabele grootheden, de buis slechts op één punt van de schaal lichten. De meter is dan in *ressonnantie* met den trillingskring. Stemmen we nu eene antenne op dezelfde golflengte af en laten deze op den meter werken door ze vonkenloos in trilling te brengen (Hahnemann-schakeling), zoo zal de meter-

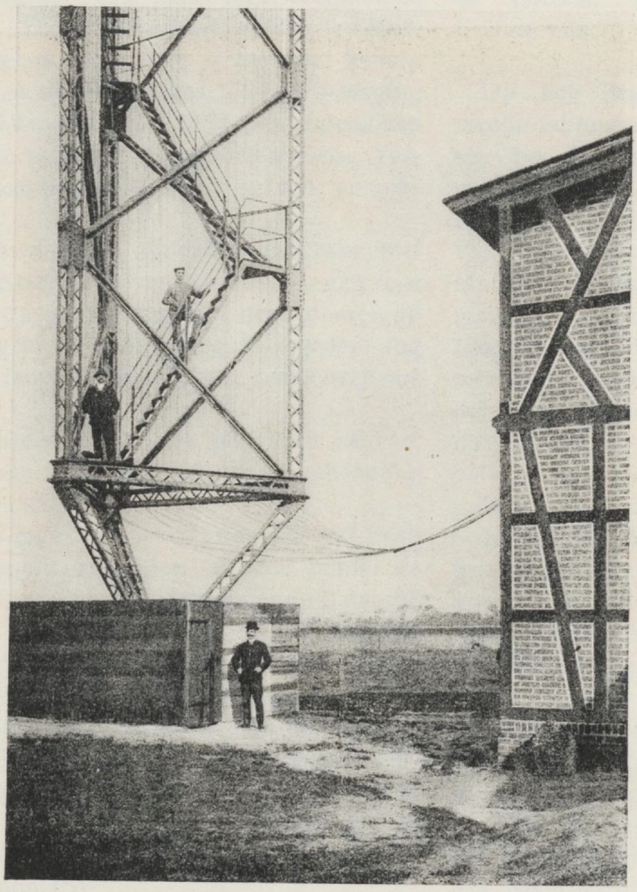

FIG. 11 *a*.

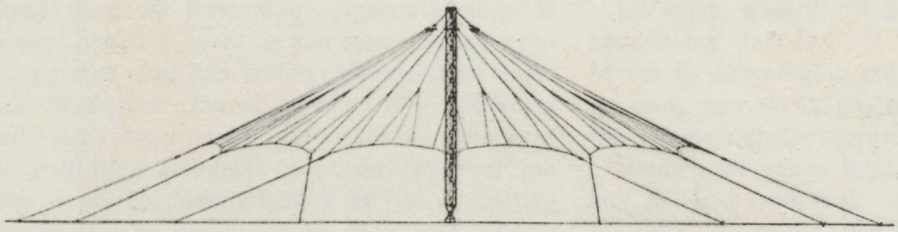

FIG. 11 *b*.

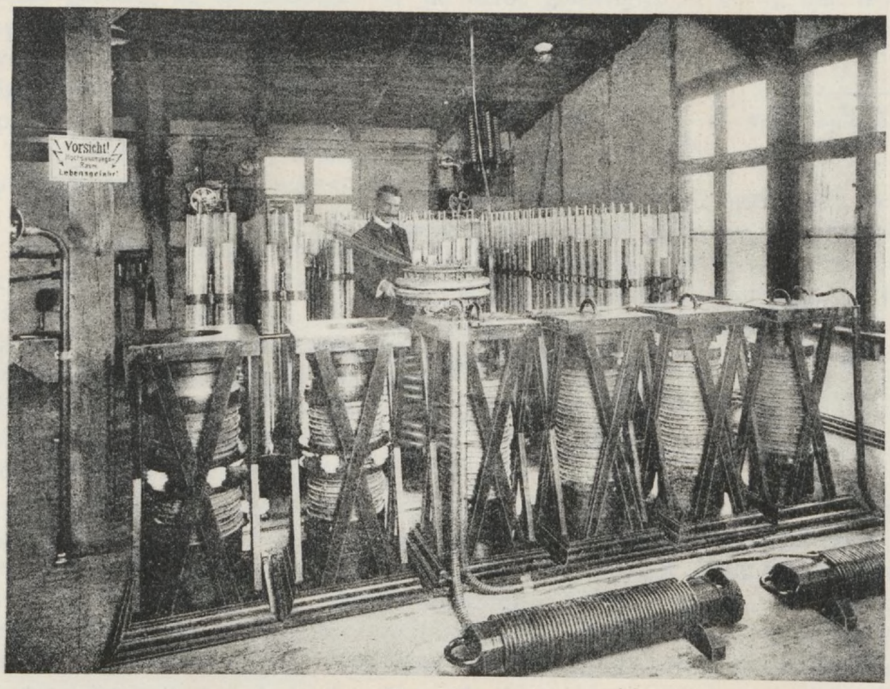

FIG. 12.

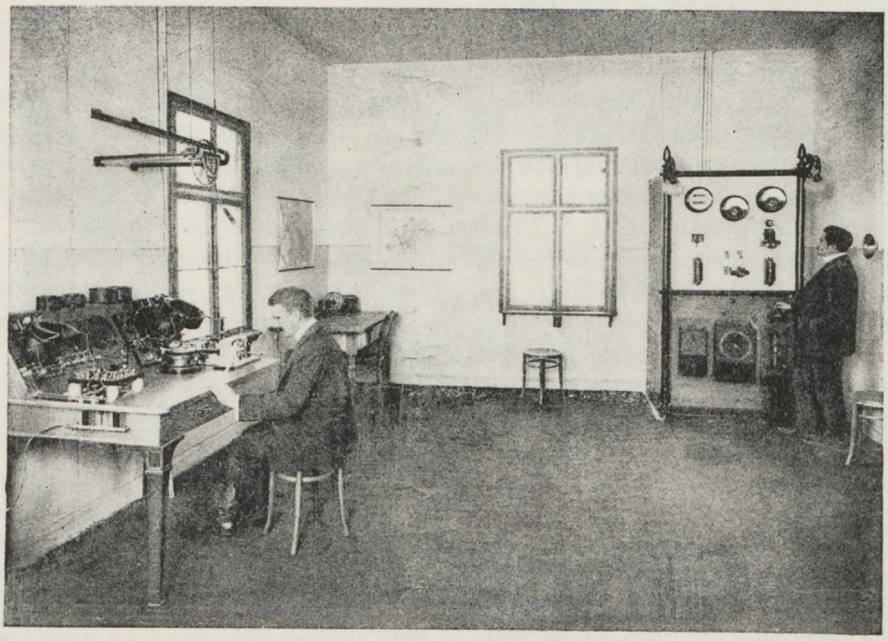

FIG. 13.

indicator op 't zelfde punt van den schaal opflikkeren als te voren.

Koppelt men nu de beide gemeten en op dezelfde golflengte afgestemde kringen, en meet men de golflengte van het gekoppelde systeem, zoo zal, mits de koppeling *zeer los* is, de resulteerende golflengte wederom dezelfde zijn; maakt men de koppeling echter *vaster*, zoo licht de buis niet meer op 't zelfde punt van de schaal doch op *twee* punten, op gelijke afstanden ter weerszijden van het vroeger gevonden punt gelegen. Er worden dus *twee golven* uitgestraald en wel verschilt de golflengte van beide meer en meer, naarmate de koppeling vaster wordt. Neemt men nu in plaats van eenen meter met glimbuisindicator eenen met quantitativen indicator (luchtthermometer, aanwijzingen evenredig I^2) en zet men bij elke instelling van den golfmeter (uitgedrukt in de overeenkomstige eigenfrequentie) als absis, de overeenkomstige aflezing van den indicator als ordinaat, zoo krijgen we eene kromme, de *ressonnantie-kromme* genaamd (zie fig 16).

Was de koppeling *los*, zoo heeft de kromme *één* maximum, overeenkomstig de eigentrilling van elk der beide kringen (bij een maximum is de golfmeter in ressonnantie met het te meten systeem).

Is de koppeling *vast*, zoo zien we, dat de heele kromme hooger ligt (straling krachtiger) en *twee* maxima bezit en het is aan te toonen, dat, zoo:

λ_1 = langere partieele golflengte
λ_2 = kortere „ „
λ_0 = grondgolf (bij losse koppeling),

de koppelingsdraad uitgedrukt wordt door de volgende formule

$$K = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_0}$$

Hoe *vaster* de koppeling, hoe grooter $\lambda_1 - \lambda_2$, hoe illusorischer de afstemscherpte, zoo men van de overgedragen energie der beide golven wil profiteeren.

Het verschijnsel ontstaat juist door de energieafgifte. Denken we ons b. v. twee slingers opgehangen en gekoppeld door eenen elastischen draad; brengt men den eenen in beweging, zoo zal deze den anderen eerst aandrijven en vervolgens weer van den anderen worden aangedreven; dit is onmogelijk, zoo beide synchroon slingeren—elk slingert dan voor zich; wil energiewisseling plaats hebben, en dit beoogen we toch hier, zoo moet de slinger bij energieafgifte langzamer slingeren voor een oogenblik; daarop neemt hij energie op en zal daarbij harder slingeren dan wanneer hij alleen was. Zoo treden ook bij deze gekoppelde electrische slingers twee frequenties, dus ook twee golflengten op. Deze twee golflengten combineeren zich en geven aanleiding tot *zwevingen*, zooals we na de pauze zullen zien. De *demping* wordt gemeten door de breedte van den maximumberg der resonnantie-kromme. Is de golflengte, behoorende bij de max. ordinaat α_r der resonnantie-kromme = λ^r en behooren bij de ordinaat α_1 de beide golflengten λ_1 en λ_2, dan is de som der dempingsfactoren van den onderzochten kring en den golfmeter

$$d_1 + d_2 = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_r} \pi \sqrt{\frac{\alpha_1/\alpha_r}{1 - \alpha_1/\alpha_r}}$$

hoe stijler dus, hoe minder gedempt; we moeten de demping d_2 van den golfmeter zelf aftrekken, deze is echter zeer klein $d_2 = 0.005$ ongeveer en tamelijk constant voor verschillende golflengten. Ik zoude nu gaarne even pauzeeren, om daarna over te gaan tot het eigenlijk onderwerp van den avond.

TWEEDE DEEL.

Is voor *detectoren*, welke op spanning (en tot op zekere hoogte ook voor die, welke op stroomsterkte) aanspreken het wellicht nuttig, ja bijna noodzakelijk, de uitgezonden energie te concentreeren tot stootvormige ontladingen van hooge begin-amplitude, daar, wat de eerste ontlading niet doet, de tweede ook niet doen kan, zoo is het om verschillende redenen nuttiger en economischer, om bij de *energie-overdraging* gebruik te maken van eene geleidelijke uitstraling; dit natuurlijk in verband met detectoren, welke deze energie kunnen integreeren. Bij den Marconi-zender, worden hoogstens 6 noemenswaarde perioden per vonk verkregen; door de groote dempingen zijn de tusschenpoozen tusschen de energie-uitstralingsperioden (bij b.v. 20 vonken/sec. en 300 meter goflengte) ongeveer *8000 maal* de tijd, die werkelijk nuttig voor energieuitstraling wordt gebruikt. (fig 17a—2—3=8000×1—2) Bij den Braunschen zender, onder dezelfde omstandigheden, is de *doode tijd* ca. *2000 maal* grooter dan de levende (fig 17b 2—3=2000×1—2). De energie wordt over langen tijd (b. v. $^1/_{20}$ sec.) opgepot, om dan gedurende $^1/_{2000}$ van dien tijd ($^1/_{40000}$ sec.) te worden uitgestraald. Eene installatie van b. v. 75 P. K. zal dus op het oogenblik, waarop de vonk overgaat, eene energie in den ether afzenden gelijk met 150.000 P. K. gedurende dien tijd. Geen wonder, dat die enorme, plotselinge energiestoot op zulke afstanden waarneembaar is!

Afgezien echter van het beter aanslaan der detectoren, welke op spanning reageeren, rijst nu echter de vraag: Kunnen we deze energie niet geleidelijk verdeelen, zie fig 17c, over 't heele tijdverloop inplaats van over $^1/_{2000}$ er van? We kunnen dan met kleiner beginamplitude werken en dit geeft ontzaggelijke voordeelen: *a.* voor de isolatie van de antenne en apparaten; voor eenigszins reusachtige stations is de isolatie van de antenne het zwakke punt en is men werkelijk met vele kunstmiddelen gekomen tot de grens van 't mogelijke; verder worden de toestellen noodeloos groot door de hooge

isolatie, welke de onderdeelen tegenover elkaar en tegenover de aarde moeten bezitten. Daarmee verbandhoudend is ook het levensgevaar eener dergelijke installatie voor het bedienend personeel zeer verminderd *b*, dan is ook de mogelijkheid eener nog minutieusere afstemming geschapen. We kunnen n. l. den ontvanger extrême-los koppelen, de aankomende geleidelijke golfbeweging zich in 't secundaire systeem laten integreeren, tot een bepaalde max. amplitude bereikt is en vervolgens dit max. amplitude op den detector laten werken, waarna zich het spel herhaalt. Nemen we nu eenen detector, die op z. g. integraal-effect werkt, zooals de Marconische magneto-detector en de thermodetectoren, dan integreert ook deze de indrukken weer en we krijgen een duidelijk teeken. De geheimhouding is hierdoor nog beter verzekerd Zien we nu, door welke middelen dit ideaal te bereiken is, zoo komen we tot de overtuiging, dat we twee wegen kunnen inslaan:

A. Het aantal vonken per tijdseenheid vermeerderen, de verschillende ontladingen dichter bij elkaar brengen b. v. door inplaats van 20 vonken/sec. er 20.000 te nemen. De golfrijen volgen dan 1000 maal zoo snel op elkaar, d. i. tusschen twee werkperioden is een gelijke rustperiode, ja, als we dit om andere redenen niet zouden uitsluiten, ware er geen bezwaar de eene ontlading aan de andere te brengen, aldus één continu ontladingsverschijnsel teweegbrengend met schommelend amplitude. Deze methode heet die der *snelle vonken* en is ingeleid door de Gesellschaft für drahtlose Telegrafie, terwijl geheel zonder hare gegevens door mij proeven op dit gebied werden genomen, waarvan ik U hedenavond de resultaten hoop mede te deelen en te toonen.

B. Door het opwekken van aaneengeschakelde trillingen van gelijk amplitude, dus b. v. eene voortdurende sinusbeweging; de amplitude-schommeling, ontstaan door de *demping* als sub A. bestaat hier dus niet, weshalve men spreekt van *ongedempte golven*. De sub B. genoemde methode, zoo ook enkele der sub A. bedoelde, hebben een derde, zwaarwegend voordeel tegenover de *Braunsche* met langzame vonken n. l. van slechts één golf uit te zenden in plaats van twee.

Daar de sub B. genoemde methode chronologisch de oudere is, zal ik deze eerst behandelen en daarna overgaan tot bespreking van het sub A. genoemde systeem met snelle vonken.

Eerst zoude ik echter gaarne nader willen uitleggen, wat men onder *gedempte* en *ongedempte* trillingen verstaat.

Gaan we er van uit, dat we *trilling* noemen eene *sinusvormige beweging*, daar deze beweging het gemakkelijkst in een formule wordt uitgedrukt en andere trillingen altijd kunnen ontleed worden in eene sinusvormige grondtrilling en eenige harer hoogere harmonische trillingen, zoo is de *ongedempte trilling* eene sinusvormige beweging met constant maximum—amplitude.

Deze sinusvormigen beweging ontstaat door de projectie van het uiteinde (R) van eenen met gelijkmatige hoek-snelheid roteerenden constanten straal op eene met gelijkmatige lineaire snelheid zich bewegende lijn, welke loodrecht staat op hare bewegingsrichting. (fig 18a).

Het is gemakkelijk in te zien, dat de maximum amplitude van de trilling overeenkomt met den straal van den cirkel, noemen we dezen *I*, zoo is de amplitude op eene tijdstip t: $i = I \sin \theta$ (als θ is de hoek na t sec. afgelegd. Is de constante hoeksnelheid $= \omega$, zoo zien we, dat op elk oogenblik

$\theta = \omega t$

De vergelijking voor de *ongedempte* sinustrilling wordt dus:

$$i = I \sin \omega t.$$

$$\text{voor } \theta = 90^0,\ 270^0,\ 450^0 \text{ enz.}$$

$$\sin \theta = 1,\ -1,\ 1 \text{ enz.}$$

$$i = +I,\ -I, +I \text{ enz.}$$

We zien dus i slingert tusschen eene positieve en negatieve maximum waarde I. De maximum-waarde blijft *constant* er is dus *geene demping*. Het tijdsverloop tusschen twee maximale amplituden in dezelfde richting, noemen we 1 periode = T.

Gedurende 1 periode wordt dus door den radius een hoek θ_T afgelegd $\theta_T = \omega T = 360^0 = 2\pi$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\text{voor } \theta = 0^0\ 180^0 \text{ enz.}$$

$$i = I \sin \begin{matrix} 0 \\ 180 \end{matrix} = 0$$

De gedempte trilling nu (fig. 18b) is evenzeer sinusvormig, doch neemt de maximale amplitude in een of ander verband met den tijd af. Zij ontstaat op dezelfde manier als de *ongedempte trilling* d.i. door projectie van het uiteinde (R) van eenen gelijkmatig roteerenden straal op eene gelijkmatig voortschuivende lijn, welke verticaal op de voortschuivingsrichting staat, doch is deze straal niet een *cirkelstraal*, doch die van eene *logarithmische* spiraal en wel van eene linksche.

De polaire vergelijking van de linksche logarithmische spiraal is: $r = a^{-\theta}$; a is eene constante.

Men noemt deze kromme de logarithmische spiraal om de volgende reden:

$$r = a^{-\theta}$$

$$\lg. r = -\theta \lg. a = -\theta. b.$$

of $b = \text{const.}$

$$\lg. r : -\theta = b.$$

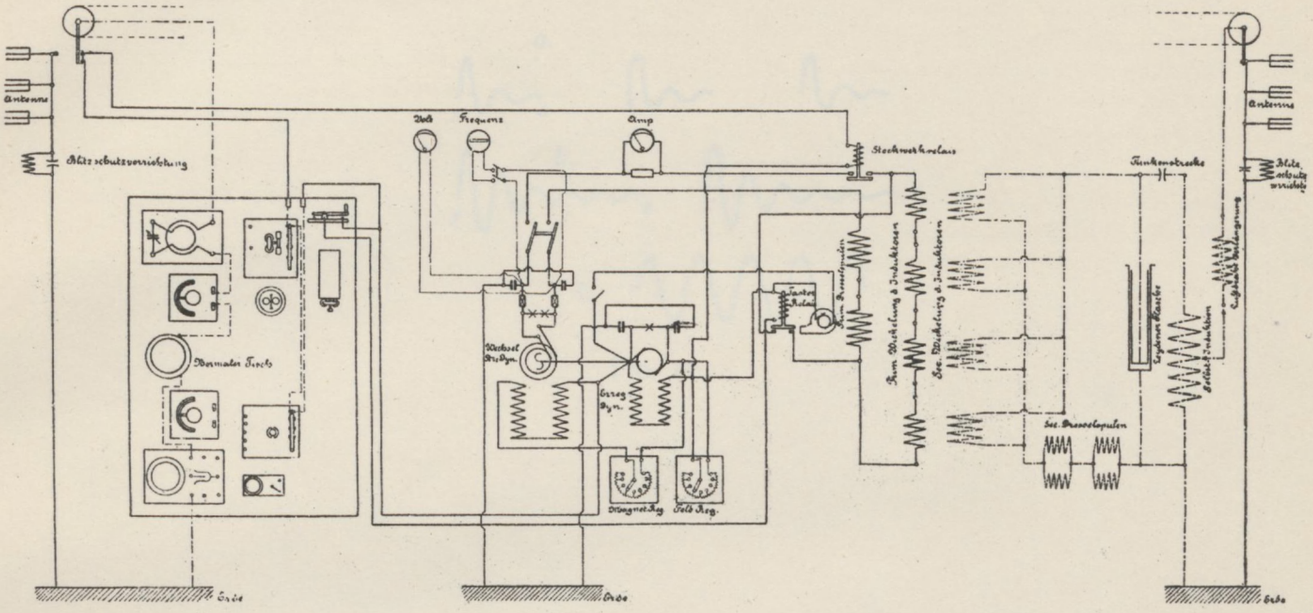

FIG. 14.

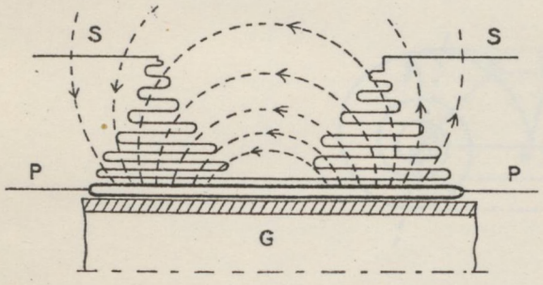

FIG. 15.

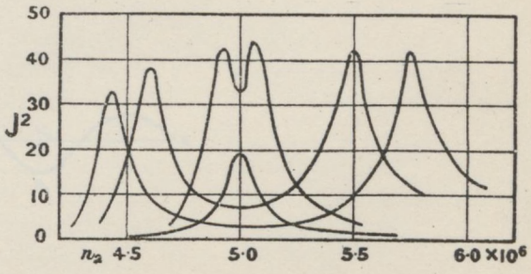

FIG. 16.

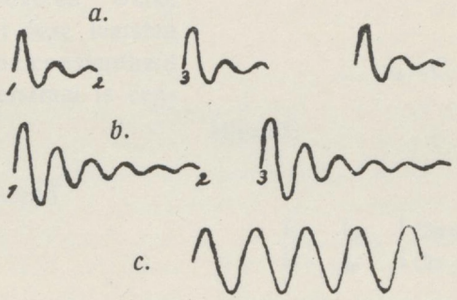

FIG. 17.

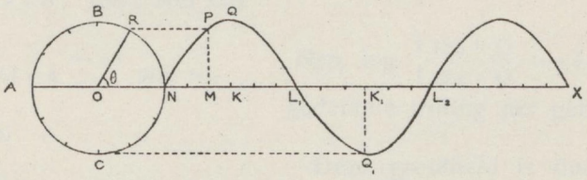

FIG. 18 *a*.

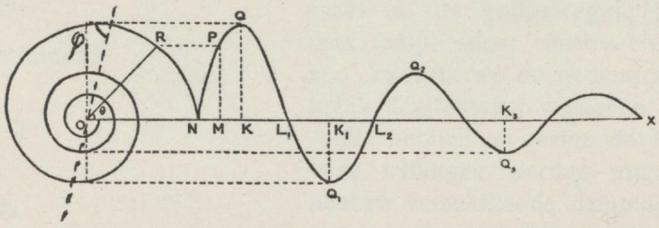

FIG. 18 *b*.

er is dus eene constante verhouding tusschen de afgelegde hoek en de logarithme van den bijbehoorenden radius.

Verder is een eigenschap van deze spiraal, dat de hoek tusschen voerstraal en bijbehoorende raaklijn (φ) constant is, zoodat alle aan de spiraal getrokken *horizontale* raaklijnen raakpunten opleveren, welke alle op één voerstraal liggen en met deze laatsten een hoek $= \varphi$ maken. Een bewijs voor de constantheid van den hoek tusschen raaklijn en voerstraal is eenvoudig:

$$r = a^{-\theta} \text{ differentieerend}$$

$$dr = -a^{-\theta} \ln a \, d\theta$$

$$= -r \ln a \, d\theta$$

hieruit:

$$-r \frac{d\theta}{dr} = \frac{1}{\ln a} = \textit{constant.}$$

Nu is $\operatorname{tg} \varphi = -r \frac{d\theta}{dr}$

dus:

$$\operatorname{tg} \varphi = \text{constant}$$

$$\underline{\varphi = \text{constant.}}$$

De pos. maximum amplitude der golfbeweging behoort dus bij eenen hoek θ van den voerstraal met den tijd as $\theta = \varphi$; $\varphi + 360$ enz.

De neg. maximum amplitude bij $\theta = \varphi + 180$; $\varphi + 540$ enz.

De amplitude is *nul* voor $\theta = o$; 180; 360 enz.

$$i = r \sin. \theta = r \sin. \omega t = a^{-\omega t} \sin. \omega t.$$

of bij verandering van constanten:

$$i = C e^{-qt} \sin. \omega t = C e^{-qt} \sin. \varphi \text{ voor } \omega t = \varphi.$$

Uit de teekening volgt, dat de tijd t, tot de eerste pos. max. amplitude wordt afgelegd =

$$t_1 = \frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} \text{ als } T = 1 \text{ periode.}$$

voor de tweede pos. max, amplitude:

$$t_3 = \frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + T$$

voor de 3e pos. max. amplitude

$$t_5 = \frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + 2T$$

Zoodat de eerste max. positieve amplitude

$$I_1 = C e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2}\right)} \sin \varphi$$

$$I_3 = C e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + T\right)} \sin. \varphi$$

$$I_5 = C e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + 2T\right)} \sin. \varphi$$

enz.

Hieruit:

$$\frac{I_3}{I_1} = \frac{I_5}{I_3} = \frac{I_{(2n+1)}}{I_{(2n-1)}} = \frac{e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + T\right)}}{e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2}\right)}} =$$

$$= \frac{e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + 2T\right)}}{e^{-q\left(\frac{\varphi}{\pi} \cdot \frac{T}{2} + T\right)}}$$

$$= \text{enz.} \quad = e^{-qT}$$

$$q\,T = \text{constant} = \delta$$

dus:

$$\frac{I_3}{I_1} = \frac{I_5}{I_3} = \frac{I_{(2n+1)}}{I_{(2n-1)}} = e^{-\delta}$$

Nep. log. $\frac{I_{(2n+1)}}{I_{(2n-1)}} = -\delta =$ *logarithmisch decrement* der gedempte trilling per geheele periode.

Deze grootheid is dus eene vaste verhouding tusschen de Nep. logarithmen van twee opeenvolgende positieve maximum-amplitudes.

De kromme:

$$x = C e^{-qt} = a^{-\omega t} = a^{-\theta}$$

raakt nu de golfbeweging ter plaatse der positieve max. amplitudes; construeeren we dus deze kromme, zoo kunnen we de gedempte sinusbeweging gemakkelijk daartusschen teekenen.

We hebben nu gezien, dat bij den Braunschen zender twee trillingen werden uitgestraald. Deze trillingen hebben verschillende demping en wel die van de beide kringen. Deze dempingen zijn in 't algemeen *ongelijk* en ook *niet* gelijk aan de demping van elk der kringen apart. Die beide trillingen combineeren zich tot eene resulteerende trilling en we onderscheiden hierbij twee gevallen:

A. Bij losse *koppeling*. De twee trillingen zijn zooals vroeger gezien, *isochroon* en onderscheiden zich alleen in 't dempingsdecrement

δ antenne = ca 0.2

δ Braunsche kring met vonk = ca 0.08

δ „ zonder „ = ca 0.02

fig. 19.

In fig. 19*a* ziet men, welke resulteerende trilling in een gedempte kring ontstaat, zoo door een tweeden kring van andere demping energie in den eersten kring wordt opgedrukt; daartoe zijn de omhullende geteekend van twee gedempte trillingen resp. met $\delta = 0.02$ en $\delta = 0.08$.

De begin-amplitudes zijn gelijk en tegengesteld. De resulteerende trilling nu ligt tusschen twee krommen, verkregen door de algebraïsche som der ordinaten der beide omhullende, daar de oorspronkelijke trillingen isochroon zijn. De resulteerende trilling, van dezelfde frequentie als de beide oorspronkelijke trillingen, is in de figuur geteekend; we zien, dat de trilling snel van 0 tot eene maximumamplitude toeneemt en deze toename wordt vooral beheerscht door de trilling met het grootste decrement, dan neemt de amplitude langzaam af geheel overeenkomstig de minst gedempte trilling. We zien tevens, dat het geheel onverschillig is *welke* der beide trillingen het meest gedempt is (geen verschil tusschen gever en ontvanger).

Geheel anders is het geval voor *B. vaste koppeling*, waarbij buiten het verschil in *demping* ook dat in phase optreedt. (fig. 19b.)

Nemen we daarbij voortdurend de algebraïsche som der amplituden der beide grondtrillingen, zoo neemt de resulteerende trilling niet eenvoudig toe en af, doch er ontstaan, zooals in de figuur duidelijk zichtbaar, zwevingen. Deze ontstaan in beide systemen en wel $^1/_2$ periode tegen elkaar verschoven, wat beteekent, dat voortdurend energie tusschen hen wordt heen en weergeslingerd; bij deze voortdurende transformatie wordt telkens warmte verspild, wat natuurlijk zeer nadeelig werkt op het nuttig effect van 't geheel.

Figuur 20 stelt eenige fotografische opnamen voor, welke men op de Physikalische Reichsanstalt te Charlottenburg door middel van glimbuis en snel roteerenden spiegel heeft weten op te nemen van Braunsche zenders bij verschillenden koppelingsgraad.

c is de resulteerende trilling in den trillingskring bij *losse koppeling*, er is van eene terugwerking door de antenne niets te bespeuren en het verloop is als van dien kring alleen;

b is de zelfde kromme, duidelijker door de grootere rotatiesnelheid van den spiegel;

d toont de resulteerende trilling in de antenne, ook hier is de trilling als onder 19*a* zonder zwevingen;

e en *f* toonen de trillingen bij iets vastere koppeling. Zoowel bij den trilkring als bij de antennetrilling zijn de zwevingen zichtbaar;

g en *h* als boven voor zeer vaste koppeling. De zwevingen zijn hier zeer hinderlijk bemerkbaar.

Daartegenover geeft *a* een beeld van de *ongedempte* trilling. Hierbij is van zwevingen geen sprake. We zien dus, wat de *energie-overbrenging* betreft het voordeel dezer laatste trillingen. Hoe kunnen we deze echter voortbrengen?

Eén vorm tot voortbrenging dezer trillingen lag voor de hand. Elke eenphase-wisselstroomgenerator n.l. brengt zulke sinusvormige trillingen voort, doch al kan men bij deze generatoren voldoend hooge *spanning* voor ons doel bereiken, de *frequentie* is eene veel te kleine. De meest gebruikelijke frequentie van 50 perioden per secunde levert ons golflengten van $\frac{3.10^8}{50}$ = 6.000.000 meter, welke voor ons doel natuurlijk geheel onhandelbaar zijn; we denken slechts aan de antennes en de afmetingen der trillingskringen.

Wat we dus moeten hebben, zijn generatoren voor eenphasenstroom, welke eene zoo hoog mogelijke frequentie hebben (300 meter golflengte vereischt eene generatorfrequentie van 1 millioen per sec.)

Zien we nu door welke formule de frequentie van eenen generator wordt bepaald n.l. c/sec. = $\frac{p\ n}{60}$

waar in p = aantal poolparen,

n = aantal onwentelingen per minuut van den generator voorstellen, dan zien we, dat we met deze grootheden tot het uiterste moeten gaan; n = zoo groot mogelijk is alleen met machines van kleine afmetingen te bereiken, dus voor kleine energiehoeveelheden, terwijl in de draadlooze telegraphie toch al zenders van 75 P. K. voorkomen.

Daar deze echter een nuttig effect van ca. 20% hebben, is de werkelijk uitgestraalde energie slechts 15 P. K.

Bij de directe inbewegingzetting der antenneelectriciteit door den wisselstroomgenerator is van energieverlies anders dan door Joulesche warmte geen sprake en deze is klein te maken, zoodat we voor 't zelfde werk met eenen generator van zegge 20 PK. zouden kunnen volstaan. Doch zelfs zoo'n betrekkelijk kleine machine kan niet zeer snel aangedreven worden, hoewel we van de stoomturbineindustrie veel op dit gebied hebben geleerd.

Verder zijn we beperkt in de snelheid, daar bij de tweede voorwaarde: p = zoo groot mogelijk, de ankeromtrek en dus de omtreksnelheid groot wordt.

Vele constructeurs hebben het hunne er aan beproefd en zoo ontstond de hoog-frequentiegenerator van *Tesla* (ca. 1890 voor booglampgenerator tot opheffing van 't brommen). fig 21.

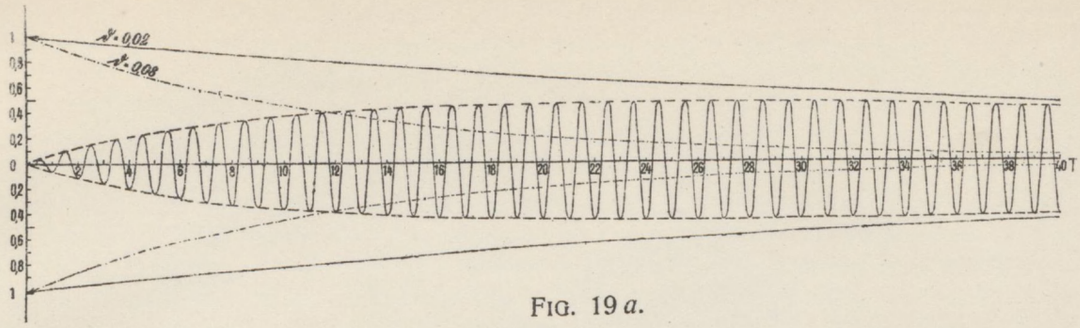

FIG. 19 *a*.

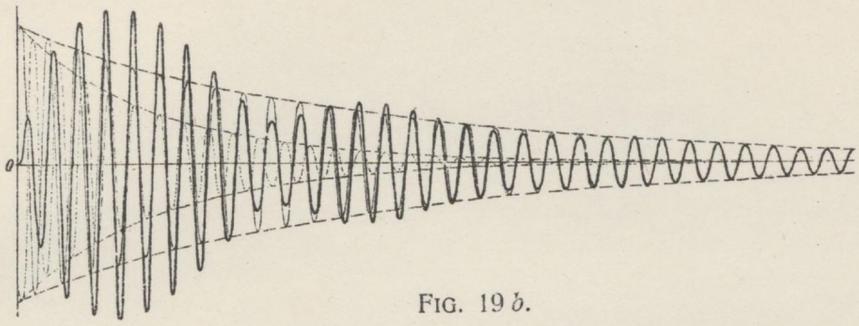

FIG. 19 *b*.

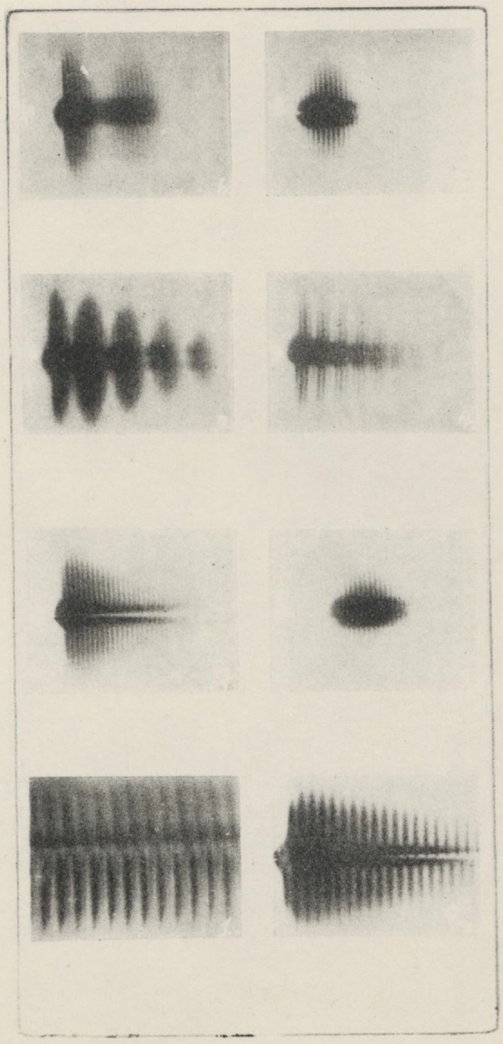

FIG. 20.

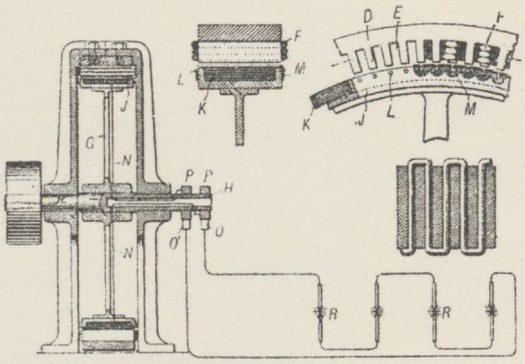

FIG. 21.

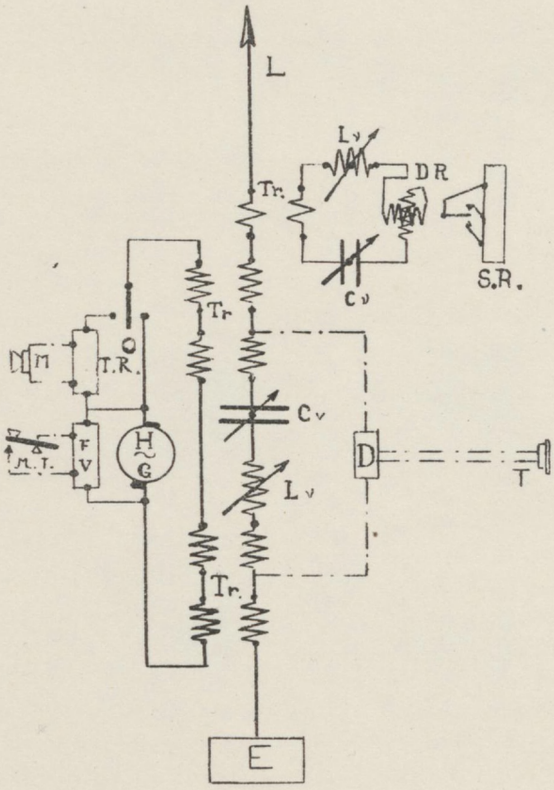

FIG. 22

Hierbij stonden de magneetpolen stil; deze polenkrans bestond uit een ring van dunne plaatijzers met ingefraisde tanden D; elke tand vormde een pool en er waren 400 zulke polen, welke gemagnetiseerd werden door zig-zag om die polen geslingerde draden, F.

Het anker was van het gladde type: op een soort gietijzeren vliegwiel was dun ijzerdraad K gewikkeld en daarop lagen de ankerspoelen M, welke om zijdelings aangebrachte pennen waren gewikkeld, om ze tegen afslingeren te zekeren. Van zulke spoelen waren er ca. 400 en de machine werd gedreven met eene snelheid van 3000 omw./min, de frequentie was dus $c = \frac{200 \times 3000}{60} = 10.000$ per./sec. (zoude een golflengte van 30.000 meter geven), de machine gaf 100 Volt. bij 10 ampère, de omtreksnelheid van 't anker was al enorm hoog n.l. 112,5 meter/sec.

Er was echter een groot verlies aan magnetische krachtlijnen in deze machine door den kleinen poolsafstand en den grooten luchtspleet tusschen de polen en 't gladde anker.

TESLA bouwde daarom een ander soort generator met een schijfvormig anker, waarmede hij eene frequentie van 15000 per./sec. kreeg; de machine is zeer interessant, doch eene beschrijving zoude mij te ver voeren, vooral daar de machines voor ons doel niet geschikt zijn, daar de frequentie nog ongeveer 10 × te klein is.

Andere interessante hoog-frequentie-generatoren werden gebouwd, zoo b. v. van SALOMONS en RIJKE, die ter verkrijging van hoogere relatieve snelheid anker- en magneetsysteem tegen elkaar in lieten draaien. Hunne machine gaf bij 1500 omw/min der beide deelen en 180 poolparen 9000 perioden/sec.

DUDDELL bouwde een hoog-frequentie alternator, bestaande uit een stilstaanden ring met twee naar binnen staande polen, waartusschen een rad met V-vormige tanden (204 stuks) met eene snelheid van 600 O/sec. werd gedreven, dus gevende een stroom van meer dan 120.000 frequentie.

Op den ijzeren ring waren zoowel de veld-als de ankerspoelen aangebracht en de machine leverde 0.1 amp. bij 2 Volt. Deze machine zoude dus eene golflengte van 3000 Meter geven en komt dus, wat dat betreft binnen de praktische grenzen; we zien echter, hoe lastig het is, om ook maar eene minimale energie van praktische frequentie met eene wisselstroommachine voort te brengen. De kans eene praktische machine te produceeren leek dus niet groot en zag men daarom naar andere middelen om.

Doch wat de tegenwoordige techniek vermag, toont weer 't werk van PROF. FESSENDEN.

Het is hem namelijk gelukt eenen alternator te bouwen, direct aangedreven door eene snelloopende de *Laval-stoomturbine*.

Eenige afmetingen geef ik U hierbij:

Energie opbrengst:	$2^1/_2$ KW.
Spanning (electrisch):	225 Volt.
Ankerweerstand:	5 Ω
Frequentie:	75.000 per/sec (kan met 1 Kw. 250.000 per/sec. leveren).
Aantal spoelen per anker:	300
Doorsnede anker:	6″
Luchtspleet:	$^1/_{16}$″
Veld:	150 tanden.
Doorsnede turbinerad:	$3^1/_2$″
Stoomdruk:	11 – 135 lbs/sq Inch.
Afmetingen:	12″ × 12″ × 3′

De machine geeft dus eene golflengte van 4000—1200 meter en het is voor eene goede afstemming noodzakelijk, dat de snelheid binnen zeer enge grenzen constant blijft. Zuiver mechanische middelen reiken daartoe niet en daarom geschiedt de regeling electrisch door den uitgezonden golf zelf.

Deze generator maakte het FESSENDEN mogelijk, om een praktisch systeem voor draadlooze telegrafie uit te werken, ja zelfs een systeem voor draadlooze telefonie, daar draadlooze telefonie altijd mogelijk is, zoodra we golven uitstuuren van konstante maximum-amplitude. We kunnen dan n.l. de genoemde amplitude gemakkelijk beïnvloeden door een microfoon of dergelijke, overeenkomstig het daarin gesprokene en deze storingen in de continuïteit der trillingen veroorzaken in de ontvangtelefoon membraantrillingen overeenkomstig het gesproken woord.

Het beginsel van 't systeem FESSENDEN kan ik U 't makkelijkst aan een schakelschema daarvan laten zien. (fig. 22).

Hierin is L de antenne,
E de aarde.

De inrichting stelt ons in staat gelijktijdig te telegrapheeren of telefoneeren en te ontvangen zonder omschakeling en dit wordt bereikt, doordat de ontvanger in een soort van brug ligt, zoodat bij 't zenden de ontvanger niet wordt beïnvloed.

We kunnen dus beide gevallen apart behandelen.

A. werkt het station als *gever*.

De hoogfrequentie-wisselstroom-generator HG levert wisselstroom van de besproken frequentie in een gesloten keten van 4 transformatoren Tr (hoog-frequentie zonder ijzer), deze brengen de energie op den antennekring, welke zoowel voor gever als ontvanger afstembaar is door de variabele capaciteit Cv en zelfinductie Lv. Zooals reeds vermeld, wordt daarbij de ontvanger D niet beïnvloed en de energie wordt door de antenne L uitgestraald. De transformatoren werken n.l. in eene richting, vloeit b.v. op een bepaald oogenblik de stroom van boven naar beneden, zoo zullen de transformatoren 1 en 4 een stroom door den detector trachten te sturen van boven naar beneden; 2 en 3 van beneden naar boven; daar bij juiste instelling van

Lv en Cv alle transformatoren gelijk belast zijn, is de resulteerende stroom in den detector = O.

E is de aardverbinding of 't tegenwicht.

In de antenne zien we nog een transformator Tr. Deze dient om de tourental van de machine te regelen. Tr is n.l. een koppelingstransformator met een afstembaren kring, waarin Cv en Lv resp. de reguleerbare capaciteit en zelfinductie zijn.

DR is daarin een dynamometer en de kring is afgestemd op $^1/_{20}$ % hooger dan de uitgezonden golf.

Stijgt dus de snelheid der turbine $^1/_{20}$ %, zoo slaat DR uit en maakt contact, voor eene inrichting SR welke electrisch de turbine-stoom smoort. Ligt de tong van D R. tegen het rustkontact, zoo wordt de smoorklep geopend en de tong zal dus tusschen beide contacten blijven spelen, daarbij is de machine met een niet grootere onregelmatigheid dan $^1/_{20}$ %, ja zelfs geeft FESSENDEN op de snelheid binnen $^1/_{50}$ % constant te kunnen houden.

Door òf Cv, òf Lv constant te houden en de andere volgens een geeikte schaal te varieeren, kan men de reguleerinrichting voor elke gewenschte golflengte (frequentie) instellen.

Bij 't zenden nu wordt HG beïnvloed op twee wijzen en wel al naardat de omschakelaar O links of rechts staat.

Staat ze rechts, zoo kunnen we telegrafeeren.

Door den Morsesleutel MT kunnen we dan een apparaat FV in beweging zetten, 't welk de frequentie $^1/_{20}$ % varieert. Deze variatie is met een Schlömilch-of anderen detector niet waar te nemen, zoodat een groote graad van storingsvrijheid gewaarborgd is.

Staat de omschakelaar links, dan wordt door het microfoon M het spreekrelais TR in beweging gezet en daarmee de continuegolfrij beïnvloed.

Dit relais kan bij eene weerstand van 60 Ω 15 Amp. doorlaten en is dus instaat ca. 1 Kw. te beïnvloeden, iets wat met spreektoestellen van andere systemen tot nu toe niet bereikt is. Het was daardoor mogelijk met *200 Watts* trilling energie en 175 ft. antenne hoogte (53 mtr.) over *200 miles* (360 KM.) te spreken, zoodat FESSENDEN berekent met 1 Kw. en 400 ft. antenne ca. *1000 miles* te kunnen telefoneeren, wat een record zoude zijn en wat hem het idee eener transatlantische telefoon-verbinding in 't hoofd heeft gegeven tusschen *Parijs* en *New—York*, welke verbinding hij met echt Amerikaansche „humbug" beloofd heeft binnen 2 jaar tot stand te brengen. FESSENDEN heeft echter veel gedaan, wat als koen en meesterlijk mag beschouwd worden en in Amerika is niets onmogelijk.

B. ontvanger: Hierbij wordt dezelfde antenne kring gebruikt, dezelfde afsteminrichtingen C en L, wat ook tot vereenvoudiging van 't geheel bijdraagt.

Ter verdere illustratie vertoon ik U nog een paar kiekjes van een Fessenden-station (fig. 23). De verschillende antenne-onderdeelen hebben veel overeenkomst met die van de Telefunken-station (ijzeren mast op punt staande en los staande betonankers der trekschooren en ingeploegd aardnet). FESSENDEN staat op dit gebied der ongedempte-golfproductie vrij wel alleen. Wel berust ook *Tesla's* z.g. *world—wave*-telegraphy op 't principe van de directe energieafgifte aan de antenne door middel van een *alternator*, doch is, daar als zender de aarde *zelf* tegenover eene groote capaciteit als trilsysteem wordt gebruikt, de frequentie gering, zoodat een meer gewoon type van alternator gebruikt wordt.

De tweede catagorie der voortbrengers van „ongedempte" trillingen is minder voor de hand liggend en hier is ook weder DUDDEL een der mannen, die den weg baanden.

DUDDEL vond omstreeks 1900 dat, zoo aan een gelijkstroom-booglamp een condensator en zelfinductie werden parrallel geschakeld (zie fig 24 b), onder bijzondere omstandigheden en afmetingen der verschillende factoren, een muzikaal geluid kon voortgebracht worden, wat op grooten afstand kon gehoord worden, vooral zoo inductief met zelfinductie een telefoon gekoppeld werd. Reeds had ELIHU TOMSON een dergelijk verschijnsel waargenomen met eene geheel analoge inrichting, (zie fig. 24a) waarin echter inplaats van een *koolboog* een *metaal-boog* werd gebruikt met blaasmagnee om den gelijkstroomboog afteblazen, wat bij het Duddell-verschijnsel om later te expliceeren redenen *onnoodig was*. De voortgebrachte trillingen waren, wat de *frequentie* betreft, van de orde der muzikale geluidgolven (16— 36000 trill./sec.)

Het onstaan werd vrijwel als een raadsel beschouwd en nog meer het feit, dat men boven eene bepaalde frequentie niet komen kon. Door de lage frequentie was deze generator voor de draadlooze telegrafie onvoldoende. Eerst met de oplossing van het raadsel kwam men ook tot het middel om trillingen van hoogere frequentie voort te brengen. En de man, die dit klaarspeelde, bracht daardoor het enorme voordeel der eenvoudige productie van omgedempte trillingen in de rij der krachtmiddelen der draadlooze telegrafie en telefonie.

We kennen allen dien naam, ik zie hem op ieders lippen zweven, het is POULSEN.

Helaas kan ik U dit belangrijke systeem niet demonstreeren. Minder, omdat ik deze zeer gewichtige branche niet aan ernstige studie zoude onderwerpen hebben, doch wijl de middelen niet ter mijner beschikking staan. Voor de demonstratie is gelijkstroom van hooge spanning en genoegzame energie noodig, welke hier niet aanwezig zijn.

Het doet me echter genoegen, U te kunnen wijzen op de proeven, door m'n ouderen collega van den Hollandschen P. & T. dienst, Dr. W. KOOMANS op dit gebied genomen. Dr. KOOMANS is hierin zeer gesteund door de Hollandsche Postadministratie, die uit wel-

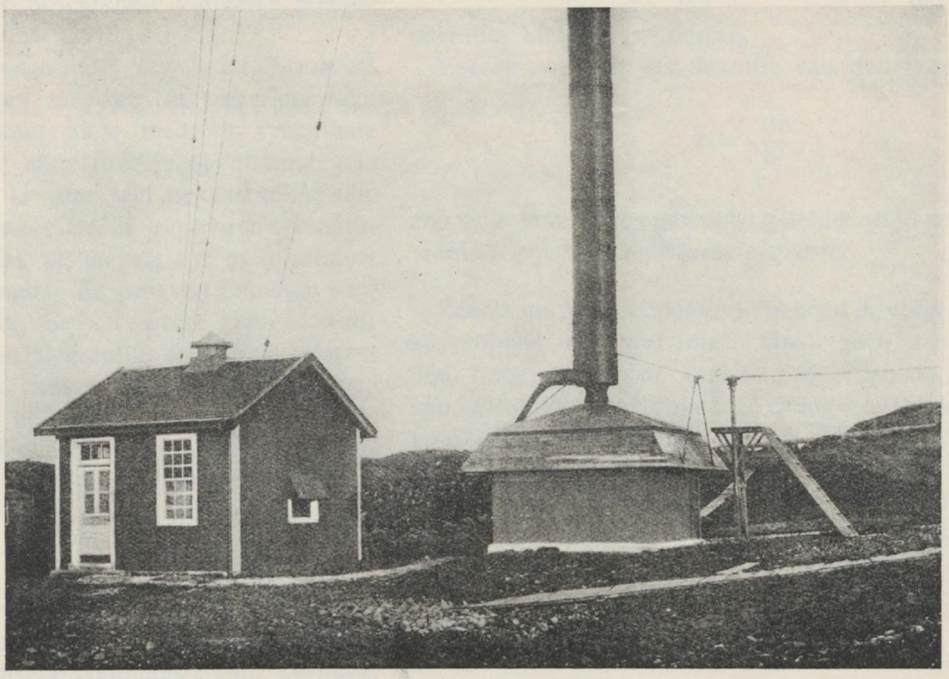

FIG. 23 *a*.

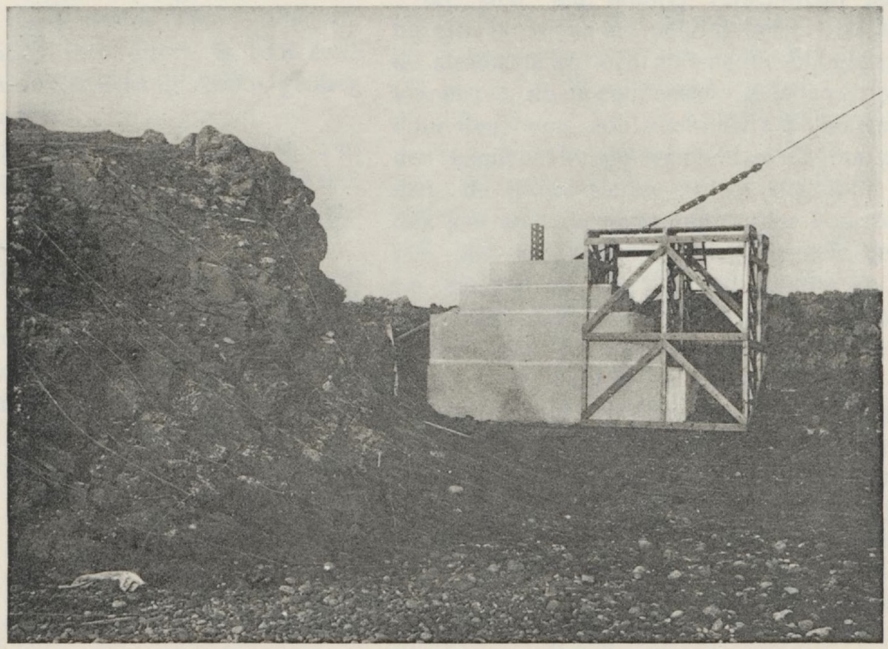

FIG. 23 *b*.

begrepen belangstelling in het werk van den jongen ingenieur, hem met alle beschikbare middelen terzijde stond.

Voor m'n vertrek naar Indië zag ik Dr. KOOMANS aan de voorbereidingen en kan de experimentator nu in zoo'n korte spanne tijds reeds op vruchtbare arbeid wijzen, getuige zijne jongste openbaringen in de „Ingenieur", welke U allen wel bekend zullen zijn. Hoewel de resultaten door Dr. K. verkregen op enkele punten minder juist zijn, als gevolg van de bijzondere omstandigheden, waaronder de proeven genomen werden, zoo beveel ik de heeren, welke zich voor dit gedeelte der draadlooze telegraphie en-phonie interesseeren, zeer het laatste artikel van Dr. KOOMANS aan over het wezen van de Poulsen-lamp, welk opstel een duidelijk beknopt overzicht vormt van wat hieromtrent door groote vorschers als Professor SIMON en anderen is geopenbaard. Ik zal dus volstaan met in het kort het „raadsel" op te lossen en daarmede eene verklaring te geven van het doel der door POULSEN aangewende middelen. Beschouwen we de zaak op de keper, zoo kan van „raadsel" geen sprake zijn. We hebben mechanische en en acoustische synoniemen voor 't grijpen. Wordt niet een tambourijn door een gelijkmatig aanstrijken door den duim in trilling gezet, niet een viool door 't gelijkmatig strijken van den strijkstok? Wordt niet een tong-pijp, zooals de hobo of clarinet door eenen gelijkmatigen luchtstroom tot trillende aanspreking gebracht?; wat ligt er dan nog voor nieuws of raadselachtigs daarin, dat door *gelijkstroom* trillingen worden teweeggebracht?

Beschouwen we nu wat er in den boog aanleiding kan geven tot het ontstaan van trillingen.

Wordt de stroom van de batterij ingeschakeld, zoo zal allereerst zich de condensator laden door de zelfinductie, tot de lading zoo groot is, dat eene condensatorspanning wordt ontwikkeld, groot genoeg om den boog te overbruggen.

Was de boog een geleider als een andere, zoo zoude een eenvoudige gelijkstroomlichtboog ontstaan, waarbij de condensator geladen bleef tot eenen potentiaal gelijk aan dien van den lichtboog.

De boog is echter geen eenvoudige geleider, doch een geleider met z.g. *negatieven weerstand.* Vloeit namelijk door een gewonen geleider een stroom *i* en is de weerstand van den geleider *r*, zoo heerscht tusschen de uiteinden van dien geleider een spanningsverschil $e = i\ r$ (Ohmsche wet).

Neemt de stroomsterkte *toe* met $\triangle i$, zoo zal de spanning *toenemen* met een bedrag $\triangle e$ zóó, dat

$$\begin{array}{l} e + \triangle e = (i + \triangle i)\, r \\ e \qquad\quad = i \qquad .r \\ \hline \qquad \triangle e = \quad \triangle i \quad .r \end{array}$$

$$\frac{\triangle e}{\triangle i} = r = \text{const.} = \frac{de}{di} \text{ voor eene}$$

oneindig kleine verandering.

Voeren we dus als definitie van den weerstand in

$$r = \frac{de}{di},$$

zoo is *r* voor eenen gewonen geleider altijd *positief*, d.i. wordt *i grooter*, zoo wordt *e grooter*.

Zooals nu echter algemeen bekend is, volgt de gelijkstroomboog die wet *niet*. Gaat geen stroom door den boog, zoo is de spanning tusschen de uiteinden van den nog niet ontstanen boog = de vonkspanning voor denzelfden afstand. Wordt de boog tot ontstaan gebracht, zoo zinkt de spanning direct tot een tamelijk laag bedrag en wel des te *lager*, hoe *grooter* de stroomsterkte door den boog is. Heerscht in den boog eene bepaalde stroomsterkte, zoo behoort daarbij eene bepaalde spanning; neemt de stroomsterkte *toe*, zoo neemt de spanning *af*.

$$r = \frac{de}{di} \text{ is dus } negatief.$$

De gelijkstroomboog heeft dus een' *negatieven weerstand*, en deze eigenschap, die het ontstaan van trillingen mogelijk maakt, berust op de desioniseerende werking van den krater (fig. 25).

Nevenstaande figuur geeft verschillende karakteristieken te zien en wel voor gelijkstroom-booglampen met kool- resp. metaal-electroden in lucht en waterstof atmosfeer brandende.

We zien, dat, hoewel verschillend hoog liggende, bij alle krommen de neiging bestaat, om bij toenemende stroomsterkte een afnemende boogspanning te vertoonen; is nu de condensator geladen en gaat de stroom door den boog, zoo vermindert de boogspanning, wat den condensator gelegenheid geeft, om zich te ontladen, de stroomsterkte wordt daardoor nog grooter, dus kan zich de ontlading verder voortzetten, ja zelfs zóó, dat de condensator tegengesteld geladen wordt. De electriciteit zal tot rust komen en dan trachten zich tegen den lampstroom in door den boog terug te bewegen op dezelfde wijze als door de vonkenbrug. Daar echter de gelijkstroom en de trillingsstroom elkaar tegenwerken, zal de stroomsterkte verminderen, daardoor wordt de boogspanning *hooger* en in 't algemeen kan de ontladingsstroom niet terug vooral, zooals we nader zullen zien, bij asymmetrischen boog. Veelmeer tracht de gelijkstroombron de beide condensatorplaten eerst dezelfde potentiaal te geven, daarna weer op te laden en we zijn in den begintoestand terug (fig. 26).

Nevenstaande figuur geeft een duidelijk beeld van het stroom-en spanningsverloop van den condensator.

Bovenstaande uitleg van het verschijnsel geschiedde onder de stilzwijgende conditie, dat de karakteristiek van den booglamp *niet veranderde* door de aanwezigheid der trillingen.

Dit nu is eene dwaling en we *weten*, dat die invloed bestaat, want waarom is dan het *Duddell*-verschijnsel tot eene bepaalde frequentie beperkt?

De karakteristiek, die ik U vertoonde, geldt n.l. alleen voor een rustig brandenden boog, heet daarom de *statische karakteristiek*.

Treden trillingen op, zoo verandert de karakteristiek in eene zoogenaamde *dynamische*.

Het verband is ongeveer hetzelfde als tusschen de jonkvrouwelijke magnetizeeringskromme en de magnetische hysteresiskromme en ook hier wordt in plaats van denzelfden heen-als terugweg langs de statische kromme een andere terugweg als heenweg gevolgd, de kromme sluit een *vlak* in.

Men spreekt daarom van den lichtbooghysteresis. (fig. 27).

Nevenstaande figuur geeft hiervan een duidelijk beeld.

Professor SIMON heeft uit deze hysteresis krommen zijne theoriën opgebouwd over het ontstaan en het wezen der trillingen. Deze theoriën na te gaan ligt buiten het kader van mijne lezing, doch kan ik U wel gemakkelijk eenige eigenschappen aan de hand van deze krommen toonen.

Houden we in 't oog, dat voor het ontstaan van trillingen eene *negatieve weerstand-kromme* d.i. van rechts naar links dalende, noodig is, en wel hoe steiler hoe beter, zoo zien we, dat voor lage frequentie, (waar de dynamische kromme met de statische overeenkomt) zooals reeds bij 't beschouwen der statische krommen gezegd is, het inbedden in *waterstof* en het bezigen van *metaalelectroden* de krommen hooger en steiler maakten, zoodat deze middelen het ontstaan bevorderen.

De invloed van de frequentie op de kromme is nu deze, dat voor dezelfde variatie in stroomsterkte, de ellipsvormige hysteresis-kromme steeds meer neiging vertoont om de groote as in de richting van den *positieven* weerstand (stijgend) te draaien (zie figuur a. b. c.), doordat de hysteresis toeneemt en daardoor de ellips steeds breeder wordt tegenover de lengte. Het hangt er nu van af, welk gedeelte van de kromme overwegend is, dat van negatieven- of positieven weerstand, of trillingen zullen ontstaan ja dan neen. We zien, dat negatief-zijn het best zal te verkrijgen zijn in het steilste gedeelte van eene kromme: d.i. bij eene lamp met *hooge* spanning en *kleine* stroomsterkte. Afgezien dus van de middelen, die ons op eene steilere kromme voor dezelfde lamp brengen (inbedding in waterstof en metaalelectroden) moeten we dus middelen beramen, om, door onderdrukking van de stroomsterkte, de spanning te verhoogen, den boog in z'n zijn te dwarsboomen, hem z.g. *labiel* te maken. Dit bereiken we door insluiting van den boog, door sterke koeling der electroden, waardoor de desioniseerende werking van den krater wegvalt en de boog meer van eene vonkenbrug gaat krijgen. Verder de aanbrenging van een transversaal magnetisch veld, dat den boog kort na z'n ontstaan afblaast en hem nog labieler maakt.

Ook het achterelkaar schakelen van vele bogen kan helpen, daar voor het ontstaan van dezen serieboog bij dezelfde stroomsterkte eene hoogere spanning noodig is.

Vele dezer middelen, die de hooge frequentie der draadlooze telegrafie noodig maakten, zullen we bij de verschillende bestaande systemen in gebruik zien.

Er rest mij nog één middel te verklaren, dat aangewend wordt en door mij niet besproken is, n.l. de *onsymmetrie* van den boog.

Dit middel is echter minder aanwezig voor het *ontstaan* van het Poulsen-verschijnsel, dan wel om de trillingen van volkomen gelijke amplitude te maken.

Reeds deelde ik U mede, dat de terugontlading van den condensator door den boog gewoonlijk niet tot stand kwam, omdat de ontlaadstroom dan den boogstroom tegengesteld is; ware dit *wel* het geval, zoo zoude een gedempte trillinggroep ontstaan evenals bij de vonkentelegrafie, 't zij met positieve of negatieve demping. Men wil dit echter niet en wenscht slechts gebruik te maken van den eersten golfberg, het dal mag niet ontstaan.

De condensator wordt dan weder geladen; er ontstaat, weer een golfberg van dezelfde amplitude als de eerste enz. in regelmatige tusschenpoozen, bepaald door de afmetingen van zelfinductie en capaciteit van den trilkring. De vorm van deze golfbeweging vertoonde ik U reeds aan de glimbuis-spiegelopname en in de stroom- en spanning-kromme.

Men verwachtte van deze trillingen wonderen; de energie werd gelijkmatig uitgestraald met ca. $^1/_{20}$ der max. spanningsamplitude der gedempte golven, er ontstonden geen twee koppelings-golven, waardoor de afstemscherpte werd verminderd en de storingsvrijheid eveneens en last not least, men kon evenals bij de Fessenden-methode draadloos telefoneeren.

Verder vervielen tegenover de vonkenmethodes de transformatoren, zoodat de installatie bijzonder compact beloofde te worden en men de vonken-telegrafie reeds haar doodslied toezong.

Helaas, de verwachtingen werden niet beantwoord, De frequentie bleek afhankelijk van den boog en wie kent de grillen van de booglamp niet! Er was dus eene variatie in de golflengte, die in de plaats trad van de zwevingen der vonkentelegrafie, waardoor de theoretische storingsvrijheid van 1 $^0/_0$ meer in de

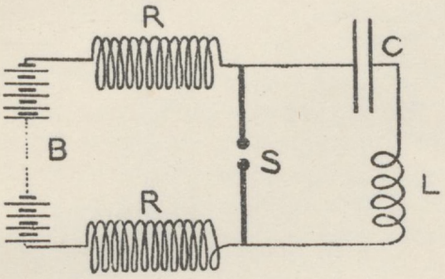

FIG. 24 *a*.

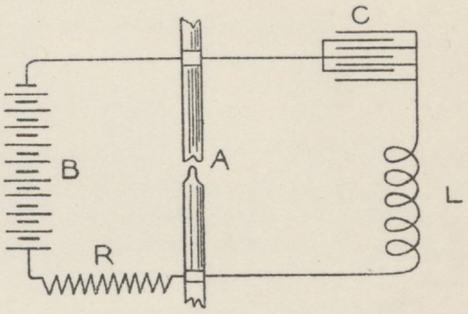

FIG. 24 *b*.

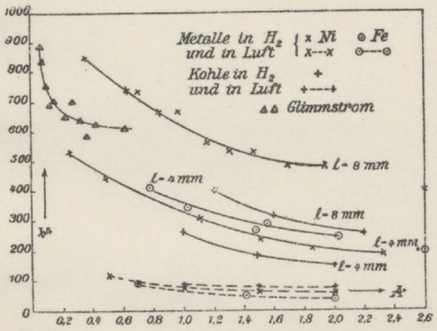

FIG. 25.

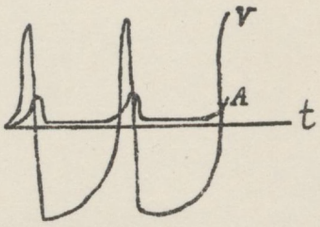

FIG. 26.

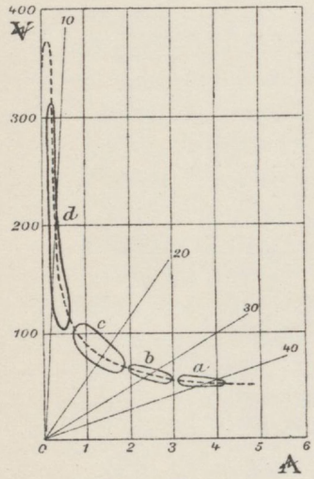

FIG. 27 *a*.

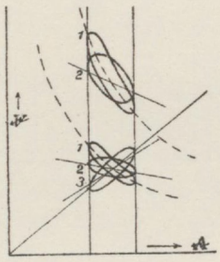

FIG. 27 *b*.

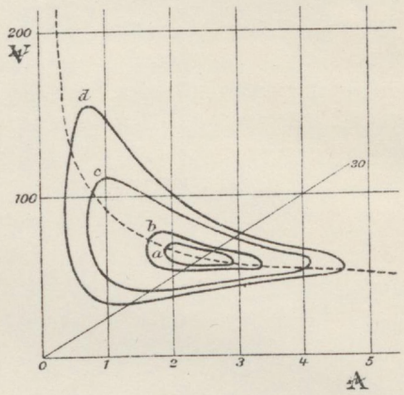

FIG. 27 *c*.

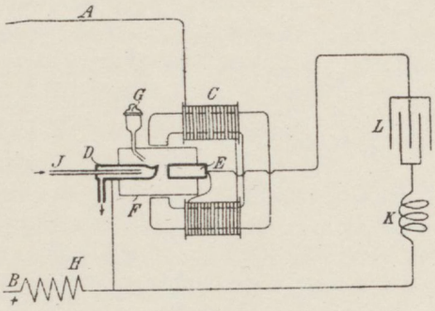

FIG. 28.

nabijheid kwam van de 5 % der vonkenstations.

Onder deze storingsvrijheid verstaat men, zooals bekend, het geringste verschil, uitgedrukt in procenten tusschen de golflengte van twee correspondeerende stations A en B, ten opzichte van een storend station C, noodig om de storende werking van C buiten te sluiten, zoo de drie stations in de hoekpunten van eenen gelijkzijdigen driehoek zijn gelegen en de stations van gelijke zend-capaciteit zijn.

Verder ontstaan er bij de Poulsen-methode ook zwevingen, niet ontstaan door de koppeling, die *extrême los* is, doch door de werking van den blaasmagneet, die noodig is, om bij grootere energiën den boog labiel te houden. Ook de behandeling van de lamp met hare water- en waterstofkoeling, draaiende en afbrandende electrode viel niet mee en daarbij moest de primairmachine-installatie grooter uit vallen, daar het nuttig effect van den zender ongeveer 10% is tegen 20 tot 25% bij de vonkenmethode.

Ook waren, daar men de frequentie zoo laag mogelijk en daardoor de golflengte zoo groot mogelijk hield, de antennes hoog. Is dus de overbrenging door ongedempte golven eene idiaale, wat in den laatsten tijd bestreden wordt, den voortbrenger dezer ongedempte golven kleven fouten aan, die het Poulsen-systeem theoretisch en praktisch achterstellen bij het Fessenden-systeem, hoewel het gemakkelijker is er grootere energiën mee aan den ether toe te vertrouwen.

Ik wil, na deze algemeene uiteenzetting van het principe der booglamptelegrafie en-fonie, U een kort overzicht geven van de op dit gebied werkzame systemen.

POULSEN systeem fig. 28.

Als zender gebruikt POULSEN een asymmetrische gelijkstroomlamp, waarvan de positieve pool uit een hol koper-lichaam van bijzonderen vorm bestaat met inwendige waterkoeling. De negatieve pool bestaat uit homogeene kool en deze koolpool wordt in roteerende beweging gezet door een kleinen electromotor. Beide polen steken in eene luchtdichte van koelribben voorziene kamer, waarin druppelsgewijze spiritus wordt geleid door eenen oliedruppelaar. De spiritus ontkoolt en daardoor komt waterstof vrij, zoodat de lamp brandt in eene waterstofatmosfeer. Verder is nog een transversale electro-magneet aanwezig, die door den boogstroom gespijsd wordt en het mogelijk maakt grootere energiën uit te stralen.

POULSEN gebruikt dus:

Asymmetrischen boog,
electrodekoeling door water en rotatie,
waterstof-atmosfeer,
magneetveld.

Al deze middelen belemmeren den boog zeer, maken hem uiterst labiel, dus als generator uiterst geschikt en er is derhalve eene hooge spanning noodig, om hem het bestaan te verzekeren. Die spanning is gewoonlijk 400 — 440 Volt. met grooten voorschakelweerstand.

Deze neemt een deel van de spanning op en wel meer, naarmate de boogstroom grooter is.

Is de stroomsterkte = 0, dan ligt de volle batterijspanning aan de lamp, zoodat, als na de eerste golfberg de lamp uitgaat, de noodige spanning aanwezig is om den boog weer te doen ontstaan, terwijl de boog, eenmaal brandende, aan lagere spanning ligt. Fig. 29.

Figuur 29*a* toont den uiterlijken vorm van de lamp. Deze constructie is geheel nieuw; onder zien we den zwaren blaaselectromagneet, boven eindigende in twee poolstukken terweerszijden van de met koelribben voorziene boogkamer. Bovenop staat de spiritusdruppelaar en vooraan zitten de regelschroeven voor den koolpool, welke door middel van een zichtbaren kleinen electromotor onder tusschenschakeling eener wormtransmissie wordt gedraaid. De positieve electrode met waterkoeling ligt aan den achterkant.

In 29*b* ziet men een kompleet station voor radiotelefonie. De generator is hier van ouder model. Opvallend is de *zeer losse* koppeling tusschen kondensator-kring en antenne bij X.

De lamp staat gewoonlijk op de plaats van de vonkenbrug in den Braunschen trillingskring. Zij kan echter ook direct in de antenne staan met z. g. vliegwiel-schakeling, waarbij de door de lamp in beweging gebrachte energie als bij een vliegwiel in een systeem van capaciteit en zelfinductie wordt opgehoopt en langzamerhand van daar aan de uitstralende antenne wordt afgegeven, aan den anderen kant echter het afgegevene van den boog terug ontvangt. De gever- condensator is van het draaiplaattype, waardoor eene continue verandering van de uitgezonden golflengte mogelijk is (in 29*b* tussschen lamp en microfoon zichtbaar).

De microfoon bestaat uit een complex van korrelmicrofonen, om de stroomsterkte per microfoon niet te groot te maken; zoo'n complex eischt echter een enorm stemgeluid van den spreker en is wel met de lamp een zwak punt van het *Poulsen*-systeem. Men kan de microfoon zeer vele punten van den gever laten beinvloeden, de antenne, den trillingskring, ja zelfs het veld van den boogmagneet of dynamo; overal stuit men echter op het gemis aan eene microfoon, die de noodige energie kan absorbeeren, daar die energie den maximum-afstand, waarop draadloos gesproken kan worden, bepaalt, *niet* de hoeveelheid in trilling gebrachte energie. Toch heeft men met Poulsen-stations reeds eenige honderde kilometers (Lyngby bij Kopenhagen — Weissensee bij Berlijn) kunnen overbruggen.

Misschien ware met een telefoon-relais, als door FESSENDEN gebruikt, nog meer te bereiken.

Telegrafeerend, dus afhankelijk van de hoeveelheid trillingenergie, heeft het Poulsen-systeem het tot eenige duizende kilometers gebracht.

De geef-inrichting is daarbij dezelfde als die bij 't telefoneeren, alleen treedt voor de microfoon in de plaats een Morse-sleutel of een automatische seinsleutel.

Moet het station met stations voor vonken-telegrafie samenwerken kunnen, zooals voorgeschreven is door de Berlijnsche conventie, dan is nog een mechanische onderbreker aanwezig, die de continue golfrij onderbreekt in een muzikaal tempo, omdat anders de detectoren met telefoon geen hoorbaar teeken zouden doen vernemen, daar de golffrequentie boven ons gehoor ligt.

Aan eigen stations bezigt men dit middel niet, daar het natuurlijk de per tijdseenheid uitgestraalde energie, dus de vertewerking vermindert (ca. 25%). Men bezigt dan liever den onderbreker aan het *ontvangstation* en noemt deze inrichting den *ticker*. Het doel van den *ticker* is tweeledig. In de eerste plaats is hij de oorzaak er van, dat de detector met telefoon hoorbare teekens geeft, in toonhoogte overeenkomend met het getal onderbrekingen per secunde door den ticker.

In de tweede plaats sluit de ticker den detector periodiek kort, waardoor de demping in den ontvanger verminderd wordt. De amplitude der trilling in het secundaire ontvangsysteem kan dus vrij aangroeien tot het maximum wordt bereikt, waarop de ticker den detector inschakelt. Hierdoor wordt het ontvangen zeker. Als detector wordt bij het Poulsen-systeem uitsluitend een thermo-detector gebruikt. Deze bestaat uit een los contact tusschen twee metalen, welke ten opzichte van elkaar eene groote thermoelectromotorische kracht bezitten en wier aanrakingsoppervlak een genoegzamen overgangs-weerstand biedt.

De op den detector inwerkende slingeringen van den ontvang-secundair-kring verwarmen het losse contact, geven eene electromotorische kracht in ééne richting, weshalve men den detector ook gelijkrichter noemt en de door den ticker rythmisch onderbroken gelijkstroom werkt op een telefoon, daarin eene muzikalen toon voortbrengend, of doorvloeit een dunnen gouddraad van $^1/_{100}$ mM. of minder middellijn, welke in een sterk magneetveld is geplaatst.

De draad komt daardoor in trilling en door een microscoop kan de beweging met het oog of op een licht gevoeligen band opgevangen worden. Dergelijke inrichtingen zijn zeer gevoelig (de zg. „licht" schrijver werkt nog zeer duidelijk met $1/10^7$ m. Amp. ontvangstroomsterkte) en de lichtschrijver hoewel op 't eerste gezicht wat gecompliceerd en breekbaar, wordt zelfs bij transportabele militaire stations gebruikt, ontvangt goed, waar goed op 't gehoor kan opgenomen worden en onderscheidt zich daardoor en door zijne ongevoeligheid voor atmosfeerische invloeden zeer gunstig van den ouden cohererschrijver. Het ontwikkelen en fixeeren van den gevoeligen band geschiedt automatisch en correct in het ontvang-apparaat zelf.

Een goede thermo-detector is de *tellurium-allumi-nium* detector en behoeft deze geen electrischen bron van buiten.

TELEFUNKEN gebruikt een dergelijken detector met lichtschrijver en telefoon voor snelle vonken-ontvangers en wel een uit *koperoxyd-platina*, waarbij het platinadraadje door een spiritusvlammetje verwarmd wordt en wel zóóver, dat het koperoxyd oppervlak op het punt van *doorslaan* is. Eene kleine electromotorische kracht der aankomende golven is voldoende om het huidje door te slaan. Deze detector is dus eene combinatie van *gelijkrichter* en *coherer*.

In 't algemeen is de ontvang-inrichting voor ongedempte golven en het verder te beschouwen „snelle vonken" systeem synoniem, hoewel bij laatste, zooals zal blijken, geen „ticker" noodig is.

Eigenaardig is, dat bij het Poulsen-systeem ook *zonder* detector gewerkt wordt door de „ticker" direct op een resoneerenden klankversterker te doen werken als oproepsignaal. Op de vorige figuur was links de ontvang-inrichting opgesteld, bestaande uit eene zeer losse magnetische ontvangkoppeling, regelbare condensatoren en zelfinducties, ticker, detector, telefoon enz. Hierbij ter illustatie nog een kiekje v. n een der masten van het grootstation Lyngby van 100 meter in het oprichtstadium. We zien duidelijk de eigenaardige methode van oprichting *ineens* met hulpmast, nadat de eigenlijke mast op een houten helling eerst geheel gemonteerd en van antenne en schoren is voorzien (fig. 30).

Op hetzelfde hoofd- principe als bij het Poulsen systeem werken nog o.a. twee andere systemen.

1e. het *de Forest*-systeem.

Dit Amerikaansche systeem onderscheidt zich in niets van het Poulsen-systeem, dan door de inferioriteit. Het systeem is bij de Amerikaansche marine ingevoerd, is beknopt gebouwd (zie foto fig. 31), heeft eene oervorm van Poulsen-lichtboog (boog in gasbrander brandende); als detector een *audion* of Tleming's-ventiel-detector (kooldraad tot roodgloed gebracht door locaal battery in vacuum tegenover hulp-electrode) en heeft eene overbrugging van 40 K.M. over zee mogelijk gemaakt. Als microfoon dient eene enkelvoudige stentor — koolkorrelmicrofoon.

2e Het in den laatsten tijd veel besproken *Majorana*-systeem.

Dit systeem is wederom geheel analoog het Poulsen-systeem, daaraan in 't algemeen gelijkwaardig, doch onderscheidt zich voordeelig daarvan door eene betere microfoon n.l. de z.g. waterstraalmicrofoon. (fig. 32).

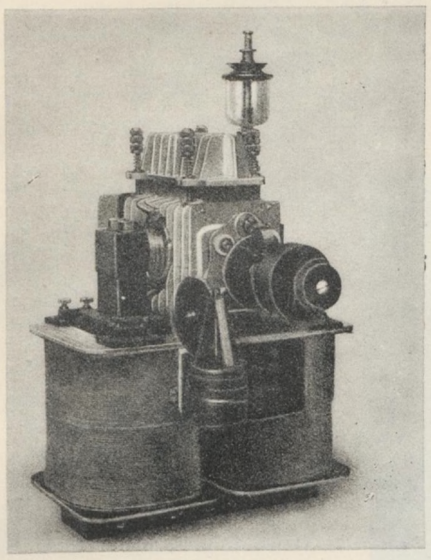

FIG. 29*a*.

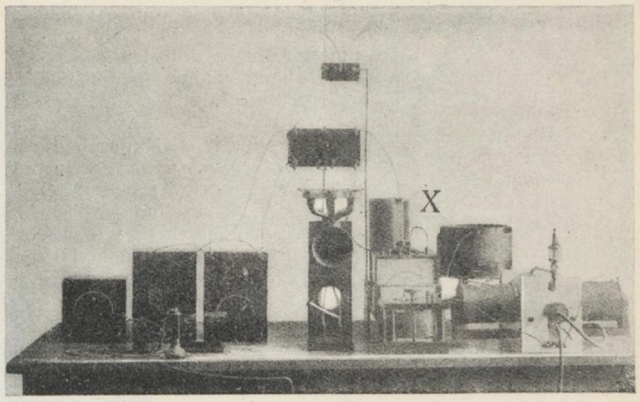

FIG. 29*b*.

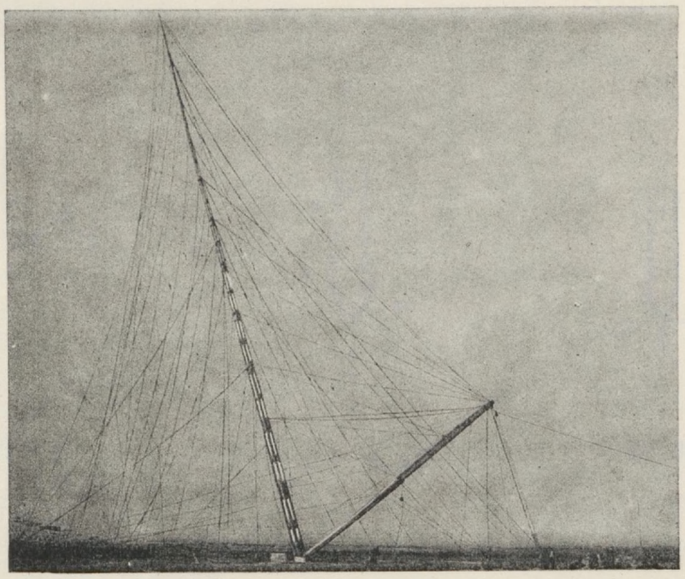

FIG. 30.

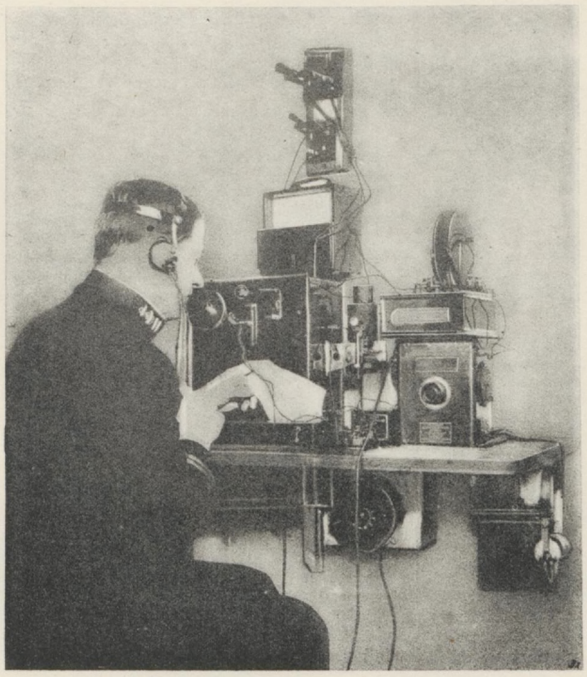

FIG. 31.

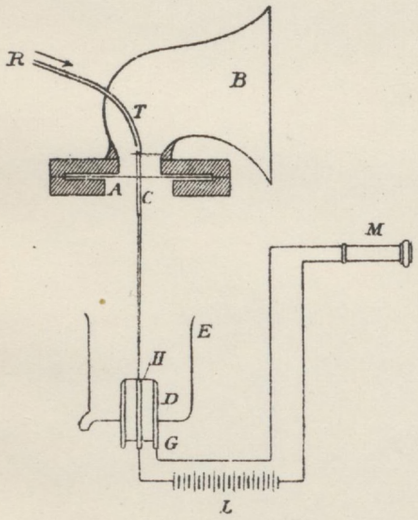

FIG. 32 *a*.

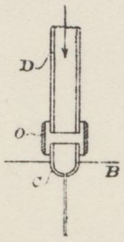

FIG. 32 *b*.

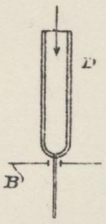

FIG. 32 *c*.

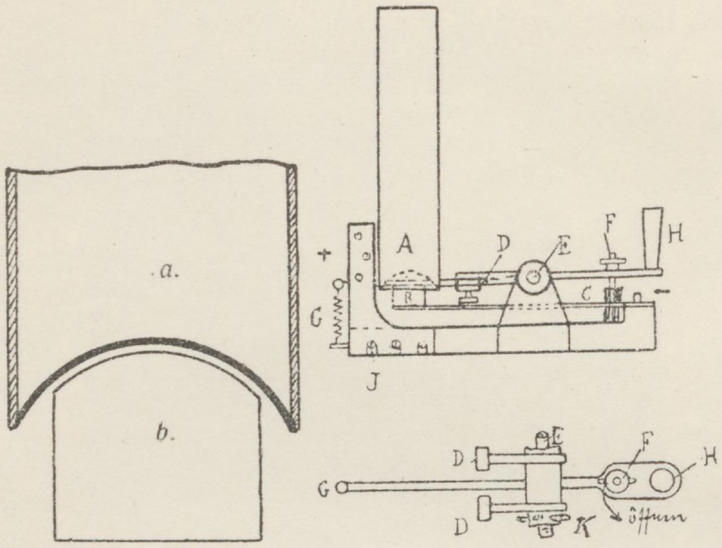

FIG. 33.

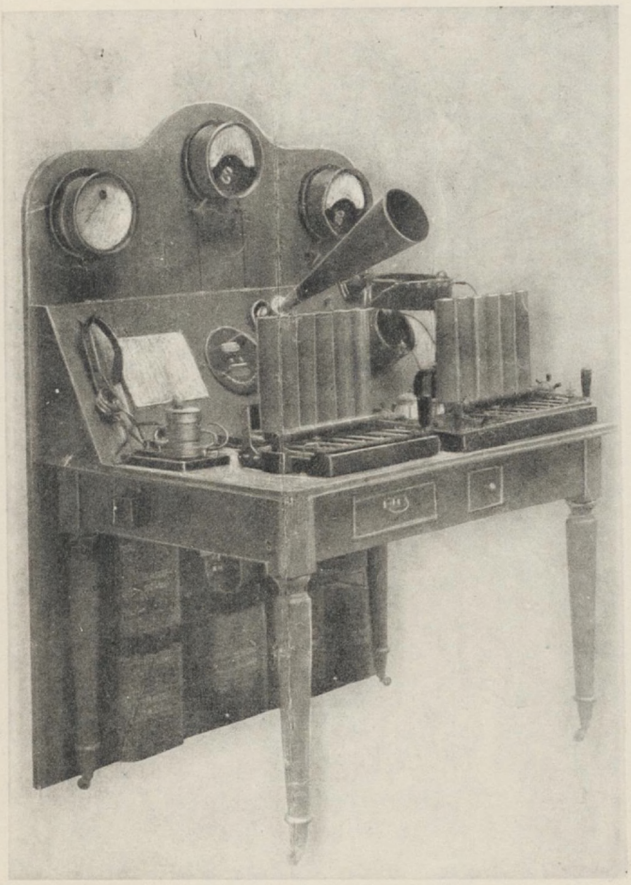

FIG. 34 *a*.

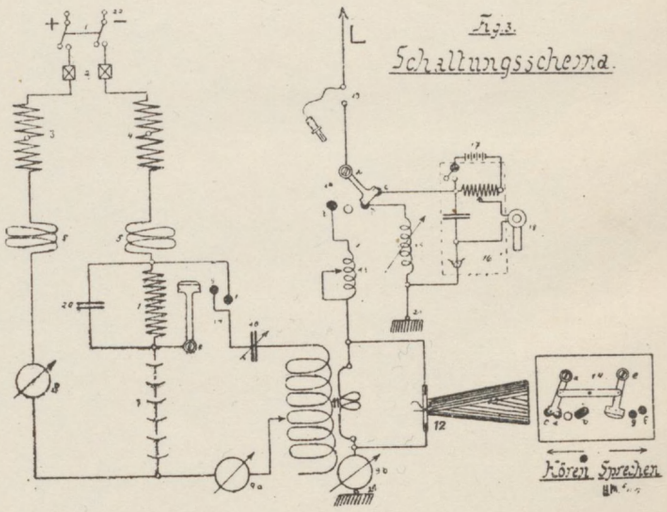

FIG. 34 *b*.

Een waterstraal maakt bij H contact, in de teekening voor eene batterij L en telefoon M. In de telefoon zal men niets dan een licht gesuis hooren. Bij de toepassing op draadlooze telefooninstallaties treedt dit watercontact in de plaats van het microfoon-complex der Poulsen-installatie.

De straal nu doorloopt, alvorens vrij te vallen, een buisje *C*, 't welk aan het microfoonmembraan bevestigd is.

Wordt in den trechter *B* gesproken, zoo komt de membraan *A* in trilling en de waterstraal wordt als 't ware in z'n val geholpen door de uitstootende beweging van 't buisje, zoodat periodiek meer en minder water over den collector H wordt uitgestort en dus het contact beter of slechter is.

Ik hoef U niet te zeggen, dat deze microfoon uitermate robust is en niet door oververhitting verwoest kan worden. Het is hiermede *Majorana* dan ook gelukt het record te slaan op het gebied der vertewerking bij draadlooze telefonie n.l. 350—400 K.M. Zijn systeem vindt bij de Italiaansche marine toepassing.

Het zij me vergund U nog één systeem te noemen, 't welk met vrucht toepassing vindt en wel voor kortere afstanden voor telefonisch (ca. 40 K.M.) en voor langere afstanden voor telegrafisch verkeer. Ik bedoel het *Telefunken-systeem*. Daar dit systeem op de booglampmethode berust, zijn vele onderdeelen identiek met het Poulsen-systeem. Een onderscheid vormt echter de lamp.

Als lamp wordt gebruikt eene asymetrische lamp, waarvan de positieve pool uit een messing-cylinder bestaat met diep ingedrukten koper-bodem (fig. 33)., de negatieve pool uit een daarin passende koolpool. De uitgediepte vorm maakt, dat we te doen hebben met een praktisch afgesloten boog en de positieve pool wordt vol water gegoten en daardoor gekoeld. Waterstof-atmosfeer en blaasmagneet worden niet gebezigd, de lampen zijn echter toch in staat de voor draadlooze telefonie noodige snelle trillingen te produceeren, doch brengt één zoo'n lamp zeer weinig energie in beweging, weshalve „*Telefunken*" op raad van professor SIMON vele achter elkaar schakelt en wel 6 aan 220 Volt. of 12 aan 440 Volt.

De lampen zijn uitermate eenvoudig en worden per batterij van 6 stuks tegelijk geregeld. De negatieve (kool) polen zitten n.l. onafhankelijk van elkaar elk op een veer, welke, zoo zij aan hun lot overgelaten worden, de koolpolen tegen de koperpolen drukken; op elk der zes veeren ligt een hamertje D, 't welk naar verkiezing los om een as E kan draaien, of door 't aandraaien van eene klemschroef K daarmede vast verbonden worden kan.

Maakt men nu eerst door 't los draaien van K alle hamertjes los, zoo drukken alle koolpolen tegen de koperpolen. Nu drukt men den taster H, welke vast met de as E verbonden is, naar beneden en klemt alle hamertjes tegelijk door K vast; laat men nu H los, zoo wordt deze door de veer C naar boven getrokken, de hamertjes D gaan naar beneden en de koolpolen verwijderen zich van de koperpolen tot H tegen een stelschroef F aanslaat, waardoor de afstand tusschen positieve en negatieve polen geregeld kan worden. Deze regeling nu geschiedt bij niet-ingeschakelden stroom. Nu wordt de stroom ingeschakeld, de taster naar beneden gedrukt, waardoor alle koolpolen met de koperpolen contact maken, de stroom gaat door, de taster wordt losgelaten en alle lampen branden tegelijk en 't branden is in een, onder de lampen bevestigden, spiegel te contrôleeren; deze instelling is hoogst eenvoudig (fig 34).

De booglampbatterij wordt nu (zie fig 34b) onder voorschakeling van zekeringen, reguleerweerstanden en ijzervrije smoorspoelen (verhindering werking hoogfrequentie op 't net), een gelijkstroom-ampèremeter en een rustweerstand aan 't net aangesloten door middel van een dubbelpoligen uitschakelaar. Anderszijds ligt parallel aan de lampenbatterij een trilkring, bestaande uit draaiplaatcondensator, trapsgewijze veranderlijke primaire winding van den geeftransformator en „Hitzdraht"-ampèremeter, ter contrôle van de goede werking.

Moet worden *gegeven*, zoo wordt de bovengenoemde rustweerstand kort gesloten, waardoor de lampen met volle stroomsterkte gaan branden en wordt tevens de trillingskring aangesloten, terwijl de detector van de luchtgeleiding wordt afgenomen en de antenne aan den gever wordt geschakeld. Bij ontvangst gaat dit alles juist andersom. Alle deze schakelingen worden volbracht door één tweepoligen mes-omschakelaar en moet de bedienende persoon voortdurend dien omwerpen, om na 't gesprokene 't antwoord te kunnen afhooren; dit is nog wat gecompliceerd, doch ook bij 't Poulsen-systeem noodig, alleen FESSENDEN heeft, zooals ik U liet zien, door z'n brugmethode dit bezwaar omgaan.

Met den primairen kring is nu de secundaire-of antenne-kring *zeer los* magnetisch gekoppeld. Deze kring bestaat behalve de antenne uit een trapsgewijze regelbare zelfinductie, de secundaire transformatorspoel en wederom een Hitzdraht-ampèremeter, om 't afstemmen te vergemakkelijken.

De ontvangzijde bestaat uit eene continu-veranderlijke zelfinductie (variometer), waaraan direct de detector met blokkeercondensator, batterij, potentiometer en telefoon is gelegd.

De ontvang-koppeling is dus vast en galvanisch. Dit is ten koste van de afstemscherpte, doch bleek noodig om eenige vertewerking te krijgen. De variometer behoeft wel eene verdere beschrijving; zooals uit fig. 34*a* zichtbaar is, bestaat hij uit eene vaste zelfinductiespoel, waarin een beweegbare draaien kan

over een hoek van minstens 180°, welke hoekverplaatsing door een' wijzer afleesbaar is op een' schaal; de spoelen zijn in serie geschakeld. Zijn nu bij den hoek O de vaste en beweegbare windingen zóó geschakeld, dat hunne magnetische velden samenwerken in dezelfde richting, dan is, zoo L_1 de zelfinductie van de eene spoel, L_2 die van de andere en M_{12} de wederzijdsche inductie van de spoelen onderling is, de gezamenlijke zelfinductie:

$$L_0 = L_1 + 2\,M_{12} + L_2$$

bij 180° zullen de velden elkaar dus tegenwerken, zoodat

$$L_{180} = L_1 - 2\,M_{12} + L_2,$$

zoodat de max. variatie in zelfinductie door den variometer bedraagt

$$L_0 - L_{180} = 4\,M_{12},$$

Zouden nu de twee spoelen precies gelijk gemaakt kunnen worden, (wat constructief natuurlijk niet kan, daar de eene dan niet in de andere kan draaien) dan ware: $L_0 = 4\,L$

$L_{180} = 0$ en zoude men de zelfinductie tusschen O en 4 × die van één der spoelen kunnen varieeren. Nu blijft in plaats van 0 een onderste grens bestaan, terwijl ook de bovenste waarde niet bereikt wordt, doch laat dit eenvoudige apparaat toch eene continue variatie van de zelfinductie in de verhouding van ca. 1: 10 toe. Dit instrument wordt om z'n handigheid tegenwoordig veel gebruikt, daar de veel gecompliceerdere draaiplaatcondensator dan vervangen kan worden door eenen vasten onveranderlijken of trapswijze veranderlijken lucht-,papier-,of mica-condensator van klein volume.

Hiermede zoude ik het gebied van de continue golven kunnen verlaten, zoo niet een opstel in een der laatste „Ingenieurs" van den hand van onzen landgenoot TH. ROSSKOPF mij nog tot enkele woorden verlokte.

ROSSKOPF laat een nieuw licht stralen op het wezen van den z. g. negatieven weerstand van den boog. Is n. l. in den trillingskring een *positieve* weerstand geschakeld, zoo krijgen we eene gedempte golfrij; met afnemende amplitude dus. Is echter de weerstand *negatief*, zoo moet ook de *demping negatief* zijn, zoodat de amplitude van den golf wast. De meening van den heer ROSSKOPF is nu, dat daar er nog eene *positieve* demping is, door de energie-afgifte aan de antenne en Ohmschen weerstand van den kring, deze bij den Poulsen-generator de negatieve demping zoude compenseeren, zoodat continue-golven ontstaan. Hoe vindingrijk deze theorie ook is, vermoedelijk ook hoe waar, toch is ze van geen toepassing op den Poulsen-zender, die alleen den eersten golfberg bezigt en door de ventielwerking het andere deel afsmoort, zoodat het er niet op aankomt, of die verdere golfbeweging in amplitude zoude groeien of afnemen; de Poulsen-golf ligt geheel *boven* de nullijn en niet, zooals uit de ROSSKOPF-theorie zoude voortvloeien, ter weerszijden daarvan. Echter is de theorie waarschijnlijk wel van toepassing op andere mogelijke zenders met negatieven weerstand, zooals de koperkoolborstel op sleepring en de gelijkstroomseriedynamo. Ik kan aan deze voorbeelden nog het gloeilichaam van den Nernst-lamp toevoegen, dat eveneens een' negatieven weerstand bezit.

Het voorbeeld van den heer ROSSKOPF, wat betreft de koperkoolborstel, is reeds lang in toepassing gebracht bij den zender van een Amerikaansch systeem n. l. Het HOZIER-BROWN-systeem, waarop ik hier echter niet verder zal ingaan; in den laatsten tijd zijn nog andere radiotelefoonsystemen ontstaan als van COLLINS en COLIN EN JOYCE; alle deze systemen berusten op verbetering van lamp en microfoon van den POULSEN zender, zoo ook op meer praktischen bouw der andere onderdeelen; COLLINS heeft o.a. een microfoon gebouwd met twee membranen, welke tegelijk en tegen elkaar in bewegen en waartusschen zich de korrels bevinden onder invloed van den zelfden spreektrechter; van deze worden 3 samen gebouwd.

Ik kom nu op het nieuwste in het radiotelegrafisch gebied n.l. het gebied der

Snelle vonken.

Toen POULSEN z'n systeem gevonden en in tamelijk korten tijd tot praktische voltooing gebracht had, moesten de firma's, welke toonaangevend waren op het gebied der vonkentelegrafie, wel eenige voordeelen van het Poulsen-systeem inzien n.l. de geringere amplitude, waaronder de energie uitgestraald wordt, de betere benutting van den tijd, gedurende welken wordt uitgezonden en de grootere afstemscherpte, waaraan ook *zij* geloofden, daar de grillen van de booglamp nog niet bekend waren, zij trachten dus hun vonkensysteem te verbeteren òf, zooals TELEFUNKEN, zich ook op de booglamp-telegrafie toe te leggen.

Het lag voor de hand, dat deze verbetering moest ontstaan door de tijdruimte beter te benutten d.i. door niet op een golfcomplex een 1000 à 2000 maal zoo grooten tijd van rust te doen volgen. Het tempo der vonken moest dus versneld, waardoor òf bij dezelfde amplitude meer energie kon worden uitgestraald, òf dezelfde energie kon worden uitgestraald bij kleinere amplitude. Men kwam dus daardoor eerst tot het middelbare vonkental van 50 à 75 per sec. en daarna tot de snelle vonken (1000 à 20000, per sec.).

Deze poging om het Poulsen-systeem nabij te komen, kan als volkomen geslaagd worden aangezien, ja zelfs

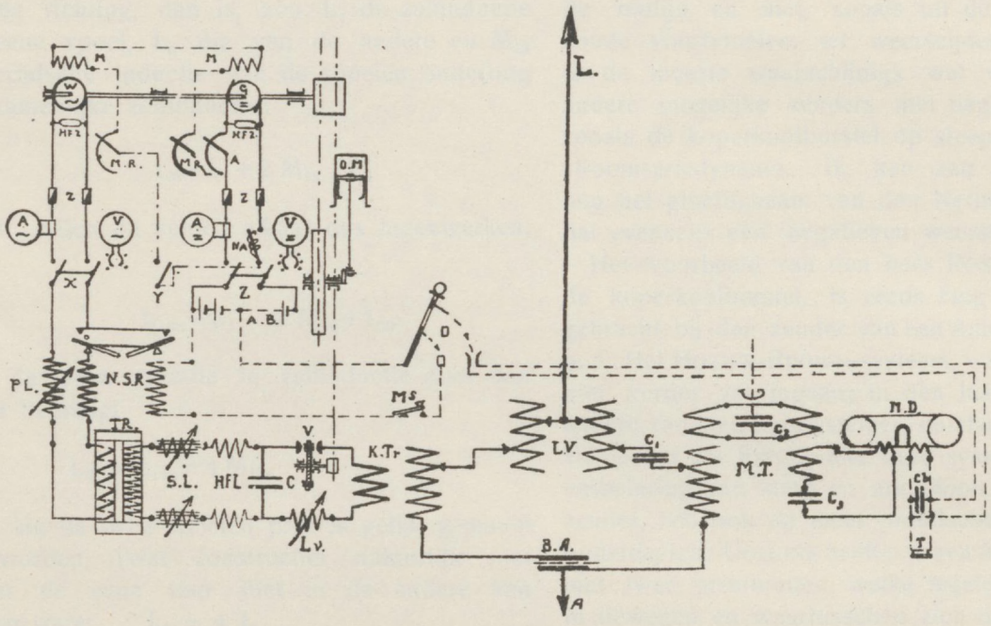
L.
M
M
HFZ
HFZ
M.R.
M.R.
A
O.M
Z
Z
A
V
A
V
NA
X
Y
Z
A.B.
D
PL.
N.S.R
MS
TR.
V
K.Tr
L.V.
C1
C2
M.T.
M.D.
S.L.
HFL
C
C3
Lv.
B.A.
A
T

FIG. 35.

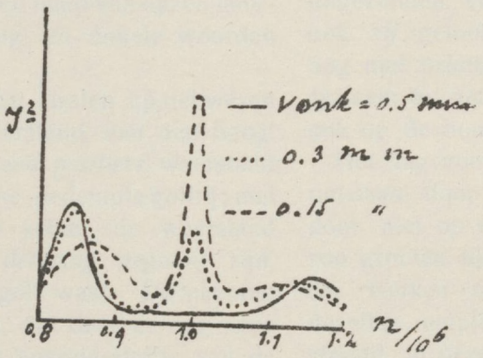
— Vonk = 0.5 mm
..... 0.3 m m
--- 0.15 "
0.8
0.9
1.0
1.1
1.2
n/10^6

FIG. 36.

meer, men is, wat praktische resultaten betreft, POULSEN verre voorbij en zoo niet de Fessenden-methode van waarlijk ongedempte trillingen zich als het ideaal systeem ontpopt, zal het veld in de toekomst zeker geruimd moeten worden aan de vonkenzenders met snelle vonken.

Principieel is geen verschil met den Braunschen zender en komen dezelfde deelen voor, alleen zijn de verschillende grootheden tegenover elkaar in andere verhouding. Halen we nog eens de formule aan voor de in beweging gebrachte energie per secunde voor den Braunschen trillingskring

$$W = \frac{1}{2} m C_1 V_1^2,$$

dan zien we, dat we dezelfde energie met denzelfden transformator op verschillende wijzen kunnen uit stralen. Bij gewone vonkenzenders is het getal vonken per sec. m = 10 à 20 en V_1 = vonken potentiaal = 20.000 à 30.000 Volt., waaruit voor een bepaalde W een daaruit volgende C_1 = primaire flesschen-capaciteit volgt. Willen we nu dezelfde W uitzenden en daarbij het aantal vonken per secunde vergrooten, dus m = 1000 à 20.000, zoo kunnen we twee wegen inslaan: òf C_1 kleiner maken, òf V_1 kleiner maken. Bij snelle opeenvolging der ontladingen verhitten zich de vonkelectroden zeer, daar ze geenen tijd tot afkoelen hebben; er moet dan kunstmatige afkoeling plaats vinden door ventilator of rotatie der electroden, anders gaat de vonk in eenen lichtboog over en wordt dus de zender onwerkzaam. Zat er niet meer aan vast dan deze overweging, zoo zoude het eenvoudig van het beste nuttig effect, dat verkregen wordt, afhangen, welk der beide wegen we zullen inslaan. Er is natuurlijk nog een tusschenweg n. l. beide kleiner te maken en dezen tusschenweg heeft de pionier op dit gebied, MARCONI, toegepast (fig. 35).

Zooals U ziet, maakt MARCONI gebruik van den Braunschen trillingskring met primaire capaciteit C uit luchtcondensatoren, opgebouwd als accumulatoren en trapsgewijze veranderlijk; verder uit een continu-veranderlijke zelfinductie Lv (variometer),de primaire van den koppelingstransformator K. Tr en een vonkenbrug van bijzondere constructie.

De luchtcondensator geeft het voordeel van geene diëlectrische verliezen te bezitten en constant te zijn bij temperatuurs-wisselingen.

De vonkenbrug bestaat uit twee bolsegmenten, waartusschen met weinig speling een rad met nokkenring beweegt, welke met zeer groote snelheid wordt aangedreven van uit de dynamo-as. Telkens als een nok passeert, zal een vonk overspringen, zoo de transformator TR voldoende capaciteit bezit om in het tijds verloop tusschen het passeeren van twee opeenvolgende nokken den condensator C tot genoegzame spanning te laden.

Door den koppelingstransformator, welke bij snelle vonken evenals bij de booglamp-methode gewoonlijk inductief wordt uitgevoerd, wordt de energie op de antenne overgebracht, in welke laatste nog een luchtdraadverlengspoel LV voor de juiste afstemming is aangebracht benevens een bliksemafleider B A, bestaande uit twee metaalplaten, gescheiden door eene geperforeerde micaplaat. Deze afleider, welke hoofdzakelijk voor het beschermen der ontvang-apparaten dient, wordt bij 't zenden doorgeslagen en zoo de antenne met de aarde verbonden.

Het laden van den condensator door den transformator geschiedt onder tusschenschakeling van twee trapsgewijze verstelbare hoogfrequentie-zelfinductiespoelen HfL, die het terugwerken van hoogfrequente stroomen op den generator moeten verhinderen en twee continu-veranderlijke laagfrequentie-zelfinductiespoelen met ijzerkern SL, die, in verbinding met een dito spoel PL aan de primaire zijde van den transformator in de eerste plaats dienen, om den transformator tot een z.g. resonnantie-transformator te maken (Wattstroom) en in de tweede plaats om te zorgen, dat de bij V optredende vonk direct na z'n ontstaan wordt afgebroken, zoodat geen laag-frequentie-wisselstroomboog kan blijven staan. De reden voor dit afbreken is, dat bij 't overgaan van den vonk de condensator zich snel tracht na te laden, de stroom stijgt snel en plotseling, waardoor door de zelfinductie eene groote tegengestelde electromotorische kracht wordt opgewekt, zoodat de gezamenlijke spanning niet meer voldoende is om den boog te onderhouden; ook de snelle beweging van het nokkenrad verhindert het ontstaan van den boog door ventilatie. Aan de primaire zijde van den transformator is verder nog een nulonderbrekingsseinrelais aanwezig, bestaande uit twee onafhankelijke electromagnetische relais, waarvan het eene met eene in den primairen transformatorstroomkring geschakelde wikkeling is voorzien, de andere met eene zwakstroomwikkeling. Door deze laatste gaat de stroom van een deel van de accumulatorenbatterij AB of van eene aparte batterij en deze stroom kan door eenen Morsesleutel MS periodiek gesloten en geopend worden, zoo de omschakelaar O op zenden, d.i. in den ondersten stand staat. Bij 't neerdrukken van den Morsesleutel wordt het anker van het meest rechtsche seinrelais aangetrokken, waardoor de primaire transformatorstroom over het meest rechtsche contact wordt ingeschakeld. Daardoor trekt ook het linksche relais z'n anker aan, zoodat ook over 't linksche contact de primaire geverstroom vloeit. De gever wordt hierdoor in werking gezet, tot de Morsetaster wordt losgelaten.

Het rechtsche relais laat dan z'n tong los, zoodat het rechtsche contact wordt verbroken. Het linker relais houdt echter z'n anker nog vast, zoolang er stroom door vloeit.

Daar de primairstroom echter eene sinusoïdale

wisselstroom is, wordt hij periodiek nul en op dat moment laat het relais z'n tong los, aldus de stroomkring onderbrekende op het moment, dat de stroom daarin nul is, zoodat de onderbreking vonkenloos plaats heeft. De spijzing van den transformator geschiedt van uit den wisselstroom-generator W, tegen hoogfrequentiestroomen gezekerd door eene gloeilamp HfZ. Verder zijn aanwezig een stel smeltzekeringen, een ampère-en een Voltmeter, benevens een tweepolige uitschakelaar X.

De wisselstroomgenerator kan op verschillende manieren aangedreven worden

1e door den olie-motor, OM, G is dan de Erregermachine,

2e door den gelijkstroommotor G van uit de accumulatorenbatterij A B., waarbij A de aanloopweerstand is.

De veldmagneten van W en G (M) worden nu door de accubatterij gespijsd; M R zijn de magneetregulatoren. G. is ook beschermd door eene gloeilamp HfZ tegen hoogfrequentiestroom.

G dient tevens tot het laden van de accumulatorenbatterij, die de reserve vormt, voor 't geval de oliemotor defect is of wordt nagezien; verder zijn nog aanwezig het nul-apparaat voor de accumulatorenbatterij, zekeringen, gelijkstroom ampère- en Voltmeter en een dubbelpolige uitschakelaar voor de accumulatorenbatterij benevens een eenpolige voor den magneetstroom.

Ontvangapparaten:

Door een luchtdraadverlengspoel LV, een trapsgewijze veranderlijken condensator C_1, een primaire transformatorspoel van den „multiple tuner "MT is de antenne aan de aarde gelegd. Inductief gekoppeld hiermede is een kring bestaande uit twee gelijke, onveranderlijke zelfinducties en een trapsgewijze veranderlijken condensator C_2, met welken kring eveneens inductief is gekoppeld een tweede, bestaande uit vaste zelfinductie, eene trapsgewijze verstelbare capaciteit C_3 en de primaire wikkeling van den magneetdetector MD.

De drie capaciteiten C_1, C_2 en C_3 zijn gelijk en wel elk bestaande uit 20 glascondensatoren elk à 1000 cM., zoodat de golflengte niet geleidelijk doch trapsgewijze kan veranderd worden, en slechts 20 verschillende golflengten kunnen ontvangen worden. Het gebruik van glas is zeer schadelijk voor de goede werking door het weinig constant zijn van zulke condensatoren. De multiple-tuner staat daardoor beslist achter bij overeenkomstige deelen van de Duitsche en andere systemen.

De invoering van een derden kring uit capaciteit en zelfinductie heeft ten doel atmosferische invloeden buiten te sluiten. De magneet—detector bestaat uit een, door een kleinen motor aangedreven, staalband zonder einde over twee schijven loopend. Door een paar staalmagneten wordt deze band gelijkmatig gemagnetiseerd. Door de in den kring C_3 opgenomen primaire spoel wordt overeenkomstig de aangekomen trillingen deze gelijkmatige magnetisatie veranderd in een magnetisch schrift en de zoodoende ongelijkmatig gemagnetiseerde band wekt in den secundairspoel electromotorische krachten op overeenkomstig de ontvangen teekens en beinvloedt de telefoon T., die wegens de groote zelfinductie door een condensator C_6 wordt overbrugd. Deze telefoon wordt door den omschakelaar O kortgesloten, zoo spoedig gegeven wordt.

Bij het zooeven beschreven systeem zijn capaciteit en vonklengte kleiner dan bij een Braun-Station van dezelfde capaciteit. Echter kan door de bewegende deelen van den vonkenbrug de vonk niet micrometrisch klein gemaakt worden (b. v. $\frac{1}{40}$ m.M.) en eerst bij deze kleine vonken treedt het verschijnsel op, dat de snellevonken-methode waardevol maakt boven de boogmethode: de eenvoudige apparatuur en de uitzending van slechts één golf.

De beschreven Marconi-zender straalt n.l. als alle Braunsche zenders 2 golven uit, waardoor de afstemscherpte wordt verminderd.

MARCONI heeft getracht de bovengenoemde inrichting te veranderen in eene voor continue golven en is daarin geslaagd door het draaiende rad, 't zij glad of van nokken voorzien, te laten bewegen tuschen twee sneldraaiende platen, die haaks op het rad op zeer kleinen afstand stonden. De spijziging geschiedt dan door hooggespannen *gelijkstroom*, zoodat we een boog met metaalelectroden hebben, welke *symmetrisch* is en waarbij de beweging der deelen en daardoor te weeg gebrachte ventilatie dient om den boog af te rukken.

Daar de boog *symmetrisch* is, zoo komen van de trillingsgroep de 1e golfberg *en* het eerste golfdal te ontstaan in tegenstelling met de eerste golfberg alleen, zooals bij 't Poulsen-systeem. De trilling ligt dus *ter weerszijde* van de nullijn en wel is het positieve deel van grootere amplitude dan het negatieve.

Deze inrichting is in zijne lezing door MARCONI zelf in Holland uitvoerig besproken, zoodat ik kortheidshalve naar het verslag daarover in de „Ingenieur" verwijs; ze wordt echter tot nu toe alleen gebruikt op de reuzenstations van MARCONI. Al naarmate de schijf glad is of van tanden voorzien krijgen we continue- of muzikaal- afgebroken golven.

Ik zeide U, dat de snelle-vonken eerst hun waarde kregen door de vonkenbrug uitermate klein te maken. Er treedt dan een verschijnsel op, dat bekend is onder den naam van 't *Wiensche* verschijnsel, daar dit het eerst is geconstateerd door Professor WIEN.

Zooals bekend straalt een Braunsche zender twee golven uit door de onderlinge terugwerking van antenne en trillingskring.

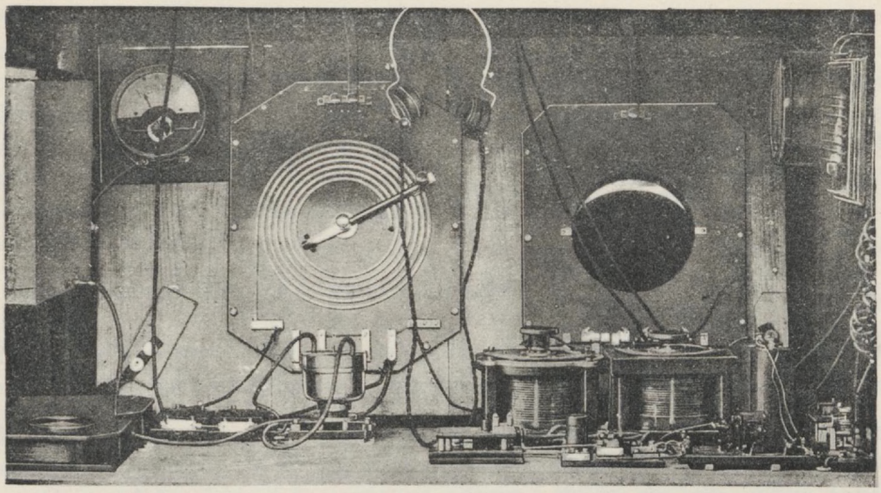

FIG. 37. *a*.

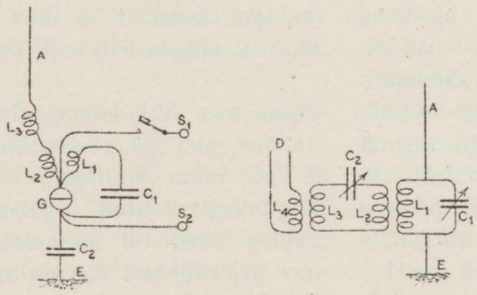

FIG. 37 *b*.

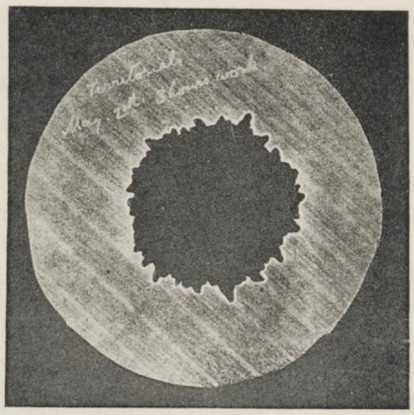

FIG. 37 *c*.

WIEN ontdekte nu, dat, zoo men den vonk al kleiner en kleiner maakt, de amplituden van de beide maxima in de resonnantiekromme door de relatief groote vonkdemping afnemen, vooral zoo de demping van den trilkring eenige malen grooter wordt dan die van de antenne of van eenen tusschen vonkkring en antenne gekoppelden tusschenkring en daardoor een nieuw maximum optreedt op de plaats, waar het maximum ligt bij losse koppeling; voor een zeer kleinen vonk verdwijnen de koppelingsmaxima geheel en wordt de kromme als in nevenstaande schets. (Fig. 36) De Braunsche zenders met zeer kleinen vonk stralen dus *onafhankelijk van de koppeling* slechts één golf uit, waardoor zeer groote afstemscherpte mogelijk is. De *demping* van den eenen golf is die van den aan trillingskring gekoppelden kring, deze demping is gering te maken door invoering van eenen gesloten vonkenloozen tusschenkring als boven bedoeld. De vonkdemping is zoo groot, dat de vonk als 't ware wordt afgerukt, van daar de Duitsche benaming Stoss-Erregung.*) Zooverre daarover reeds gepubliceerd is, is het niet zeker aan te nemen of bij de zich op dit gebied bewegende firma's de trillingskring direct aan de antenne is gekoppeld of dat van den tusschenkring wordt gebruik gemaakt, zoodat het systeem een golf uitstraalt met eene demping gelijk aan die van de antenne-alleen dan wel met dien van den tusschenkring. Men bezigt in 't eerste geval eene *niet* te goed stralende antenne met weinig verlies aan Joulesche warmte, waardoor de demping klein is, in 't tweede geval is deze nog kleiner, ja kan zelfs op 0.08 — 0.04 gehouden worden Van deze snelle-vonken-zenders bestaan er op 't oogenblik twee systemen en en wel één met gelijkstroom en één met wisselstroom werkend; het gelijkstroom-systeem is het systeem VON LEPEL, 't welk b. v. bij het Engelsche leger met succes is ingevoerd. (Fig. 37).

Een kring bestaande uit eene capaciteit (plaatcondensator C_1 zie 37*b* links), zelfinductie (primaire transformatorwinding L_1) en een vonkbrug van b. v. 1/40. m.M. of minder is aan een gelijkstroom-net van 400—440 Volt. aangesloten en wel in afwijking van de Braunsche schakeling is niet de condensator aan het net gelegd, doch de *vonkenbrug*, om een'nader uit te leggen reden. Inductief hiermede gekoppeld is de antenne door een secundairen transfomatorspoel L_2. In de antenne is nog eene regelbare zelfinductie L_3 en capaciteit C_2.

De ontvangschakeling is als bij MARCONI d. i. er is een tusschenkring ingeschakeld ter vermindering van den schadelijken invloed der atmosferische electriciteit, terwijl de antenne geschakeld is naar de z. g. vliegwielschakeling (zie POULSEN), welke eene gemakkelijke regeling bij geringe demping en antennes van kleine capaciteit veroorlooft.

*) Zie naschrift.

De onderdeelen zijn nu uit den aard der zaak anders gebouwd dan bij 't Braunsche systeem, en wel bestaat de geefcondensator uit een glasplaatcondensator van gedrongen bouw (links onder in 37*a*) mogelijk door de lage bedrijfspanning; een inductorium is in 't geheel niet aanwezig. De condensator is trapsgewijze schakelbaar. De primaire geverzelfinductie is spiraalsgewijze in één plat vlak aangebracht en continu-veranderlijk (in 't midden der figuur zichtbaar), de bijbehoorende antennezelfinductiespoel is, aan een arm draaibaar bevestigd, hierboven aangebracht; op de figuur is slechts de arm zichbaar, de constructie is conform aan die van den primairen spoel.

De vonkbrug bestaat uit twee vlakke metaalplaten, gescheiden door een steeds te vernieuwen blad schrijfpapier met centraalgat. De bovenelectrode wordt door water gekoeld. De vonkenbrug is in fig. 37*a* (midden) zichtbaar en links aan den wand zit het waterreservoir voor de koeling. Ook is nog een ampèremeter aanwezig. De ontvangapparaten zijn van het algemeene type met thermodetector en telefoon; in fig. 37*e* is een papier van den zender afgebeeld na drie uur onafgebroken gebruik; het gat neemt steeds toe in grootte.

De reden waarom VON LEPEL de vonk anders plaatste dan gewoonlijk in 't Braunsche systeem, is om een zeer rein muzikaal geluid te verkrijgen. De vonken rukken van zelf dichter aan elkaar door de kleinheid van den vonkenbrug, doch is het bij den Braunschen kring puur toeval, zoo de volgende trillingsgroep in phase aansluit aan den staart van de vorige. Bij de *v. Lepel*-schakeling is echter 't optreden van elken nieuwen vonk automatisch gereguleerd door den vorigen, daar de vonk niet zal optreden op het moment, dat de nog bestaande slingering daartegen inwerkt. Dat de *v. Lepel*-zender een *vonken*zender is en geen *continue* (Poulsen) zender, bewijst het feit, dat we bij voortdurend drukken op den geefsleutel een' muzikalen toon in den ontvanger hooren, zonder dat een ticker is ingeschakeld.

De groote afstemscherpte, de weinige kleine onderdeelen, de lage spanning, waarmee gewerkt wordt, de continue verandering van de afstemmende deelen en last not least het bereikte hooge nuttig effect, waardoor de antenne bij de zelfde energiebron en denzelfden te overbruggen afstand belangrijk kleiner kan zijn, maken het Lepelsche systeem met het *hierna* te beschrijven tot de handigste en meest voordeelige systemen voor draadlooze telegrafie en zullen in de toekomst zoowel het Poulsen- als het nieuwere Marconi-systeem het hiertegen moeten afleggen. *)

*) Intusschen is gebleken, dat door de vele noodzakelijke voorschakelweerstanden het rendement van 't geheel niet zeer hoog is, en dat de maximaal mogelijke zend-energie, wil men bij praktisch mogelijke spanningen blijven, niet zeer groot is.

Een van de grootste voordeelen ligt nog in de groote storingsvrijheid.

De voortgebrachte toon is rein muzikaal en zeer hoog, zoodat verschillende stations, met de *zelfde* golflengte gevende, duidelijk van elkaar en van de atmosferische teekens onderscheiden kunnen worden; zelfs kan men aan den zelfden ontvanger met verschillende telefonen door verschillende personen afgescheiden van elkaar berichten van twee gelijktijdig gevende stations met dezelfde golflengte worden afgeluisterd, waarbij elk der opnemers een bepaalden muzikalen toon volgt. Over de snelle-vonken-methode van TELEFUNKEN is nog weinig bekend gemaakt, doch dat weinige doet vermoeden, dat TELEFUNKEN als altijd iets degelijks zal aan 't daglicht brengen. Zooverre uit 't weinige gepubliceerde is na te gaan, wordt als energiebron gebruik gemaakt van een wisselstroomgenerator van 110 Volt. en liefst van hooge frequentie (ca. 500 Perioden), echter kan ook eene meer alledaagsche frequentie gebruikt worden; deze energie wordt getransformeerd op 750—2000 Volt.*) door een transformator, die vooral bij hooge frequentie uiterst klein uitvalt. Ook TELEFUNKEN maakt gebruik van een zeer kleinen vonk en is het me niet duidelijk kunnen worden of de koppeling direct met de antenne plaats heeft of zooals bij de Wiensche schakeling onder tusschenschakeling van een kring uit capaciteit en zelfinductie, waardoor de demping geringer wordt. *) TELEFUNKEN werkt met zeer snelle vonkental *) (10000 — 20000, dus zeer hoog daar 36000 de hoogste muzikale toon is). Er is eene bijzondere inrichting om den toon muzikaal rein te houden, welke inrichting nog niet is wereldkundig gemaakt. Het nuttig effect ligt tusschen 50% en 75% tegen 20% bij de vonkentelegrafie en 10% bij de booglamptelegrafie en de afstemscherpte is bijna zoo groot als de theoretisch mogelijke bij 't Poulsen systeem en overtreft de werkelijk met dat systeem behaalde aanmerkelijk. De ontvanginrichting heeft veel van de oude, alleen zijn de deelen kleiner gebouwd en veelvuldig wordt gebruik gemaakt van de reeds beschreven variometers; de detector is de reeds beschrevene thermodetector met telefoon en lichtschrijver, gebaseerd op den Wiedemanschen snaar galvanometer. *) Verder zijn nog resonneerende relais voorhanden, waardoor gelijktijdig twee of meer telegrammen opgevangen kunnen worden, met verschillende tonen gegeven; ook is eene oproepsignaal aanwezig, dat eerst na 10 secunden werkt en een geluidversterker, waardoor de signalen zeer luid door de geheele ontvang-localiteit worden gehoord.

Naar ik hoop, valt spoedig meer gedetailleerds over dit systeem te melden.*) In afwachting hiervan heb ik persoonlijk proeven op dit gebied genomen en is het me een genoegen U daarvan heden avond iets te kunnen demonstreeren.

*) Zie Nabericht.

De zender, welke (zie fig. 44) iets meer dan 1,5 K.M. van hier is opgesteld, werkt met wisselstroom van 110 Volt. en 50 Perioden *), welke bij N binnen komt en door een voorschakelweerstand O aan den transformator B wordt toegevoerd over den sleutel A en den ampèremeter C. Ze wordt opgetransformeerd door den kleinen transformator B tot 1500 Volt.; de primaire capaciteit is eene Leidsche flesch van ca. 2000 c.M. de zelfinductie is een koperspiraal tevens dienende als koppeltransformator. De koppeling is tamelijk vast n. l. ca. 29% en galvanisch (koppeltransformator D). De vonkbrug bestaat als bij VON LEPEL uit twee metaalplaten, welke gepolijsd zijn en door mica tusschen legsels van $^1/_5$ millimeter overeenkomstig 1000 Volt. electrodespanning zijn gescheiden De transformatorspanning is zóó hoog, omdat gewerkt. wordt met ca. 15000 vonken per sec. en dus 300 vonken op ééne periode moeten vallen.

Een zelfinductiespoel is tusschen transformator en condensator geschakeld om 't ontstaan van een lichtboog te verhinderen; de demping van den trilkring is ca. 8 maal die van de antenne. De antenne is eene *gerichte* naar MARCONI d.i. eene zulke met verticaal en horizontaal gedeelte. Zij is gespannen horizontaal tusschen een mast van ca. 16 meter en een boom van 12 meter en van daar 12 meter verticaal naar de apparaten. Het horizontale gedeelte is 38 meter lang en de antenne bestaat uit 2 draden (roodkoper), elk van 6 m.M². op 2 meter onderlingen afstand; de Joule-en nuttige stralingsdemping dezer antenne is niet zeer groot, dit is noodig zoo geen tusschenkring gebruikt wordt.

De schijnbare antennecapaciteit is 175 c.m.

De energie in den trilkring is:

$$^1/_2\ m\ GV_1^2 = \frac{15000.\ 2000.\ 10^6}{2.\ 9.\ 10^{11}} = 16\ ^2/_3 \text{ Watt.}$$

De primaire energie bij voorgeschakelde 17 Ohm $= 6 \times 8 = 48$ Volt. ampère, en daar de transformator te naastebij als resonnantietransformator werkt is het nuttig eff. van den transformator $\frac{16\ ^2/_3}{48}$ = ca. 30 %.

De antenne is zoo geplaatst, dat de grootste energie naar het hier geplaatste ontvang station wordt gericht en er is gebruik gemaakt van directe aarding. fig. 38.

Volledigheidshalve geef ik U een schakelschema van het hier opgestelde ontvangtoestel. De antenne wordt door een omschakelaar geschakeld aan de luchtdraadverlengspoel V S, de primaire transformatorwikkeling en de aarde. Aarde en antenne zijn direct verbonden door den fijn bliksemafleider B A.

Inductief gekoppeld is deze antenne met eenen tusschenkring, bestaande uit den secundairen transformatorspoel, den primairen spoel voor den derden kring, een schakelaar, deel uitmakende van den algemeenen ontvang-geef-omschakelaar, een blokkeercondensator

*) Voor aanhaling letters zie fig. 44.

C_c en continu-regelbare condensator C_v. Deze tusschenkring werkt door den driewegomschakelaar *O* direct op den Schloemilch-detector met drie electroden voor telefoon-opname.

Deze detector behoeft geene regeling:

Tusschen twee der electroden vloeit bij ontvangschakeling altijd de batterijstroom door 200 Ohm weerstand.

De derde electrode, welke door een telefoon met een der beide electroden verbonden is, heeft zeer klein oppervlak en doet praktisch aan den stroomdoorgang niet mee.

Slechts wanneer eene trilling ontstaat, gaat deze over het derde contact, daar de weg over de twee anderen verhinderd wordt door de zelfinductie van de telefoon. Het teeken geeft dan een muzikaal geluid in de telefoon overeenkomstig het vonken tal van den gever (daar het vonkental te hoog was ten opzichte van de primaire frequentie en dus met partieele ontladingen gewerkt werd (150 op $^1/_2$ periode) was de toon verre van muzikaal in werkelijkheid). Op den derden kring, bestaande uit de secundaire wikkeling van den koppeltransformator Tr_2 kunnen al naar den stand van den omschakelaar *O* een Popoff-staal-kooldetector met telefoon of een thermodetector voor schrijfontvang inrichting ingeschakeld worden. Deze laatste detector is echter niet in gebruik, daar het mij niet gelukt is tot nu toe, om den minitieuzen photografischen schrijver op bevredigend werkende wijze na te bouwen.

Ik mag nu wel eenen der heeren toehoorders, die sounderen kan, verzoeken, zich er van te willen overtuigen, dat op het gehoor goed ontvangen wordt, en de toon zeer hoog is. De figuur 44 geeft links het kompleete ontvangtoestel te zien.

Ik kom nu op het laatste gedeelte van mijne lezing en wel betreft dit het *richten* der golven en de *geheimhouding*.

Gerichte draadlooze Telegrafie.

Zooals door mij reeds bij het eerste Marconi-systeem werd gereleveerd, bezat dit eene eigenschap, welke sedert bij alle systemen is teloor gegaan n.l. de mogelijkheid, om de golven in eene bepaalde richting uit te stralen. Nu is dit in 't algemeen geen vereischte, ja zelfs niet wenschelijk. We denken b.v. aan een schip in nood, dat z'n hulproep het liefst in alle richtingen zal uitzenden. In andere gevallen, zooals voor krijgsdoeleinden, is het uniform naar alle zijden uitstralen een bezwaar, daar licht het geseinde de onbevoegde ooren van derden zoude kunnen bereiken.

MARCONI bereikte dit richten door holle spiegels, welke methode alleen echter uitvoerbaar is bij kleine golflengten, daar de kromtestraal en het oppervlak van de spiegels eenige malen grooter moeten zijn dan de golflengten: Bij de nu gebruikte golven van 100—3000 meter is deze methode dus natuurlijk onuitvoerbaar geworden. MARCONI heeft later, bij zijne transatlantische proeven, eenen enormen parabolischen spiegel trachten te maken, door langs eene reusachtige parabool om de antenne, andere antennes te plaatsen, doch de resultaten schijnen niet bevredigend te zijn geweest; ook niet door al deze antennes gezamelijk in trilling te zetten, waardoor theoretisch ook een eenzijdige straling wordt verkregen.

Bij zijne tegenwoordige transatlantische verbinding gebruikt hij ook weder eene gerichte antenne, doch van geheel andere constructie. Er wordt geen reflecteerend spiegelvlak gebezigd, doch de antenne loopt voor 't grootste deel op ca. 50 meter hoogte horizontaal en van 't eene uiteinde uit verticaal. Eene dergelijke antenne straalt hoofdzakelijk in de richting tegengesteld aan die, waarheen de antenne wijst. Ook de antenne van mijnen snelle-vonken-gever is naar dit principe gebouwd en concentreert de golven in de richting van dit gebouw.

Op schepen is de antenne veelal van dezen vorm, omdat de bouw van 't schip en de plaatsing der masten er zich het beste toe leent. Ook is daar de T-antenne veel in gebruik, welke voor en achter eene gelijke straling bezit en dus bilateraal straalt.

Marconi past deze antennevormen consequent toe.

Berustte de richtbaarheid van dit antenne-type op de werking van de nabijheid der aarde, zoo berust de *derde* methode op de interferentie van twee golven. Hebben we namelijk twee lineaire antennes, welker onderlinge afstand gelijk is aan de helft van de lengte van den uitgestraalden golf, en worden ze zóó in trilling gezet, dat de spanning in den eenen antennetop een *positief* maximum bereikt als die in den anderen een *negatief* maximum bereikt en dus de bewegingen een phaseverschil van 180° vertoonen, dan zullen de door beide antennes uitgestraalde velden zich superponeeren en, in plaats dat de energie uitstraling naar alle zijden dezelfde is, zal de verdeeling zijn naar eene 8 vormige kromme.

De *grootste* uitstraling ligt nu in de richting, door beide antennes gaande; in eene richting 90° daarop is de straling = 0.

Heeft men nu 3 zulke antennes in de hoekpunten van eenen gelijkzijdigen driehoek opgesteld en laat daarvan twee synchroon trillen en eene derde onder een phaseverschil van 90° tenopzichte van de beide eerste, zoo geschiedt de uitstraling volgens eene hartvormige kromme, met de punt van de derde antenne afgericht.

De straling is nu van bilateraal monolateraal geworden en zal b. v. toegepast kunnen worden door een admiraalschip, dat de eigenvloot vóór of achter zich heeft, zoo de vijand achter of voor is. De bilaterale straling is van toepassing voor 't geval, dat de bestuurder van de vloot midden in z'n eskader vaart, dus naar voor en achter moet seinen, terwijl de vijand dwarsscheeps is en dus niets zal mogen hooren.

Deze methode met drie antennes is door BRAUN toegepast. (zie fig. 39).

U ziet uit deze figuur, op welke wijze Braun het phasenverschil tusschen de antennes verkreeg, de kring I is de gewone Braunsche en beinvloedt de beide gelijkphasige antennes A_1 en A_3. Bij de lading van kring I wordt kring II niet geladen, daar de zelfinductie W de twee bekleedsels van den condensator verbindt. Bij ontlading in I gaat stroom door L, is de stroom in kring I een maximum, dan is ook de spanning bij b door de werking der zelfinductie maximum. Kring II ontlaadt zich nu over b. dus 90°, nadat I dit over *a* deed. Door de antennes te verwisselen kon hij den hartvorm naar drie zijden richten.

Van dit systeem, dat goed werkte, is mij echter niet ééne praktisch uitgevoerde inrichting bekend.

Het tegendeel moet gezegd worden van het BELLINI-TOSI- systeem, eveneens op de werking der phaseverschuiving berustende en wel met veel eenvoudigere middelen. Ik geloof dit systeem in de toekomst voor defensieve doeleinden eene veelvuldige toepassing te mogen voorspellen.

Een bilateraal veld wordt opgewekt door twee antennes, afstand $^1/_2\ \lambda$, welke onderling verbonden zijn door de antennekoppelspoel, waarop een Braunsche kring induceert. Voor verschillende mastafstanden tenopzichte van de gebruikte golflengten krijgt men verschillende stralingsdiagrammen; voor de afstand $= {}^1/_2\ \lambda$ en 180° phasenverschil geeft deze inrichting een 8 vormig veld met max. in het vlak van de beide antennes, zie Fig. 40.

Tot het opwekken van dit phaseverschil zijn bijzondere schakelingen noodig, waarop ik hier niet inga.

Nu zoude, om de richting van het maximum te kunnen veranderen, het heele vlak der beide antennes gedraaid moeten worden. Door eene zeer ingenieuze oplossing der beide bovengenoemde heeren is deze draaiing niet noodig. Loodrecht op dit 1e systeem is n.l. een tweede geplaatst, zie figuur 40 (sub. 1 en 2). De koppelspoel van het tweede systeem staat ook loodrecht op die van het eerste. De primaire spoel van den koppeltransformator is in beide antennespoelen draaibaar aangebracht.

We zien nu duidelijk in, dat, indien de primaire spoel in 't vlak van de koppelspoel van 't eene systeem staat, dit systeem bilateraal zal stralen en 't andere, welks secundaire windingen een hoek van 90° met de secundaire windingen van 't eerste systeem maken, geene energie zal opnemen. Draait men de primaire spoel 90°, dan zal juist 't tweede systeem stralen, 't eerste niet. De achtvorm is dus met de spoel mede 90° gedraaid. In eenen tusschenstand zal ook de achtvorm in de richting stralen van de primaire spoel, 't geen ik u aanstonds even langs eenvoudigen theoretischen weg zal duidelijk maken.

De straling kan nu monolateraal gemaakt worden, door op dit bewegelijke 8-vormige veld een radiaal (dus cirkelvormig) veld te superponeeren; dit geschiedt door eene 5e antenne in 't midden en onafhankelijk van de draaiing van de primaire spoel in trilling te zetten, zie figuur *40* sub *6* en *7*, met eene constante amplitude gelijk aan de grootste amplitude van den 8-vorm. Hierover ook aanstonds meer.

Al naardat de stroom daarin in phase is tegenover de overige antennes, zal de hartvorm, die de radiale straling van dit monolaterale systeem bepaalt, naar de eene of de andere zijde uitvallen, doch in ieder geval met het max. in de richting van de beweeglijke primaire koppelingspoel en daarmede mee draaiend. Ter vereenvoudiging van den antennebouw kunnen de 5 antennes naar binnen gehaald worden en aan één mast bevestigd worden, zie fig. *40* sub. 4. Karacteristiek is de manier, om in beide antennes de zelfinductie gelijktijdig te veranderen zie fig. *40* sub 3. We zien hoe dit geschiedt door de twee loodrecht op elkaar staande zelfinducties op een cylinder te wikkelen en daaromheen een ring met sleepcontacten draaibaar te monteeren.

BELLINI EN TOSI hebben hiermede zeer goede resultaten verkregen bij de proeven tusschen *Dieppe — Havre* en *Barfleur*.

Het interessante is, dat b.v. de richting van een seinend station op 1° nauwkeurig bepaald kan worden, indien 't ontvangstation op analoge wijze als de beschreven B-T zender is gebouwd, door het beeld te doen draaien tot men niets meer hoort. Bij het monolaterale systeem vindt men twee punten, waarbij 't geluid in de telefoon juist ophoudt.

Noteert men de beide standen van de spoel, zoo ligt het seinend station juist daartusschen. Seint nu b.v. eene vijandelijke vloot voor huishoudelijke correspondentie en kan dit gesprek door twee, op bekenden afstand van elkaar gelegen, Tosi-stations opgevangen worden, zoo kan door beide de juiste richting bepaald worden en weet men nauwkeurig de plaats, waar zich de vijand bevindt.

Ik heb, zie fig. 41, den Tosi-zender theoretisch nagegaan en het veld der twee antennes van één monolateraal systeem geteekend, door de, 180° in phase verschillende, velden der beide antennes (1), welker onderlinge afstand $= {}^1/_2\ \lambda$ is, door equipotentiaal-cirkels voortestellen, en in de veronderstelling, dat de golven ongedempte sinusgolven zijn in verschillende (in de figuur *3*) richtingen de resulteerende trilling bepaald. Het beeld is in zooverre foutief, dat de amplitude der opvolgende golfringen om de antenne als constant geteekend is, terwijl in werkelijkheid de energiering natuurlijk in hoogte afneemt, naarmate die grooter in middellijn wordt, dus de ring zich van de antenne verwijdert; daar dit echter voor de ongerichte antenne eveneens geldt en we hier relatieve vergelijkingen maken tusschen beide antenne typen heeft deze fout op het eindresultaat geenen invloed. We zien dan, dat overal

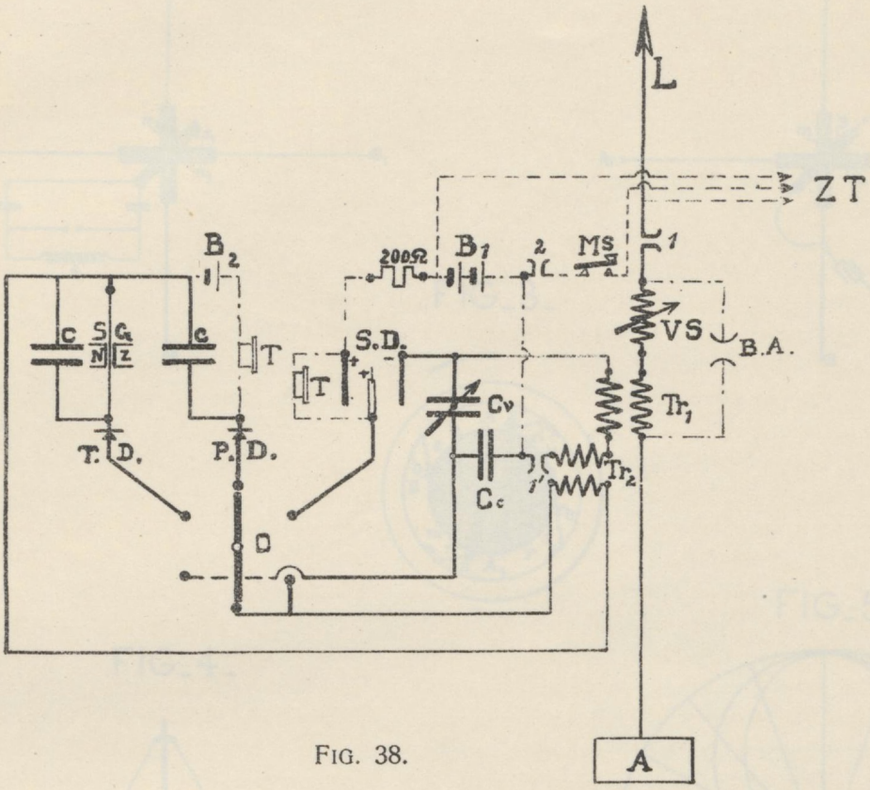
L
ZT
B2
200Ω
B1
MS
VS
B.A.
C
S
N
G
Z
C
T
S.D.
T
Cv
Tr1
T.D.
P.D.
Cc
Tr2
D
A

FIG. 38.

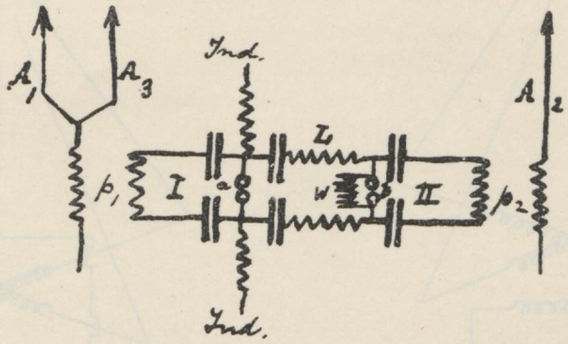
A1
A3
Ind.
A2
L
p1
I
a
w
II
p2
Ind.

FIG. 39.

Deze methode, met drie antennes is door Braun toegepast. (zie Fig. 39).

Uit dit deze figuur, op wijze Braun het phaseverschil tusschen de antennes verkrijgt, de kring I is de gewone Braun, en bevat de beide gelijkpatsige antennes A_1 en A_2. Bij de lading van kring I wordt kring II niet geladen, daar de zelfinductie W de [illegible] verschuift. Bij afstemming [illegible] is de stroom in kring I een maximum [illegible] bij b door de werking der zelfinductie [illegible] II ontlaadt zich nu over b [illegible] nadat I die over a deed. Door de antennes [illegible] bij deze hartsgrom naar deze zijden [illegible]

Van dit systeem, dat goed [illegible] deze praktisch ongevoelige [illegible]

Het tegendeel moet gezegd worden van [illegible] Tesla-systeem, evenzeer op de [illegible] schuring berustende, en wel met veel [illegible] middelen. Ik geloof dit systeem [illegible] dejenigen dipolenlijn [illegible] meegen voorspellen.

Een bilateraal veld wordt opgewekt door twee antennes, afstand $l/2$ λ, welke onderling verbonden zijn door de antennekoppelspoel, waarop een Braunsche kring indicant. Voor verschillende afstanden tusschen de [illegible] van de gebruikte golflengte krijgt men verschillende strahlungsdiagrammen; voor de afstand $= l/2$ λ en 180° phaseverschil geeft deze inrichting een 8 vormig veld met max. in het vlak van de beide antennes, zie Fig. 40.

Tot het opwekken van dit phaseverschil zijn bijzondere schakelingen noodig, waarop ik hier niet inga.

Nu zoude, om de richting van het maximum te kunnen veranderen, het beide vlak der beide antennes gedraaid moeten worden. Door eene zeer ingenieuze oplossing der beide bovengenoemde bezwaren is deze draaiing niet noodig. Loodrecht op dit de systeem is nl. een tweede geplaatst, zie figuur 40 (sub. 1 en 2). De koppelspoel van het tweede systeem staat ook loodrecht op die van het eerste. De primaire spoel van den koppeltransformator is in beide antennespoelen dwarsmaat aangebracht.

We zien nu duidelijk in, dat, [illegible] de primaire spoel in 1 vlak van de koppeler [illegible] 1 eene systeem staat, dit systeem bilateraal [illegible] secundaire wikkelingen [illegible] constante wikkelingen van 1 [illegible] geene energie zal opnemen. [illegible] spoel 90°, dan zal juist 1 tweede systeem straten, 1 eerste niet. De achtvorm is dus met de spoel meede 90° gedraaid. In zeven beschenstand zal ook de achtvorm in de richting stralen van de primaire spoel. 1 geen [illegible] aanslagels even lange ervoedende [illegible] tschen wel dat duidelijk maken.

De afstelling kan nu [illegible] gemaakt worden, door op dit bewegelijke 8-vormige veld een radiaal (dus cirkelvormig) veld te superponeeren; dit geschiedt door zeer kl. antenne in midden en oefeningsgelijk veld de dwarsing van de primaire spoel in uitlijning te zetten, zie figuur 40 sub 6 en 7, met eene constante amplitude gelijk aan de gemiddelde amplitude van een 8-vorm. Hiertoe zal samenloopt nieuw [illegible]

Al naardat de stroom daarin in phase is tegenover de overige antennes, zal de hartvorm, die de vaste stralingen van dit niveolaterale systeem bepaalt, naar de eene of de andere zijde afvallen, doch in beide geval [illegible] het [illegible] van de bewegelijke primaire [illegible] en dynamoe [illegible] draaiend [illegible] der antennebouw [illegible] wordt [illegible] en [illegible] zie fig. 40 sub 8. We [illegible] dit geschiedt door de twee loodrechte op elkaar staande [illegible] op geen splinter te vakkelen in [illegible] een ring met [illegible] draaibaar te [illegible]

Proeven en Tests hebben hiermede zeer goede resultaten [illegible] tusschen *Dieper-Haenz* en *Berlin*.

Het interessante is, dat b.v. de richting van een seinend [illegible] op 1e nauwkeurig bepaald kan worden, indien 1 ontvangstation op analoge wijze als de beschreven B-T zender is gebouwd, door het beeld te coordinaten tot men niets meer hoort. Bij het monolaterale systeem vindt men twee punten, waarbij T gelijk aan de telefoon juist opheeft.

Noteert men de beide standen van de spoel, zoo ligt het seinend station juist daartusschen. Seint nu b.v. eene vijandelijke vloot eene nauwkeurige correspondentie en kan dit gesprek door twee op bekenden afstand van elkaar gelegen, Tesla-stations opgevangen worden, zoo kan door beide de juiste richting bepaald worden en wordt men nauwkeurig de plaats waar zich de vijand bevindt.

Ik heb, zie fig. 41, een Tesla-zender bestoeld en nagegaan en het veld der twee antennes van een monolateraal systeem gecoördineerd, door de 180° in phase [illegible] afstand [illegible] de beide antennes (1), welker onderlinge afstand [illegible] door equipotentiaal-cirkels voorstellen, en in de veranderstelling, dat de golven ongedempt [illegible] zijn in verschillende (in de figuur in [illegible] gestreepte) stilling [illegible] Het [illegible] fondel, dat de amplitude der opvolgende [illegible] van de antenne als constant geschetst is, terwijl in werkelijkheid de energielaag aanlaatrijk in [illegible] afneemt, naarmate die grooter in middellijn wordt, dus de ring zich van de antenne verwijdert; daar dit echter voor de dingerenc antenne evenzoo geldt, en we hier relatieve gelijkingen maken, [illegible] schien beide antenne typen beide deze fout op het eindresultaat geenen invloed. We zien dan, dat [illegible]

FIG_1_

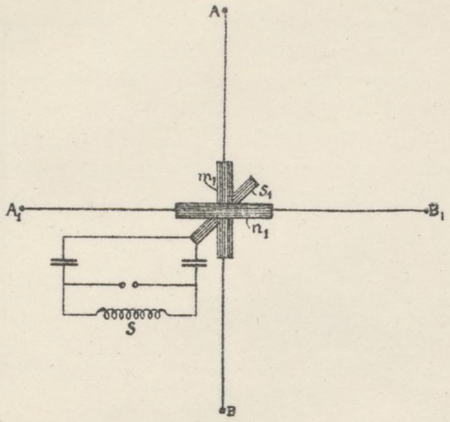

FIG_2_

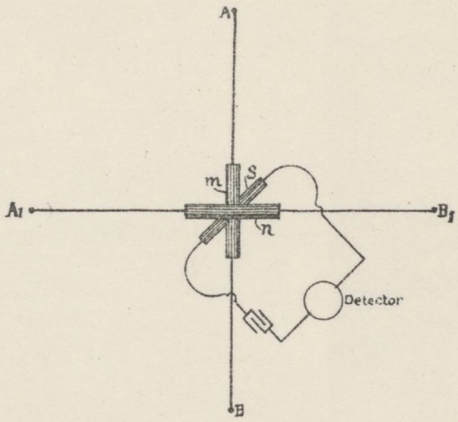

FIG_3_

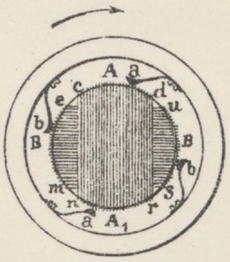

FIG_4_

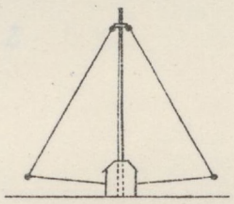

FIG_5_

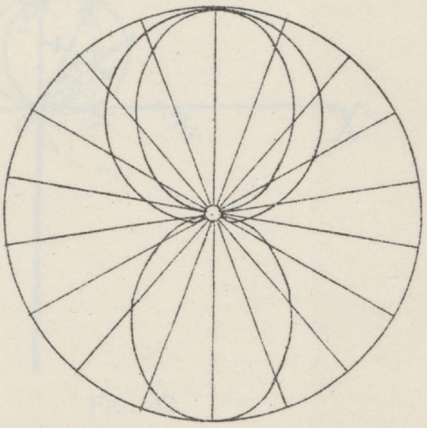

FIG_6_

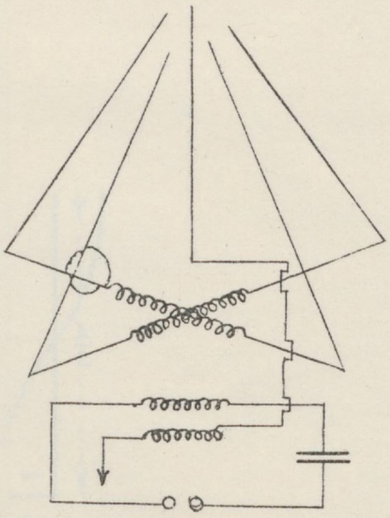

FIG_7_

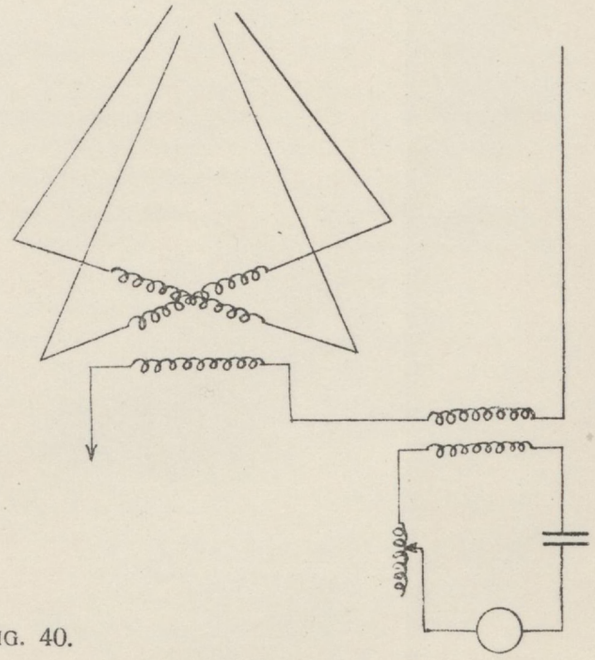

FIG. 40.

$$Y = R\cos\theta$$
$$X = R\sin\theta$$
$$oa = X\cos\alpha = R\cos\alpha\sin\theta$$
$$ob = Y\sin\alpha = R\sin\alpha\cos\theta$$
$$oc = oa + ob = R(\cos\alpha\sin\theta + \sin\alpha\cos\theta)$$
$$= R\sin(\alpha+\theta) = R\cos\{90-(\alpha+\theta)\}$$
$$= R\cos\varphi.$$

FIG. 41.

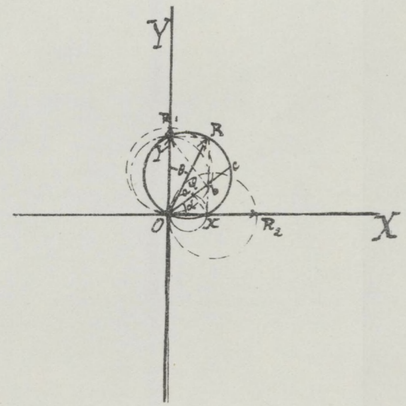

FIG. 42.

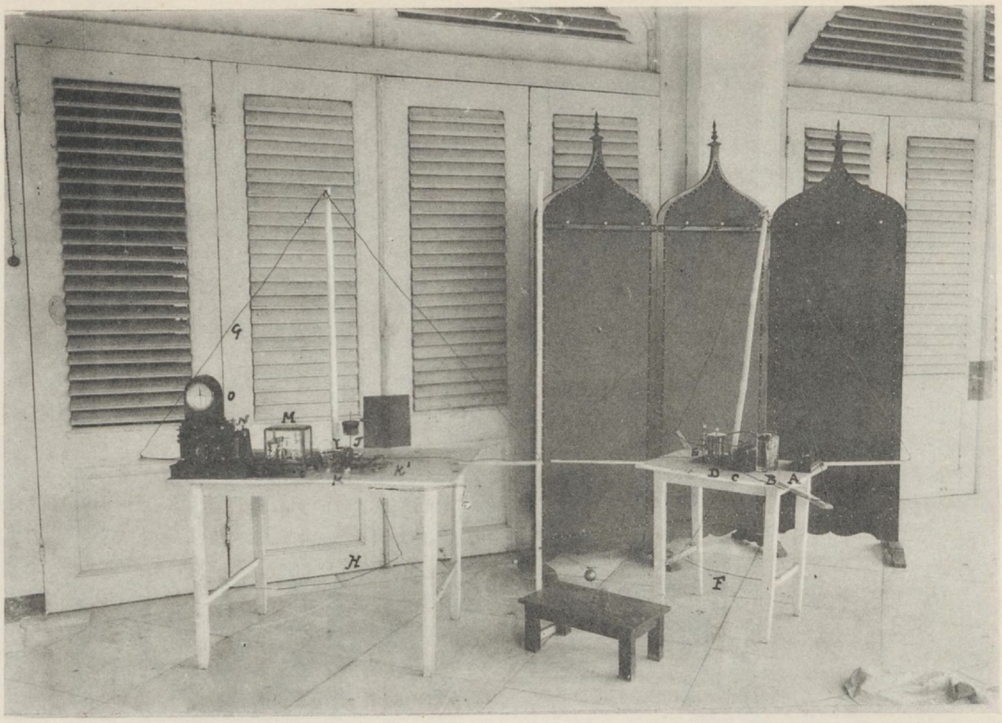

FIG. 43.

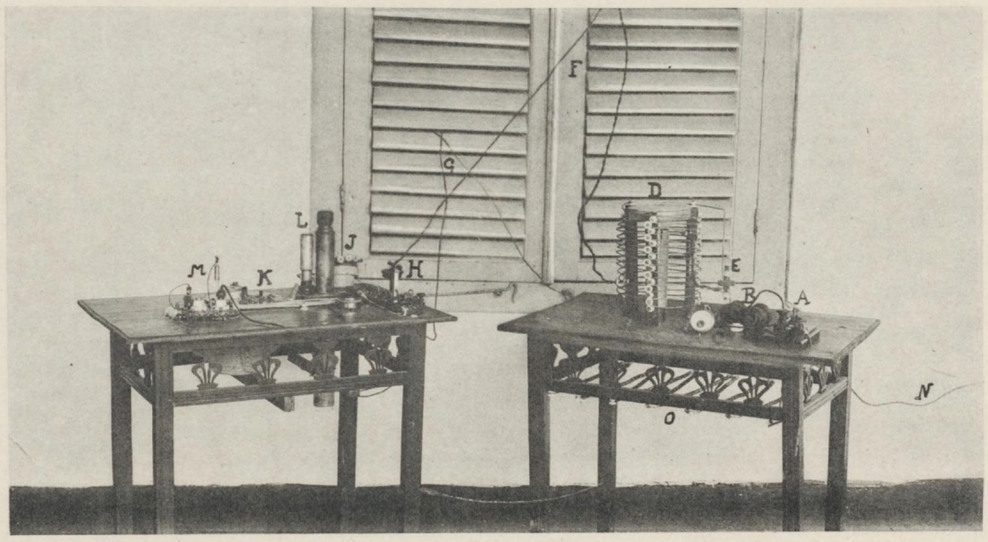

FIG. 44.

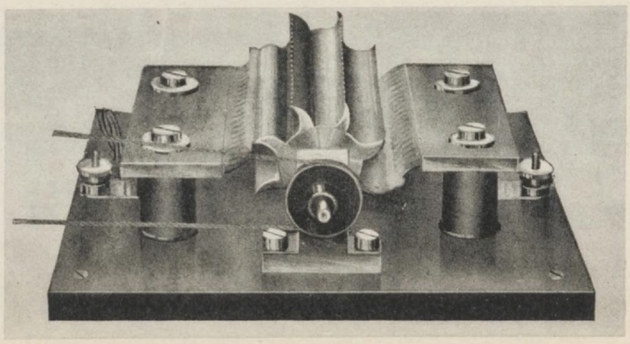

FIG. 45.

de *golflengte* gelijk de oorspronkelijke is, de *amplitude* afneemt van een *maximum* in eene bepaalde richting tot *nul* loodrecht hierop. Zetten we de amplitudes der resulteerende trilling polair uit, zoo krijgen we de in de figuur zichtbare, volgearceerde 8 vormige stralingsfiguur.

Een hierop door eene derde antenne o gesuperponeerd radiaal veld (dikgetrokken cirkel welke de 8 — figuur juist insluit) geeft de monolaterale stralingskromme (hartvorm).

Beschouwt men nu de 8-vormige kromme als bestaande uit twee elkaar rakende cirkels, welke aanname niet ver van de waarheid is, zoo is gemakkelijk aante toonen, dat, zoo de primaire zenderspoel inwerkt op twee onderling loodrechte secundaire spoelen en het geheel zoo is gebouwd (op cylinder) dat bij draaiing van de primaire spoel het veld door de vaste afneemt met de *cosinus* van den hoek tusschen primaire en en secundaire, de 8 vorm met den spoel mede draait en in grootte constant blijft, zoodat met de draaiing van de primaire spoel hetzelfde wordt verkregen als met de vroeger noodzakelijke draaiing van het heele antennesysteem.

Staat de primaire spoel in de richting der eene antennespoel O X, (zie fig. 41 onder aan) zoo straalt alleen het daarmee verbondenantennesysteem en wel volgens eene 8 vormige kromme, waarvan de eene cirkel $O R_2$ is geteekend (—.— zie ook fig. 42).

Staat de primaire spoel in 't vlak van de tweede antennespoel O Y, zoo straalt dit stelsel volgens $O R_1$, terwijl $O R_1 = O R_2$.

Maakt de spoel met O Y een hoek θ en wordt de bovenbedoelde consinuswet gevolgd, zoo induceert de primaire spoel in de antennespoelen zoodanig, dat het systeem O X straalt volgens een dubbelcirkel *O X*, zóódat:

$$\left.\begin{array}{l} OX = R \sin \theta \\ OY = R \cos \theta \end{array}\right\} R = R_1 = R_2. \quad (I.)$$

Willen we nu in eene richting *OC* welke met OX een hoek α maakt, het resulteerende veld weten, zoo moeten we de bijbehoorende vectoren van de cirkels OX en OY in die richting (dus oa en ob) sommeeren.

Maken we nu oa = bc, zoo is:

OC = oa + ob = vector in die richting.

Nu is:

$$oa = OX \cos \alpha$$
$$ob = OY \sin \alpha$$
$$OC = oa + ob = OX \cos \alpha + OY \sin \alpha \quad (II)$$

uit (I) en (II):

$$OC = R \sin \theta \cos \alpha + R \cos \theta \sin \alpha =$$
$$= R \sin (\alpha + \theta) = R \cos \left\{ 90 - (\alpha + \theta) \right\} =$$
$$= R \cos \varphi$$

d.i. *C* ligt op een cirkel met OR tot middellijn. Staat dus de primaire spoel in de richting OR, zoo is ook het systeem gericht volgens OR d.i. straalt volgens een 8 vorm met grootste intensiteit — as volgens O R en wel is de middellijn $R = R_1 = R_2$ gebleven. Het achtvormige beeld is dus met O R mede gedraaid.

Ten slotte heb ik in de figuur nog aangetoond hoe het antenne systeem moet trillen, opdat elk stel bilateraal straalt.

Verder wil ik U nog even de werkingswijze toonen van een paar hier opgestelde demonstratieapparaatjes, naar dit systeem werkende (zie fig. 43). De zender bestaat weer uit eenen Braunschen kring, waarvan de condensator (E) geleidelijk verstelbaar is, de zelfinductiespoel constant is en draaibaar in een systeem van 2 onderling loodrecht geplaatste antennespoelen (D), dit spoelencomplex wordt door BELLINI EN TOSI den *radiogoneometer* genoemd, daar de invoering ervan de richtingbepaling langs draadloozen weg, zooals reeds verteld is, mogelijk maakte. De uiteinden van de vaste spoelen zijn aan vier antennedraden verbonden, welke onderling onder 90° eerst horizontaal radiaal zijn uitgespannen en dan schuin naar boven loopen naar den gemeenschappelijken antennemast van 1 meter hoogte. De inductor C wordt in werking gesteld door den accumulator B en den sleutel A.

Met den condensator wordt het primaire systeem op de beide antennesystemen afgestemd. De zoo gevormde zender is bilateraal en straalt het intenst in de richting van de primaire draaibare spoel welker stand door eenen wijzer op eene schaal wordt aangeduid (zie D). De ontvanger is de Braunsche, waarvan de antennespoel van den ontvangtransformator J verbonden is met twee antennedraden, welke onderling onder 180° eerst horizontaal uitgehaald, daarna schuin naar boven loopende (G) naar eenen 1 meter hoogen antennemast. Ook hierbij is weer de cohererkring door een verstelbaren condensator (K) op de antenne afgestemd. De ontvanger is dus bilateraal in de richting der beide antennes en is zoo opgesteld, dat het vlak daardoor ook door den zendermast gaat, zoodat de ontvanger 't voordeeligst staat. Nu is de ontvangkoppeling zoo ingesteld, dat de coherer (L) nog juist ontvangt, indien de zenderspoel naar den ontvanger wijst.

Wordt dan de zenderspoel uit de richting gedraaid, zoo houdt de ontvangst op. Hiermede is de richtbaarheid van den zender plastisch gedemonstreerd, wat den ontvanger betreft kan dit makkelijk door de tafel 90° te draaien, er is dan bij geen stand van den zender ontvangst mogelijk.

M = relais, N = Morseschrijver, O = galvanometer, waarmede de teekens voor het auditorium zichtbaar worden. Bij de vorige demonstraties, waarbij dezelfde apparaten werden gebruikt, werd slechts ééne spoel van D resp. J verbonden met eene 1 mtr. lange verticale antenne eenerzijds en met de tegengewichten F en H

anderzijds. In 't midden van de figuur staat het mechanisch synoniem voor de koppeling bij de Braunsche schakeling.

Nu ten slotte iets over de *geheimhouding*. Gebrek hieraan wordt der draadlooze telegraphie altijd voorgeworpen. Hoewel, indien goed is afgestemd en daarbij wordt gericht, mijns inziens eene geheimhouding bijna absoluut verkregen is, zoo is men, haast *ten overvloede*, nog werkzaam, om ook dit z. g. nadeel te doen verdwijnen.

Natuurlijk is hiertoe een code voldoende, indien men den sleutel daarvan geheim kan houden. Anderszijds is codeseinen lastig voor het bedienend personeel. Er zijn dus machineriën bedacht, waarmede gewoon schrift wordt geseind, welk schrift door den gever automatisch in code wordt omgezet, door volgens een bepaald patroon op een voor derden niet ontcijferbare wijze de uitgezonden Morseteekens te wijzigen. De codeschrift doorklieft den ether, terwijl de ontvanger automatisch het schrift weer aanvult, zoodat het registreerende toestel leesbaar morseschrift vertoont. ANDERS BULL maakte iets dergelijks, doch slechts ter verkrijging van multiplex-telegrafie, het door den ether gaande schrift was voor ieder leesbaar; ik ga hier niet verder op in. Ten slotte zij me gepermiteerd m'n eigen naam bescheidenlijk 't allerlaatst te noemen. Door mij is n.l. een patent aangevraagd op eene inrichting, welke voor derden onleesbaar schrift overbrengt. Het patent is me nog niet verleend, doch zal dit, naar ik hoor, spoedig geschieden.

Ik zal dan apparaten laten bouwen en hoop U ter gelegener tijd daarvan meer mede te deelen.

Ik ben nu aan 't einde van wat ik te zeggen heb en zoude gaarne vernemen of een van de heeren misschien nog eene opmerking of vraag over 't gezegde heeft, gaarne ben ik bereid de resp. heeren te woord te staan.

Dan rest me nog uw bestuur te danken voor de gelegenheid, welke het mij gaf deze lezing te houden.

Verder verzoek ik den secretaris van de Nat. Vereeniging, den heer VAN KUYCK, het bestuur dier vereeniging wel te willen bedanken voor 't afstaan van de booglamp en hem persoonlijk dank ik voor de tevoorkomende wijze waarop hij de dikwijls zeer slechte lantaarnplaten heeft weten te vertoonen. Verder bedank ik m'n chef, den heer V. D. GOOT voor 't leenen van apparaten, onderdeel uitmakende van de demonstratietoestellen, m'n medewerker, den ingenieur VIERHOUT, voor zijne ijverige assistentie en U alle mijne heeren leden en introducés voor 't dankbaar gehoor.

Ik heb gezegd.

Naschrift: Op 't laatste oogenblik sloeg mijn geeftransformator voor snelle- vonken door en dreigde dit mankement de gewichtigste demonstratie te doen mislukken. Zeer uit den brand werd ik gered door de vriendelijkheid van den waarnemenden directeur van het Meteorologisch Observatorium, DR. BRAAK, die mij een kleinen Ruhmkorff leende, waarmede de gemeenschap hoewel zwak, toch duidelijk kon worden tot stand gebracht.

Daar de secundaire resonantie echter niet volledig kon tot stand gebracht worden, was de toon verre van muzikaal.

Gedurende de tijdruimte, gelegen tusschen het houden der voorliggende lezing en het verschijnen in druk, zijn vele bijzonderheden over de meer moderne systemen bekend geworden, bijzonderheden, welker beschrijving zeer daartoe bijdragen om bij hunne vermelding dit werk tot een afgesloten geheel te maken en het te doen zijn een kort algemeen overzicht van de draadlooze telegrafie tot op den dag van heden.

Ik wil dus daarom hier tot de opsomming overgaan, echter in zeer beknopten vorm en wel ten eerste, omdat zeer uitvoerige beschrijvingen elders in den laatsten tijd verschenen zijn en ten tweede, daar bij mij het plan bestaat ter gelegener tijd uitgebreider daarop terug te komen. De resultaten, bereikt met de kleine proefinstallatie, ten dienste van mijne lezing gebruikt, zoowel de goede als de slechte, gevoegd bij het meer bekend worden van details over de moderne systemen, hebben mij tot diepgaandere onderzoekingen en beproevingen der verschillende onderdeelen en de constructie van betrouwbare meetinstrumenten aangespoord en de resultaten waren diermate bemoedigend, dat ik besloot tot oprichting van een eigen proefstation van 5—8 P.K. primaire energie, welke inrichting gedeeltelijk gereed is en binnen kort, na verkregen toestemming, geheel in gebruik zal worden genomen. Waar het in mijne bedoeling ligt later eene beschrijving dezer proefinstallatie te geven en de resultaten mijner proeven periodiek wereldkundig te maken, wil ik hier niet in details treden.

Waar ik op blz. 28 mijner lezing neerschreef, dat aan het moderne MARCONI-systeem met roteerende electroden nog de fout kleefde, dat deze zender twee koppelingsgolven uitstraalde, en die fout aangaf door te wijzen op den te grooten vonkelectrodenafstand, daar valt nu een systeem te melden, dat dezen fout heeft geëlimineerd n.l. het BALSILLY-systeem.

Behalve vele verbeteringen van secundair belang, als een verbeterde seinsleutel, welke tevens automatisch omschakelt van geven op ontvangen en een nieuwe detector, welke eene variante van den Marconi-magneetdetector is, is eene essentieele verbetering aangebracht in den vorm van eenen snelroteerenden vonkenbrug, welke in fig. 45 is afgebeeld. Tusschen twee vaste kammen draait, gedreven door een' kleinen electromotor, welke 300—1500 touren in de minuut maakt, een stervormig kamwiel van bijzonderen vorm en

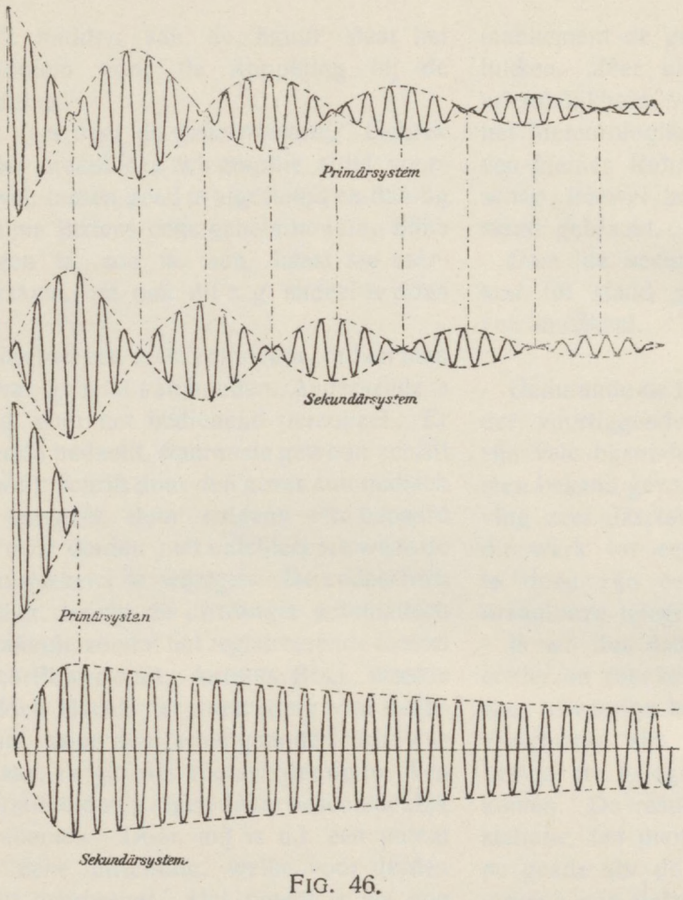

FIG. 46.

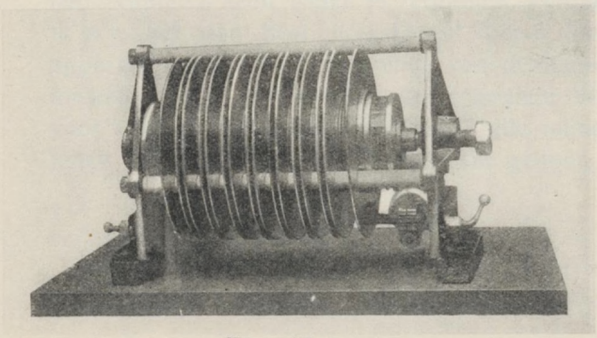

FIG. 47 *a*.

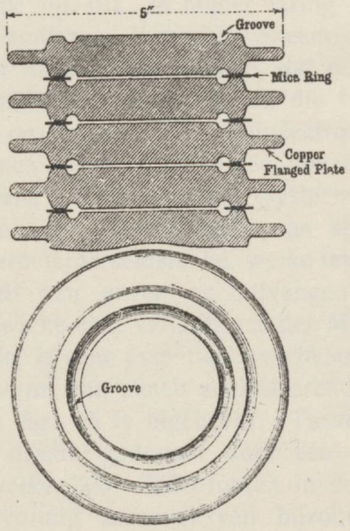

FIG 47. *b*.

met kleine speling. De vorm der vaste en beweeglijke kammen draagt ertoe bij, dat bij snelle draaiing eene sterke luchtbeweging aan de scherpe randen ontstaat, alwaar de vonken overspringen. Deze luchtbeweging rukt als het ware de vonken af en verhindert het ontstaan van eenen lichtboog en draagt dus tot de regelmatigheid van de opvolging der vonken bij; om echter het overgaan der vonken in een regelmatig muzikaal rythme te doen plaatsvinden, is voor de primaire energiebron een wisselstroomgenerator gebezigd van eene frequentie, gelijk aan de helft van 't vonkenaantal per secunde, zoodat op elke halve periode één vonk overgaat; deze electrische regeling van den vonkenovergang is noodig naast de mechanische door de roteerende vonkkammen, daar hierbij de vonkspanning nooit zoo nauwkeurig kan ingesteld worden of het is nog mogelijk, dat deze iets voor of iets na het passeeren overspringt, zooals bij den Marconi-revolving disc., waardoor de toon niet rein is. De kleine, sterk gekoelde vonkbrug hervormt den Marconi-gever in eenen Löschfunken-gever waarbij slechts één golf optreedt en een hoog nuttig effect wordt bereikt (zie Telefunken snelle-vonkengever). De sterke luchtstroom maakt, dat de electrodenspanning niettegenstaande den kleinen afstand groot is n. l. *15000 volt* voor de beide in serie werkende vonkenbruggen tezamen; de kammen zijn getand, opdat eene reeks parallelle vonkjes overspringt en de vonk niet op één plaats vastzet.

Twee nadeelen kleven deze methode echter aan tegenover de nieuwe Telefunken-methode:

1e. Ontstaan de vonken tusschen dunne scherpe kammen, zoodat het materiaal snel afbrandt en de vonklengte en daarmede de ontlaadspanning verandert, ook kan het vonkenrad nooit zóó gesteld worden of bij de verschillende radstanden treden kleine verschillen op, welker invloed bij de kleine vonklengten groot is.

2e. Is de maximale toonhoogte ca. 150 vonken per secunde en deze toon is niet hoog genoeg om de storingen door lucht-electrische ontladingen te elimineeren.

Bij grootere energiehoeveelheden (meer dan *2 KW.*) moeten meerdere kammen op één as gemonteerd worden en de vonken parellel of serie geschakeld worden. Bij kleinere stations wordt, om met kleinere vonkenspanning te kunnen werken, met eenige vonken op één periode (dus met z.g. partieele ontladingen) gewerkt, waaronder de zuiverheid van den toon lijdt.

Bij de ontvangschakeling is eene schakelwijze van capaciteit en zelfinductie toegepast, welke we bij het Telefunken-systeem terug vinden en welke ik daar zal behandelen; de schakeling heeft tot doel bij eene onveranderde antenne alle gebruikelijke golflengten te kunnen ontvangen zonder dat de gevoeligheid en de afstemscherpte belangrijk er onder lijdt.

Ik wil nu overgaan tot de beschrijving van wat uit Duitschland wereldkundig werd over de in mijne lezing besproken snelle-vonken-systemen.

Aan het hoofd van alle systemen staat op het oogenblik wel het TÖNENDE-LÖSCHFUNKEN SYSTEEM VAN TELEFUNKEN.

Zooals de naam van dit systeem ontweeduidig zegt, wordt gebruik gemaakt van Löschfunken en wel van Tönende Löschfunken.

Löschfunken noemt men vonken, in staat, om het *Wiensche* verschijnsel, door *Wien* Stosserregung genoemd en in mijne lezing besproken, tot stand te brengen bij een bepaalden graad van koppeling en verhouding tusschen de dempingsdecrementen van twee gekoppelde kringen.

Zooals besproken, treden in den gewonen Braunschen zender bij sterke koppeling twee golflengten, en daardoor zwevingen, op en wandelt de energie daarbij voortdurend van den primair-kring naar den antennekring van daar terug naar den primairen kring enz. zooals aangegeven in figuur 46 boven, waar we de zwevingen in beide kringen zien voorgesteld.

We zien, dat een max. in den eenen kring overeenkomt met een minimum in den anderen en omgekeerd. Bij dit heen en weer wandelen van de energie wordt telkens een groot deel omgezet in warmte in den primairen vonk. waardoor het nuttig effect daalt tot ca. 20 % bij de gebruikelijke koppeling en dempingen.

Dit zweven kan ontstaan, doordat de vonk te lang geleidend blijft en kunnen we nu eenen vonkbrug construeeren, welke na de eerste halve zweving, (dus nadat de energie van den trilkring voor 't eerst naar de antenne is gewandeld) ongeleidend wordt (*löscht*), zoo kan een terugwandelen van energie in den nu onderbroken primair-kring niet geschieden en is de energie gedwongen in den antennekring onafhankelijk van den primairenkring uit te slingeren met het eigen decrement en de eigen golflengte van dien kring, zooals eveneens op fig. 46 (onder) is afgebeeld.

Het verband tusschen de dempingsdecrementen en de gunstigste koppelingsgraad is nu het volgende:

De energie moet zoo spoedig mogelijk in den antenne kring gebracht worden, teneinde: 1e de verliezen in den primairen kring zoo klein mogelijk te maken en 2e den vonkenbrug zoo snel mogelijk te ontlasten, opdat met vele vonken per secunde gewerkt kan worden. Om dit te bereiken moet het eerste zwevingsmaximum in den secundairen kring (zie fig. 46 onderaan secundairsysteem) spoedig bereikt zijn, en is het snelle aanstijgen, zooals we bij de koppelingstheorie van het Braunsch-systeem hebben gezien, te verkrijgen, door dat het dempingscrement van den eenen kring groot is tegenover dat van den tweeden; van daar dat Wien voor deze verhouding minstens 10: 1 opgeeft.

Op het oogenblik echter, dat de energie op de antenne maximum is, moet die in den primairkring

=*nul* zijn, d. w. z. er moet juist $^1/_4$ zweving voorbij zijn en daar het aantal zwevingen t/o/v de golflengte van den koppelingsgraad afhangt, zoo behoort bij eene bepaalde verhouding der kringdecrementen een bepaalde koppelingsgraad.

Wien vond, zooals gezegd, dat de verhouding der dempingsdecrementen van primair-tot secundairkring ca. als 10: 1 moest zijn, dus dat het decrement van den vonkenbrug *hoog moest zijn* (dus korte vonken), daarbij moest, om den vonk snel ongeleidend te maken de warmte snel afgevoerd worden (koper-of zilver-electroden met kunstmatige koeling) en de energie zeer kort in den primair kring blijven.

Te vast kon men in de praktijk ook niet koppelen, daar dan de terugwandeling toch weer plaats vond; 't gunstigst was k = 15 % voor korte en k = 20 % voor lange golven. De zender straalt nu één golf uit, zooals gezegd en de beide andere onbelangrijke maxima in de resonnantiekromme (fig. 36) ontstaan gedurende de eerste kwart—zweving. Daar de energieverliezen in den vonk nu zeer gering zijn, is het nuttig effect van 't geheel gestegen van 20% tot ca. 72%, waarin het groote voordeel van den Lösch-funken-zender ligt. Elke Braunsche zender kan dus door het inbouwen van eenen specialen vonkenbrug tot eenen Löschfunken-zender van verhoogd nuttig effect worden veranderd.

Houdt men de gewone Braunsche schakeling aan, dan is de demping van den uitgezonden golf die van den antenne-kring. Alles moet dus gedaan worden om hier verliezen-demping te ontgaan door vermindering van sproeing, onderdeeling van den draad en vermindering van aardovergangweerstand. Zoude men met de demping nog verder naarbeneden willen, zoo moest men den vonkkring op een gesloten kring laten werken (tusschenkring) en deze evenals bij den booglampzender zeer los koppelen met den antennekring. Men moet dan echter drie kringen regelen en daarom gebruikt Telefunken de directe vaste koppeling met de antenne. Zooals bij mijne lezing reeds vermeld en zooals in figuur 44 zichtbaar is, werkte ook mijn Löschfunken-gever met de gewone Braunsche schakelwijze; dat het rendement hoog was blijkt wel daaruit dat met ca. 16 Watt condensator-energie 1500 meter werden overbrugd.

Zooals reeds vroeger is opgemerkt, hebben na de publicaties van *Wien* eenige fabrikanten zich op de constructie van Lösch-funken-bruggen toegelegd en zoo ontstond het reeds besproken v. LEPEL-systeem en fabriceerde TELEFUNKEN na mislukte pogingen met kwikzilver boog lampen voor dit doel, ('t gebrek was korte levens-duur)de Serien-Löschfunkenstrecke zichtbaar in fig. 47.

Het bleek n. l. dat de Löschfunken hun werk slechts dan accuraat deden, indien ze niet te sterk belast werden (ca. 250 Watt bij ca. 1000 Volt) (Dit bleek ook bij mijnen gever, die met de zwakke belasting van 16 Watt nog telkens onklaar was). Telefunken schakelt derhalve voor grootere energiemassa's eenige vonken achter elkaar en koelt ze af door ribben of door eenen ventilator.

De vonkplaten zijn van koper of zilver in plaatvormige ringen, waardoor de vonk zich niet vastzet en de geringe slijtage regelmatig is. Eene mica-rand-isolatie verzekert den afstand overeenkomende met ca 1000 Volt. ontlaadspanning en sluit de vonk luchtdicht af (vergelijk ook fig. 47*b* ontleend aan eene lezing welke Prof. FLEMING over den Löschfunkenzender hield); de mica-ring reikt over de groeven om een vast zetten van den vonk aan den rand te voorkomen.

Daar het groote aantal vonken geene complicatie schijnt met zich te brengen, is dit type voor elke hoeveelheid energie consequent doorvoerbaar.

Het spreekt wel van zelf, dat de groote gelijkenis, die deze vonkenbrug vertoont met den *von Lepel*-vonkenbrug (die echter geen seriebrug is) aanleiding was tot patentstrijd tusschen beide firma's.

Temidden van dezen strijd verhief zich de stem van Prof. PEUKERT, die beide firma's vervolgde wegens het gebruik van de Löschfunkenstrecke, waarmede hij reeds veel vroeger proeven had gedaan en welke hij nu openbaar maakt.

Fig. 48 vertoont den gebruikten vonkbrug, waarbij één plaat A vaststond, de andere B kon worden gedraaid door een motor. De vaste schrijf was micrometrisch verstelbaar en daardoor de afleesbare plaatafstand regelbaar. Beide platen waren door een oliefilm gescheiden; de olie wordt bij F binnen gevoerd.

Hij constateerde 't volgende:

Stonden beide schijven stil en op ca. $^1/_{10}$ *mM.* onderlingen afstand en liet men:

1e. de spanning groeien tot *250 Volt* dan ontstonden vonkjes.

2e. liet men nu de spanning constant, doch verminderde men de weerstand in den keten, dan nam eerst de stroom weinig toe (dus weerstand van den vonk was groot tegenover andere weerstanden in keten), werd de weerstand echter te klein dan:

3e. viel de vonkspanning op een gedeelte van een Volt. terug (lichtboogkarakteristiek).

4e. bij lang aanhouden van den sub 3 genoemden toestand trad een samensintelen der electroden in;

5e. draait men nu de eene electrode langzaam, terwijl de boog staat, zoo draait de boog met eenigen slib mede;

6e. bij snelle omwenteling (800 touren min.) gaat de boog over in vonken, welke regelmatig op één cirkelomtrek onstaan.

Dit alles geldt voor het gebruik van olie of lucht als diëlectricum, de snelheid heeft verder geen invloed op 't verschijnsel.

't Bovenstaande was voor 't geval de boog *niet* aan een trillingskring was aangesloten; wordt ze *wel*

aan den trillingskring aangesloten, zoo treden *boven* 5 Amp. ongedempte trillingen op als bij den Poulsenboog doch van weinig energie, onder de *5 Ampère* ontstaan Löschfunken. Deze PEUKERT- vonkbrug met roteerende platen wordt in eenigszins anderen vorm in den handel gebracht door de firma „Polyfrequenz" te Berlijn.

Mag eenige oneenigheid onder de fabrikanten ontstaan zijn over de vraag, wie het eerst de op *Wien's* theoriën gebouwde Löschfunken-zenders bouwde, die het nuttig effect der stations van 20 % op 72 % bracht, in een opzicht is Telefunken zeker vooraan en dat is in 't gebruik der *Tönende Löschfunken.*

Hieronder verstaan we niet alleen de toepassing van *Löschfunken,* doch tevens van eene snelle regelmatige vonkenfrequentie, waardoor in den ontvanger een muzikaal geluid vernomen wordt, zóó rein en hoog, dat ze door alle luchtelectrische teekens heen klinkt. In de eerste publicaties was het vonkental ondoenlijk hoog opgegeven, 20000 à 30000 vonken/sec.

Er ontstaat dan een toon, die aan de bovenste grens van 't muzikale is. Door deze publicaties liet ik me verleiden bij mijnen Löschfunken- zender, fig. 44, tot 15000 vonken/sec. te gaan. Hierdoor was het geluid onaangenaam hoog en daar met vele partieële ontladingen werd gewerkt (150 per halve periode) was de toon verre van muzikaal en 't best te vergelijken met het metaliek sissend geluid bij het verfrommelen van zilverpapier; door het aantal vonken nog verder op te drijven b. v. tot 40000/sec. komt de toon boven het muzikale spectrum te liggen. Hiervan denk ik gebruik te maken om *door middel van vonken* te telefoneeren, waartoe door middel van eene telefoon op de bovenmuzikale vonken eene muzikale amplitude-verandering wordt gesuperponeerd.

Nu gebruikt men algemeen als grondtoon 1000 vonken.

De generator werkt met 500 perioden, zoodat op elke halve periode een vonk komt en heeft, evenals de vroeger beschreven Duddell-hoogfrequentie generator, zoowel excitatie- als wisselstroom-wikkeling op het vaststaande gedeelte terwijl de van tanden voorziene rotor geenerlei bewikkeling bezit.

Door tevens de secundaire transformatorwikkeling met den geefcondensator door tusschenschakeling van eene continu verstelbare zelfinductiespoel op precies hetzelfde trillingsgetal te brengen, geschiedt het laden en ontladen van den condensator in een zeer regelmatig muzikaal rythme. Bovenbedoelde continu veranderlijke zelfinductiespoel bestaat uit eene draadklos, waarin de ijzerkern verschuifbaar is, waardoor de zelfinductie geregeld wordt.

Door den omlooptijd van den generator te regelen en deze spoel te verschuiven kan men den toon 15% varieeren en door den magneetstroom van den generator te versterken of verzwakken, kan men naar boven en naar beneden resp. 2 partieele ontladingen doen ontstaan per periode of de helft à 3/4 der ontladingen laten wegvallen, waardoor de toon over 5 octaven regelbaar is.

Wat de verdere inrichting betreft, zoo kon de kondensator, daar de energie slechts kort in den primairen kring aanwezig is, bijzonder eenvoudig geconstrueerd worden, zelfs glasplaat- ja papiercondensatoren werden gebruikt. De primaire zelfinductie is als *Rendahlsche* variometer uitgevoerd, waardoor de trillingstijd van den primairen kring continu veranderlijk is of wel trapsgewijze „stopbaar". Deze variometer ligt ook geheel als koppelingszelfinductie in den antennekring. De schakeling is in fig. 49 aangegeven.

L_1^1 is daarbij eene onveranderlijke zelfinductie in den primairen kring, L_1 is de bovenbedoelde variometer, L_2 is eene dergelijke in den antennekring.

A is een „Hitzdraht"- Ampèremeter in de antenne.

Wil men een bepaalde golf uitzenden, dan stelt men eerst L_1 in, waartoe een direct in golflengten geijkte schaal dient.

Dan stelt men L_2 in tot *A* een maximumstroom aanwijst, er is dan van zelf resonnantie.

Makkelijk is aan te toonen, dat de graad van koppeling dan voor deze schakeling is:

$$k = \frac{L_1}{L_1 + L_1^1} \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

waarin:

C_1 = primaire capaciteit. C_2 = schijnbare antenne capaciteit.

Was $L_1^1 = O$, dan was de koppelingscoëff.

$K = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$ = constant; door L_1^1 eene bepaalde waarde te geven tegenover L_1, wordt K bij kortere golven kleiner (L_1^1 = konstant, L_1 = klein) bij langere golven grooter (L_1 = groot), hierdoor wordt K bij het continu veranderen in golflengte automatisch geregeld tusschen 15 en 20 %.

De variometers zijn uit vele dunne draden (d = 0.075 m.M.) gebouwd, welke op bijzondere wijze vervlochten zijn, zoodat èn weerstand èn zelfinductie van elk der parallelle draden gelijk is, waardoor de antenne-stroom gelijkelijk over de draden wordt verdeeld. Door deze inrichting is de weerstands- en Foucault-demping in de antenne gering. De maximale stroom belasting is ca. 6 Amp./ m.M².

Bij den ontvanger komt de, reeds bij 't Balsilly systeem besproken serie-paralel-schakeling in de antenne in toepassing. (fig. 50).

Voor korte golflengten (tot 1.3 × grondgolf antenne) zijn primaire zelfinductie en draaicondensator in serie in de antenne geplaatst (a); de capaciteit van 't geheele antennesysteem is dan kleiner dan van de antenne alleen.

Voor lange golven (tot 7×grondgolf antenne) zijn de primaire zelfinductie en capaciteit naast elkaar (b) geschakeld.

De capaciteit van 't geheele systeem is dan belangrijk grooter dan van de antenne alleen.

Hierdoor blijft, zelfs bij groote verlengingen en verkortingen der antenne, de verhouding tusschen capaciteit en zelfinductie gunstig en komt men met kleinere zelfinductiespoelen (dus geringe spoeldemping) uit. De ontvangantenne is daardoor zeer zwak gedempt, zoodat eene koppeling met eenen secundair-kring geen zin zoude hebben. Ook tegenover luchtelectrische ontladingen is weinig van een resonnantiekring te verwachten en is de hooge ontvangtoon een betere waarborg. Door eene koppelspoel wordt dus eenvoudig de geschikste spanning op den detector ingesteld, welke in serie met eene telefoon is geschakeld. Het secundaire systeem is door den hoogen detectorweerstand aperiodisch en de telefoon is door eenen onveranderlijken condensator overbrugd, om de zelfinductie van dit instrument te elimineeren. De detector is een integreerende contactdetector.

Door de zuivere toon is het mogelijk, naast de *hoogfrequentie-afstemming* ook eene *muzikale afstemming* te bezigen. Laat men n.l. den door den detector gelijkgerichten stroom door een op bepaalden toon afgestemd telefoonrelais gaan, zoo wordt alleen die toon versterkt, andere toonen afkomstig van andere zenders hebben zoo goed als geenen invloed.

Daarbij wordt de toonsterkte door gebruik van eenige telefoonrelais zóó versterkt, dat de teekens werkende op eene luidsprekende telefoon, in de geheele omgeving gehoord kunnen worden. De luidsprekende telefoon kan ook nog voor een bijzonderen toon ingesteld worden, zoodat zelfs eene *derde* afstemming voorhanden is.

Hierdoor wordt dus de kans op storing bijna onmogelijk.

Behalve op de luidsprekende telefoon, kan de versterkte ontvangstroom op een gepolariseerd relais werken onder tusschenschakeling van eenen als gelijkrichter werkenden detector.

Daardoor is het bedrijf met Morseschrijver weer mogelijk en wel op denzelfden afstand als het ontvangen op 't gehoor.

Binnenkort zullen stations naar dit nieuwe type in Ned. Indie door den Gouv. Telegraafdienst worden opgericht voor groote seinafstanden en zal het systeem dus een vuurproef hebben door te maken met een ander systeem waarschijnlijk. Laten we hopen, dat de vele verwachtingen met succes bekroond mogen worden en daardoor ook in de tropen de draadlooze telegrafie eene eerste plaats onder de technische middelen moge innemen.

Weltevreden, 20 Juli 1910.

BRONNEN der figuren:

A. PRASCH- die Drahtlose Telegraphie:
fig. 1—2—4—6—7.

J. ZENNECK. Electromagnetische Schwingungen und drahtlose Telegraphie:
fig. 9—19.

J. A. FLEMING. The principles of electric wave telegraphy:
fig. 5—8—10—16—18—24.

G. EICHHORN: Jahrbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie:
fig. 17—25—26—27—32—36—39.

J. ERSKINE MURRAY. fig. 3—15—21—23.

ELEKTROTECHNISCHE ZEITSCHRIFT:
fig. 28—29—31—46—49—50.

ELECTRICIAN:
fig. 37—45—47*b*—48.

BROCHURES TELEFUNKEN:
fig. 11—12—13—14—33—34—47*a*.

BROCHURE BELLINI-TOSI:
fig. 40.

BROCHURE AMALGAMATED:
fig. 20—30.

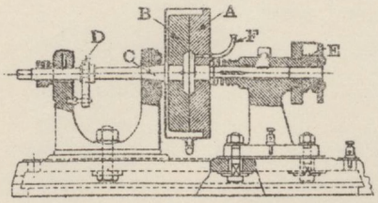

FIG. 48.

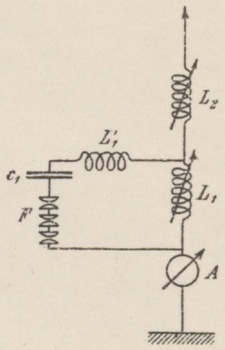

FIG 49.

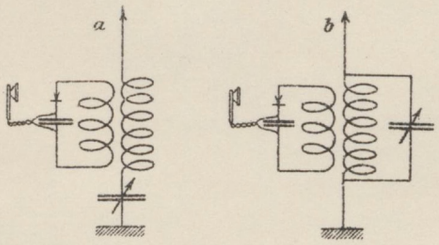

FIG. 50.