

HET DRAADLOOS AMATEURSTATION

VOOR ONTVANGST VAN
TELEGRAFIE EN TELEFONIE

DOOR J. CORVER.

ZEVENDE, GEHEEL
OMGEWERKTE DRUK

DEEL I

N. VEENSTRA — UITGEVER — 's-GRAVENHAGE.

VOORWOORD.

Ofschoon het nog geen vijf jaar geleden is, dat de eerste druk van dit boek het licht zag, is bij de voorbereiding dezer zevende uitgave een algeheele omwerking noodig geworden. Zoowel de ontwikkeling der techniek als de behoeften van den steeds zich uitbreidenden kring van belangstellenden in de draadlooze hebben tot die noodzakelijkheid meegewerkt.

Waar vijf jaar geleden voor den amateur de draadlooze telegrafie nog hoofdzaak was en de draadlooze telefonie slechts in de kinderschoenen stond, is sedert dien een totale omkeer gekomen in de verhoudingen. Ten aanzien van de ontvangmiddelen is het niet enkel meer de vraag of men iets ontvangt, maar hoe de kwaliteit is van het ontvangene.

Voor een ander deel is het vraagstuk der ontvangst van zéér korte golven meer en meer actueel geworden.

Zoo heeft de stof zich in alle richtingen uitgebreid en dit heeft ertoe geleid, dat die stof niet meer in één deel kon worden verwerkt en dat „Het Draadloos Amateurstation” een werk in twee deelen moest worden.

Het eerste deel bevat bouwbeschrijvingen van de eenvoudigste kristal- en lampontvangers, behandelt eenige theorie, vooral over lampen en versterkers, om verder te komen tot de complete 4-lampsontvangers voor antenne-ontvangst, plaatstroomapparaten en wisselstroomvoeding.

Het tweede deel zal de raamontvangst (richtingsontvangst) behandelen, met meervoudige hoogfrequentversterking, neutrody-nisatieering, superheterodyne-ontvangst, reflex en andere speciale schema's, ook de meer speciale korte-golf-ontvangst en het zelf construeeren der onderdeelen.

Gestreefd is naar een eenvoudige, gemakkelijk begrijpelijke behandeling van hetgeen men practisch noodig kan hebben, waarbij men tevens geleidelijk op de hoogte gebracht wordt van theoretische begrippen en vaktermen. Het leidt tot niets, als men poogt, vaktermen te vermijden. Men kan niet zonder de kennis ervan, zelfs bij het lezen van een amateur-tijdschrift. In dit boek vindt men ze verklaard, waar ze in den tekst voorkomen.

Het is geenszins de bedoeling van den schrijver, een zoo groot

mogelijk aantal schakeningen voor te leggen. Uitsluitend datgene is genomen, waarvan de praktische waarde volledig is getoetst. Daarbij heeft de bedoeling voorgezeten, tevens het verband tusschen de verschillende middelen en methoden van ontvangst te doen inzien. De overvloed van schema's, die den oppervlakkigen belangstellende soms zoo verwarrend voorkomt, zal den aandachtigen lezer juist helpen, den overgang van het een in het ander na te gaan en hem tot het vestigen zijner keuze wegwijs maken.

De groote belangstelling in de draadlooze van de laatste paar jaren is een gevolg van al hetgeen geboden wordt door den radio-omroep; die belangstelling richt zich dus in de eerste plaats op de draadlooze telefonie.

Maar reeds lang voordat er sprake was van een geregelden omroep — in een tijd toen men van telefonie per radio nog niets te hooren kreeg —, bestond toch reeds een omvangrijke amateurs-beweging. Toen was de belangstelling uitsluitend van technischen aard en nog steeds speelt het technisch element er een belangrijke rol in.

Dat juist d e z e techniek zoo vele duizenden aantrekt, vindt zijn oorsprong wel in het feit, dat ieder zijn kennis direct kan omzetten in praktische proefnemingen en interessante eigen onderzoekingen.

Moge dit boek, dat in zijn ouden vorm reeds vele tienduizenden in ons land tot gids heeft gestrekt, ook thans weder de hulp en vraagbaak zijn van velen, die niet het meer eenvoudige begin der radio-ontvangsttechniek meemaakten en daarom des te meer behoefte hebben aan praktische aanwijzingen omtrent hetgeen hoofdzaak is.

Den Haag 1927.

J. CORVER.

Het wezen der draadlooze telegrafie en telefonie. — De ontvangst staat vrij. — Berichten voor iedereen. — Omroep.

De draadlooze telegrafie en telefonie dragen wel een geheel ander karakter dan haar oudere zusters, de lijntelegraaf en lijntelefoon.

Bij de laatste denkt men steeds aan de stipte geheimhouding der berichten, die ermede verzonden worden. Draadlooze berichten vangt ieder, die maar wil. En draadloos-telefonische gesprekken kan ieder afluisteren.

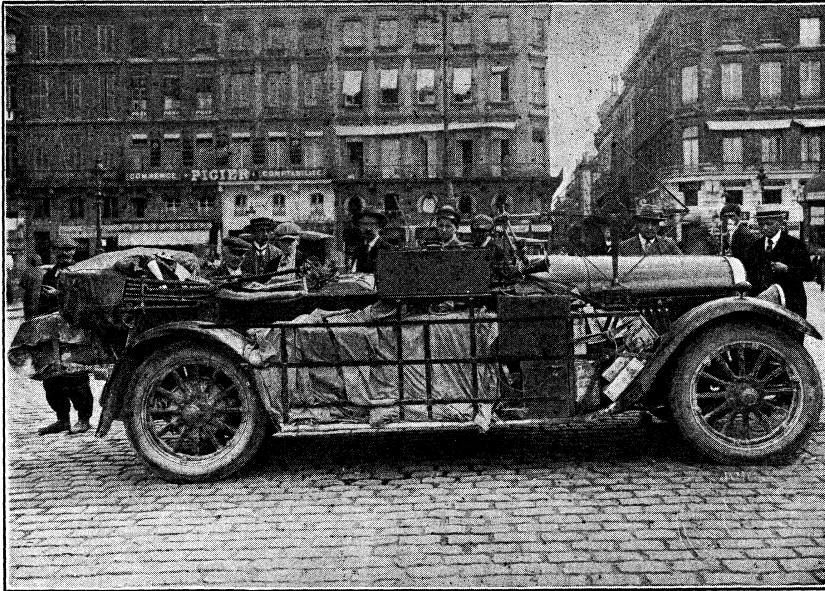
Daarom zijn echter zekere bepalingen gemaakt, die den amateur verbieden, de voor anderen bestemde berichten op te schrijven of aan iemand mede te deelen. En ten einde contrôle mogelijk te maken, moet sedert 7 Augustus 1921, toen de nieuwste bepalingen in werking zijn getreden, ieder particulier eigenaar van een draadlooze ontvanginrichting daarvan aangifte doen bij den directeur van het naast bij zijnde Rijkstelegraafkantoor. Aan de telegraafkantoren worden biljetten, ter invulling voor de aangifte, gratis verstrekt.

Overigens is draadlooze ontvangst vrij.

Practisch zou het inderdaad niet wel mogelijk zijn, deze te verbieden. Hierom niet, omdat bij de draadlooze de berichten worden overgedragen in den vorm van trillingen in den *z g. w e r e l d a e t h e r*, dat is de heel fijne, ontastbare, en onweegbare, door de menschen *v e r o n d e r s t e l d e s t o f*, die ook de lichttrillingen draagt. Evenals het licht, dringen de draadlooze trillingen door tot binnen in onze huizen. Ja, de draadlooze trillingen passeeren zelfs door muren en hout, die het licht tegenhouden. En het zou niet goed opgaan, het opvangen van trillingen te verbieden, die ons regelrecht in huis worden gezonden.

Inderdaad zijn Röntgenstralen, licht, warmte, en de „golven” der draadlooze telegrafie, allemaal trillingen van den aether. Die aethertrillingen verschillen alleen in golflengte maar, al naar de golflengte korter of langer is, hebben zij ook heel verschillende natuurkundige uitwerking.

De zeer snelle trillingen van uiterst geringe golflengte der Röntgenstralen werken op de fotografische plaat, maar zijn niet waarneembaar voor het oog. Met de ultra-violette lichtstralen staat het evenzoo; zij vormen een „onzichtbaar licht”, maar verraden zich o.a. door electriche werkingen, bijv. door ontlading van in de lucht geplaatste negatief electriche voorwerpen. De trillingen van het zichtbare licht, gelegen tusschen golflengten van 4 tienduizendste m.M. (violet) van 8 tienduizendste m.M. (rood) maken op het oog verschillende kleurindrukken, al naar de golflengte



Reisauto met raamontvanger, waarmee Capt. L. F. Plugge een toer door Europa maakte.

toeneemt. De donkerste roode stralen gaan geleidelijk bij grooter wordende golflengte over in trillingen, die geen indruk meer maken op het oog, doch gevoeld worden als warmte. En de warmte-trillingen, waarvan de golflengte nadert tot millimeter-waarden, gaan onmerkbaar over in de electriche radiogolven, waarvan in de radiotechniek alle golflengten van enkele meters tot 25 kilometer worden gebruikt. Dit zijn aethertrillingen, die zich openbaren door de eigenschap, dat zij electriche stroomden doen ontstaan in geleiders, die deze trillingen op hun weg passeeren.

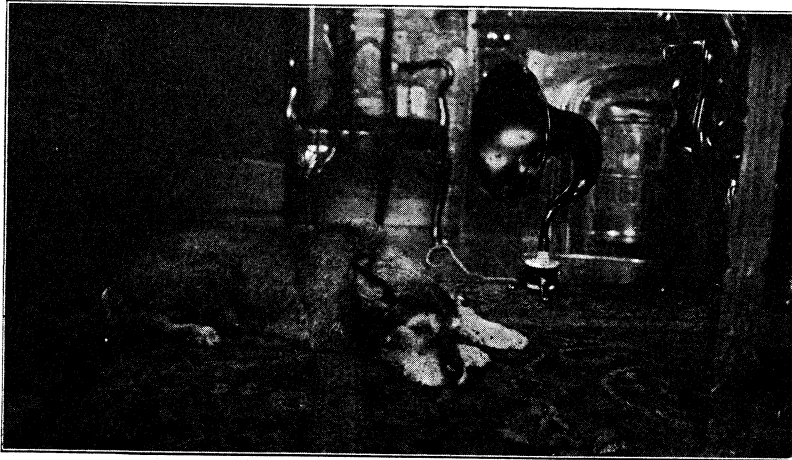
Nu komen lichttrillingen tot ons van de verst verwijderde sterren. Wij moeten dus overal tusschen de ster en ons den aether aanwezig denken; het licht valt ook door water en door glas; dus moet ook in vloeistoffen en vaste stoffen de trillende aether aanwezig zijn; maar er zijn ruiten, die enkel blauw licht doorlaten en andere enkel rood licht; er is dus voor verschillende soorten van (licht)-aethertrillingen al verschil in doorlaatbaarheid door verschillende stoffen. Zoo behoeft het ons bij voorbaat niet al te zeer te verbazen, dat de bijzondere aethertrillingen, waarvan in de draadlooze telegrafie gebruik wordt gemaakt, ook wel kunnen heendringen door tal van stoffen, waar het licht niet doorheen gaat. Inderdaad dringen de trillingen der draadlooze telegrafie door glas, hout, muren van steen, hoe dik ook, en door tal van andere stoffen. Dat wil zeggen, dat die trillingen juist ongehinderd passeeren door stoffen, die voor electriche stroomen niet geleiden zijn.

Tot dusver zijn de meeste draadlooze zendstations nog niet in staat, de door hen uitgezonden aethertrillingen slechts in één bepaalde richting te zenden. De golven gaan van het zendstation uit in alle richtingen. Men moet zich de uitbreiding van die golven voorstellen als de uitbreiding der kringen in een stillen plas water, ontstaande als men er een steen in gooit. Als een draadloos station te Berlijn wil werken met een station te Londen, dan gaan de trillingen dus niet slechts van Berlijn naar Londen, maar zij bewegen zich in steeds grooter wordende kringen met Berlijn als middelpunt. En men kan ze overal in het rond opvangen. Het zendstation stuurt zijn trillingen ongevraagd bij iedereen in huis en bij den tegenwoordigen stand der techniek kan dat nog niet veel anders. Het ligt dus in den aard zelf der draadlooze, dat een door één station uitgezonden bericht gelijktijdig door een onbeperkt aantal personen op geheel willekeurige plaatsen kan worden opgevangen. Dat opvangen te verbieden, zou gelijk staan met een verbod om te luisteren naar de geluiden van de straat of om te kijken naar het licht van zon en sterren, of zich te koesteren in de zonnestralen, die ons huis binnen dringen.

Wij zeiden reeds, dat ofschoon de draadlooze golven in wezen het zelfde zijn als het licht, zij toch ten deele andere eigenschappen bezitten. Dat geldt ook nog voor een ander punt. De voortplanting van het licht geschiedt rechtlijnig en in verband

met den bolvorm der aarde kan men het sterkste licht toch slechts op beperkten afstand zien. Het licht „schijnt niet om de kromming der aarde heen”. De draadlooze golven echter doen dat wel. Anders zou men niet naar Amerika en Indië kunnen seinen.

Gewoonlijk neemt men ter verklaring daarvan aan, dat de draadlooze trillingen terugkaatsing in de bovenlucht ondergaan. De draadlooze trillingen worden n.l. door stoffen, die geleidend zijn voor den electricchen stroom, ten deele geabsorbeerd (zooals in een ontvang-antenne, waarin zij in stroom worden omgezet), ten deele teruggekaatsd. In de boven-atmosfeer nu bevinden zich door de sterkere ultra-violette zonnestraling „geïoniseerde” lucht-



His master's voice . . . per radio.

lagen, die geleidend zijn en waarvan men zich dus voorstelt, dat zij voor de draadlooze golven als een spiegel kunnen werken. Overdag, als het ultra-violette licht dieper doordringt, is die spiegel lager gelegen en onregelmatig. Des nachts trekt hij op en schijnt regelmatiger te zijn. Die geleidende hogere luchtlaag noemt men naar den in 1925 overleden onderzoeker Heaviside de „Heaviside-laag” en uit haar veranderingen bij licht en donker tracht men te verklaren, waarom draadlooze seinen in het algemeen 's nachts sterker overkomen.

De eigenschap van de draadlooze, om hetgeen uitgezonden wordt, overal in het rond te verbreiden, maakt haar tot een verkeersmiddel, dat uit zijn aard geheimen niet best bewaart. Maar

zij is juist door die eigenschap bijzonder geschikt voor allerlei doeleinden, waarvoor de lijntelegraaf onbruikbaar is. Men denke maar aan het verkeer met en tusschen schepen op zee. Men behoeft, om met het schip berichten te wisselen, niet te weten in welke richting het zich bevindt. En als een schip in nood verkeert en om hulp roept, wordt het door alle anderen, die dicht genoeg bij zijn om de teekens waarneembaar te ontvangen, gehoord, in alle richtingen in het rond.

Telegraafverkeer met schepen op zee was de eerste en oorspronkelijk de eenige practische toepassing van de draadlooze. Ook voor verkeer met luchtvaartuigen is ze het eenige hulpmiddel.

Gedurende en na den oorlog evenwel heeft zich ook sterk het gebruik van draadlooze telegrafie uitgebreid tusschen vaste stations, waar vroeger alleen aan kabel of draad werd gedacht. Bijna alle landen van Europa bezitten groote stations, die direct werken met Amerika. Nederland bezit sedert kort te Kootwijk een station, dat met Amerika en zelfs met Ned. Indië kan verkeerem. Hier treedt de draadlooze in plaats van den kabel. Maar ook lange landlijnen ondervinden de concurrentie al. Op het Rijks-telegraafkantoor te Rotterdam bijv. werd een draadlooze zender aangebracht, die een deel van het verkeer met Duitschland behandelde. Amsterdam werd draadloos verbonden met Londen. Kortgeleden zijn deze verschillende diensten geconcentreerd op het kuststation Scheveningen-Haven, oorspronkelijk alleen voor werken met schepen op zee, doch nu met verschillende zenders uitgerust.

Voor het verkeer van dezen aard is de eigenschap der draadlooze om haar berichten als het ware maar in het wilde weg, rondom, uit te zenden, eigenlijk een nadeel. De techniek is trouwens bezig, daar verbetering in te brengen.

Maar voor bepaalde doeleinden kan ook te land weer van die eigenaardigheid met voordeel gebruik worden gemaakt. Dat geschiedt bij de uitzending van berichten, die voor iedereen bestemd zijn, als tijdseinen en weerberichten. Een enkel station behoeft slechts op een bepaald uur één maal zulk een bericht te seinen, en dan kan het door ieder in den lande worden opgenomen, die er belang in stelt. Door de draadlooze kan de weerkundige dienst vooral van veel meer nut worden voor het algemeen, omdat de berichten veel tijdiger bekend kunnen worden. De horlogemaker vangt zelf thuis het tijdsein op; de tuinbouwer

heeft een eigen toestel om zelf weer- en nachtvorstberichten op te nemen.

Ook voor de beursberichten bestaat in ons land reeds zulk een rondzenddienst. In Amerika worden van staatswege ook marktberichten verbreid ten dienste van iedereen, speciaal wat betreft landbouwproducten. In die rondzenddiensten, in den „draadloozen omroep”, vooral waar deze radio-telefonisch plaats heeft, komt het wezen der draadlooze het meest naar voren.



Amateur-omroep-ontvanger.

Die omroep heeft in de laatste jaren een ongedacht snelle uitbreiding verkregen. In alle beschaafde landen vindt men thans stations, die geregeld zooveel mogelijk elken dag, radiotelefonisch muziek, lezingen, tooneelstukken, opera's, nieuwstijdingen enz. uitzenden om den particulier, die een toestel bezit, iets te geven, waarnaar het aangenaam en leerzaam is om te luisteren.

Deze vorm van omroep is een nieuwe vorm van cultureel verkeer geworden, waarbij luisteraars in de meest afgelegen dorpen in nog veel hogere mate zijn gebaat dan zij, die in meer bevolkte centra wonen.

Door den telefonie-omroep is het geheele radio-amateurisme in een nieuw verband komen te staan. Niet elke muziekluisteraar is meer amateur in den vroegeren zin van het woord. Maar aan den anderen kant worden velen, die als omroep-luisteraar zonder meer begonnen, ook weer gebracht tot het eigenlijke experimenterend amateurs.

Zoo is de omroep geworden tot een machtige hefboom, die ook het radio-amateurwezen mede omhoog brengt.

Voor den experimenteerder is op het geheele gebied der radio nog altijd veel te doen. Het lange-golf-telegraafverkeer met zijn ten deele automatische ontvangst, de telefonie-omroep, het scheepsverkeer en het kortegolfverkeer brengen elk hun geheel afzonderlijke vraagstukken. Naast den omroep staat momenteel de „korte golf” in het centrum der belangstelling. Velen gaan zich meer en meer op een bepaald onderdeel specialiseeren; een overzicht te behouden van het geheele gebied is evenwel nuttig ook voor hen.

II.

De eischen, aan een eenvoudige ontvangantenne te stellen. — Hoogte is belangrijker dan lengte.

Het eenvoudigste en minst kostbare hulpmiddel om radio-ontvangst te verkrijgen, blijft het gebruik van een kristaldetector.

Juist in den allerlaatsten tijd, door de vermeerdering van het aantal krachtige telefonie-stations, verheugt de kristaldetector, die al bijna een museum-antiquiteit was geworden, zich weer in een toenemende belangstelling.

Voor de begripsvorming omtrent de verschijnselen bij de draadlooze ontvangst is het trouwens zeer gunstig, met een bespreking van kristalontvangst te beginnen.

In den vangdraad eener ontvanginstallatie — de antenne — worden door aankomende radiogolven van een zendstation zwakke, zeer snelle wisselstroompjes opgewekt. De detector of „verklikker”, is het apparaatje, waarmede die snelle wissel-

stroompjes worden omgezet in een verschijnsel, dat geluid geeft in een telefoon.

Antenne, detector en telefoon, dat zijn de drie onontbeerlijke hulpmiddelen. Bij gebruik van meer gevoelige detectoren dan kristallen moge de antenne teruggebracht kunnen worden tot een klein draadraam of een kort uitgespannen draadje binnenshuis, er blijft altijd iets, dat als vangdraad werkt. Bij kristalontvangst komt het voor de geluidsterkte zeer op de werkzaamheid der antenne aan.

Toch kan ook daarvoor als vangdraad reeds een enkele roodkoper- of bronsdraad dienen, tijdelijk desnoods ook wel verzinkt ijzerdraad, 25 à 40 meter lang, gespannen tusschen schoorsteenen op het dak, of van een willekeurig, liefst hoog punt boven een ander huis naar een schoorsteen op het woonhuis van den eigenaar van het toestel. Naar mate men dichter bij het zendstation woont, dat men wenscht te ontvangen, zal men reeds met geringere hulpmiddelen kunnen volstaan. In het algemeen geldt voor een antenne vooral dit eene: zoo hoog mogelijk. Hoogte is belangrijker dan lengte.

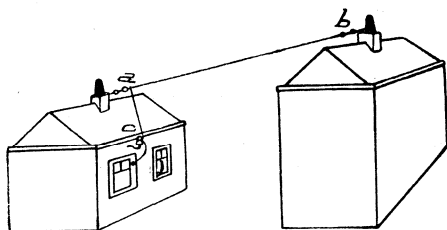


Fig. 1. Hoe men een antenne spant.

Het is onverschillig of men er geïsoleerd of blank draad voor neemt. Blank draad is goedkoper. Gevlochten snoer, zooals men wel eens aanbeveelt, heeft voor een ontvangantenne eigenlijk geen enkel voordeel boven massief draad en het is mechanisch minder sterk.

De dikte van het draad doet er voor de deugdelijkheid der te bereiken ontvangst vrijwel niet toe; men zal dus alleen om redenen van stevigheid niet al te dun draad moeten nemen. Draad van 1 mM. is voor niet te lange antennes stevig genoeg. Met draad van $1\frac{1}{2}$ mM. kan men zeker al een spanning van 100 meter maken. Bronsdraad heeft het voordeel, dat 't minder rekt dan roodkoper.

De antenne-draad moet aan het einde **b** (fig. 1 en 2), dat het verst van het toestel is verwijderd, doodlopen op een isolator. Eén groote ei-, schotel- of balisolator is genoeg. Heeft men slechts

kleine isolatoren, dan verbindt men er eenige met touw, dat in parafine is gedrenkt, achter elkaar (zie fig. 3). Voor de verbinding tusschen de isolatoren is ook ijzer- of staaldraad geschikt, als men er maar aan denkt, dat dit geleidend is en dus zóó moet worden aangebracht, dat de isolatoren werkelijk een onderbreking vormen in de keten.

Van den isolator **a** moet de antenne door een invoerdraad binnenshuis en naar het toestel worden geleid. Die invoerdraad kan óf het verlengde van den antenne-draad zelf zijn, óf een draad, die bij **a** aan de antenne is gesoldeerd. De invoerdraad moet, als hij ergens moet worden afgespannen en bevestigd, ook over

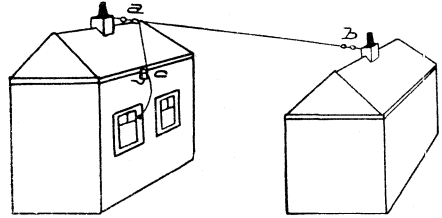


Fig. 2. Hoe het ook nog kan.

isolatoren loopen (zooals bij **c**). Binnenvoering heeft 't gemakkelijkst plaats door een gat in een kozijn, waardoor een glazen buisje is gestoken, liefst naar buiten schuin naar beneden loopende, als voorzorg tegen inregenen. Een geparafineerde pijpsteel vol-

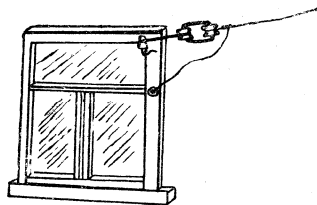


Fig. 3. De invoerleiding.

doet ook. Beter is — ook met het oog op nader te bespreken bliksembeveiliging, — voor de binnenvoering met een muurboor een gat door den steenen muur te slaan, waarin een lange muurisolator wordt aangebracht, met een geleidende kern. Ook een invoer door een gaatje in een glazen ruit is zeer goed.

In 't algemeen is het gunstig als het doodlopend eind der antenne (**b** in fig. 1) tevens het hoogste punt is. Als het niet anders kan, zal echter ook een antenne als in fig. 2 nog wel behoorlijke resultaten geven, beter meestal dan wanneer men te werk zou gaan volgens fig. 4. Zulke heen- en weergangen in een antenne van eenige lengte zijn niet aan te bevelen.

Om zoo krachtig mogelijke ontvangst te krijgen, is het van belang, de antenne zoo hoog aan te brengen, dat zij in elk geval „vrij uitzicht” heeft boven omringende huizen en boomen. Ook is het gewenscht, antenne en invoerdraad nergens over grooten

afstand dicht langs goten of regenpijpen, waterleidingpijpen, gasbuizen enz. te laten loopen.

Bij al deze raadgevingen moet men bedenken, dat het zondigen daartegen nog niet

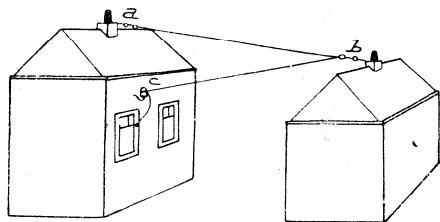


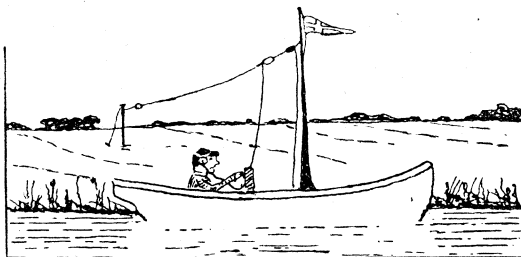
Fig. 4. Hoe het niet moet.

altijd de geheele ontvangst behoeft te bederven. Men kan soms al heel aardig ontvangen door een toestel te verbinden aan een koperdraad, die zonder meer aan de dakgoot is gesoldeerd, hetgeen een „antenne” levert, die heele-

maal niet geïsoleerd is. Maar als men eenige gelegenheid heeft om het betere te maken, dan kiese men toch niet bij voorkeur het slechtere.

Wil men op een tocht met een zeil- of motorjacht onderweg eenig draadloos bericht trachten te ontvangen en is het scheepje niet van dien aard, dat men aan boord zelf een voldoende vaste antenne heeft kunnen maken (op toerjachtjes is de ruimte daartoe meest geheel onvoldoende) dan kan men zich gemakkelijk helpen terwijl men even aan wal gaat. Een isolator, waaraan invoerdraad en invoerzijde van de antenne zijn bevestigd, wordt in den mast geheschen en de op een haspel opgespoelde antenne-draad aan den wal in een weiland uitgelopen en met een isolator in een boom of zelfs aan een in den grond gestoken vaarboom vastgemaakt. Buiten in het open veld geeft zelfs zulk een lage draad dikwijls nog uitstekend effect.

Het gaat 't best, wanneer de draad in de richting loopt van het station, dat men wil ontvangen, liefst althans niet bepaald



Het weerbericht op een motortochtje.

dwars op die richting. Een lange, lage antenne bezit n.l. r i c h t - e f f e c t.

In een later hoofdstuk zullen we nog spreken over de constructie van verschillende vormen van meerdraadsantennes en over andere opvangmiddelen. Voor de in den aanhef genoemde gevallen is de hier aangegeven enkele draad echter absoluut afdoende en met de gegeven aanwijzingen kan worden volstaan, als handleiding om een paar goede bevestigingspunten te zoeken en aan den slag te gaan.

III.

Ontvangst met kristaldetector. — Afstemming. — De spil waarom de radiotechniek draait. — Hoe men afstemming constateert.

In een omgeving van enkele kilometers van een tamelijk sterken zender zal het mogelijk wezen, enkel met een aan de antenne verbonden kristaldetector en telefoon, zonder eenig ander hulpmiddel, ontvangst te bewerkstelligen.

Kristaldetectoren zijn in verschillende uitvoeringen kant en klaar in den handel, dikwijls met kristalhouders, waarin men voor beproeving diverse kristallen kan inzetten. Dit onderdeel is trouwens ook heel goed zelf te maken.

Een goede vorm voor een detector is aangeduid in fig. 5.

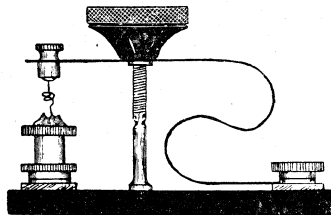


Fig. 5.

Op een grondplankje is een veerend stukje koperblad, gebogen volgens de figuur, met een schroef op een klemblokje vastgezet. Dat blokje draagt tevens een draadklem, waaronder later een verbindingsdraad wordt vastgeklemd. Een ruim gat is gemaakt in de veer, waardoorheen een schroefstangetje steekt, waarop een

ebonieten of houten schroefknop zit, die de veer in een bepaalden stand neerdrukt. Aan het einde van de veer is een koperen dopje vastgeschroefd of gesoldeerd, bijv. een revolver-patroonhuls. En

op de grondplank is een dergelijk dopje aangebracht, op een koperen plaatje, dat weer van een draadklem is voorzien om een tweeden verbindingsdraad te bevestigen.

In de dopjes kan men verschillende kristallen vastsoldeeren, bij voorkeur met de zeer zachte soldeer, die als Wood's metaal in

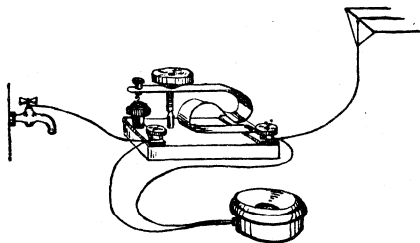


Fig. 6.

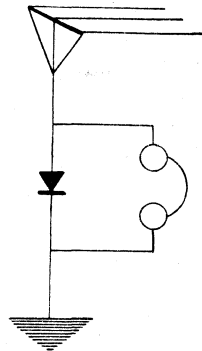


Fig. 7.

den handel is. Wood's metaal smelt al in heet water. Men kan dus een kristal in een dopje vast maken zonder dat de gewone soldeer tusschen dopje en veer of plaatje weer los gaat. Ook is het voor de meeste kristallen niet goed, ze al te heet te maken.

Een der allerbeste detectoren van deze soort wordt verkregen door in het onderste dopje een stukje zinkiet (roodzinkerts) aan te brengen en in het bovenste een stukje koperpyriet (het goudgroen glanzende koperkies). Maar men kan ook nemen: onder zinkiet, boven een potloodpunt; onder loodglans (galena), boven potloodpunt; onder silicon (gesmolten en gekristalliseerd silicium), boven een stalen punt. Tal van andere combinaties zijn nog mogelijk. De verschillende „nieuwe” kristallen van den lateren tijd als Neutron, Sylverex, Idealiet enz., worden meest gebruikt met een zacht daarop drukkend zilver- of gouddraadje. Zeer goede kristaldetectoren uit den handel zijn ook die met een in cilindervorm gebrachte kristal massa, die onder het daarop rustende veertje kan worden gedraaid, zooals de Harlie en de Rotordetector.

Heeft men den detector gereed en een telefoon bij de hand, dan zijn, als men in de buurt van eenig zendstation woont, reeds direct ontvangproeven mogelijk. Fig. 6 geeft de schakeling aan. Men ziet hoe de draadklemmen van den detector worden gebruikt om de telefoon te verbinden en de antenne, en om een geleiding

te maken naar aarde, waarvoor een verbinding met gas- of waterleidingkraan voldoende is.

Legt men eenmaal een vaste aardgeleiding aan, dan moet de draad aan kraan op pijp, of aan een in het grondwater reikende pompbuis of plaat worden gesoldeerd. Voor een voorloopige proef is het omwikkelen van de kraan met een paar slagen van het goed blank gemaakte koperdraad voldoende.

Fig. 6 zal voor ieder duidelijk zijn. Gewoonlijk wordt voor het aanduiden der verbindingen echter een meer eenvoudige schematische voorstelling gebruikt. Die vindt men in fig. 7; deze laatste stelt schematisch precies het zelfde voor als fig. 6; ook zoo'n vereenvoudigde figuur leert men gemakkelijk verstaan.

Houdt men nu de telefoon aan het oor, dan zal men bij eenig draaien aan den knop van den detector reeds telefonie van een naburigen zender en ook de telegrafische seinen van sommige stations zwak kunnen hooren. Men moet eraan denken, dat detector-kristallen bepaalde plekjes bezitten, die gevoelig zijn en dat men door draaien en verschuiven die gevoelige plaatsen moet opzoeken. Daarom is het wel goed, de kristallen niet midden in de dopjes te zetten, maar ietwat excentrisch en één der dopjes draaibaar te laten zijn. Men kan dan gemakkelijk vele verschillende contactpunten probeeren. Een voordeel van de nieuwere, kunstmatige kristallen is, dat ze vrijwel over het geheele oppervlak gevoelig zijn en dus gemakkelijk zijn gevoelig te stellen.

Op de in fig. 6 en 7 aangegeven wijze is het overigens heelemaal lukraak, of men eenige stations zal hooren en welke stations dat zullen zijn.

Zooals wij in hoofdstuk I ter loops opmerkten, werken de verschillende zenders met verschillende golflengten, die gelegen zijn tusschen enkele meters en 25 kilometer. Elke gearde antenne nu, bezit in het algemeen de eigenschap, dat zij het sterkst een golflengte ontvangt gelijk aan ongeveer 4 maal de lengte der antenne. Zij bezit zooals men dat uitdrukt, een eigen-afstemming op een golf van 4 maal de antenne-lengte (evenals een gesloten orgelpijp is afgestemd op een geluidgolf van 4 maal haar lengte). De electriche afstemming eener antenne wordt overigens minder scherp, naar mate de weerstand grooter is en aangezien een detectorcontact steeds vrij grooten weerstand bezit, zal bij plaatsing van een detector in de antenne een onscherp afstemming het gevolg zijn.

Het belangrijkste beginsel, de spil waarom in de radiotechniek haast alles draait, is nu juist het verkrijgen van s c h e r p e a f s t e m m i n g e n, waardoor de seinen in de golflengte, die men ontvangen wil, aan sterkte winnen en de seinen in alle andere golflengten naar verhouding meer verzwakt worden. Zonder dit beginsel zou men met gevoelige ontvangers de seinen van al de duizenden zenders, die gelijktijdig werken, als een chaos door elkaar hooren.

Ten einde nu een antenne, die men toch niet onophoudelijk van lengte kan laten veranderen, afstembaar te maken, kan men haar kunstmatig verlengen met een veranderlijke spoel, waarvan men een willekeurig gedeelte kan inschakelen. De hoeveelheid draad, noodig om een antenne te verlengen voor een bepaalde golflengte, is bij wikkeling van den draad op een spoel veel geringer, dan bij vergrooing der antenne-lengte met dien draad. Dat komt, doordat bij wikkeling op een spoel in sterkere mate een eigenschap van geleiders naar voren treedt, die men z e l f i n d u c t i e noemt. Bijschakeling van een spoel of een deel daarvan komt hoofdzakelijk neer op vergrooing der zelfinductie, iets waarvan we de beteekenis later nader bespreken.

De maat, waarin de zelfinductie wordt uitgedrukt, heet H e n r y, het duizendste deel daarvan m i l l i - H e n r y en het millioenste deel m i c r o - H e n r y. Zoo is de zelfinductie eener honingraatspoel No. 25 ongeveer 50 microhenry, van spoel 300 ongeveer 5000 microhenry en van spoel 1500 ongeveer 145.000 microhenry.

Voor een kristal-ontvanger kan als zelfinductie-spoel zeer goed dienst doen het vroeger algemeen gebruikte spoeltype met g l i j c o n t a c t. Over de constructie van deze en andere spoelen spreken we ook nog in een volgend hoofdstuk. Thans willen we alleen even aangeven, hoe de schakeling wordt voor een toestel met glijspoel-afstemming. Daarbij wordt de detector niet meer in de antenne geplaatst en dus tevens de weerstand van den detector uit de antenne verwijderd. Figuren 8 en 9 geven de schema's voor spoelen met 1 of 2 glijcontacten.

Men kan door verschuiven van het glijcontact, waaraan de antenne is verbonden, aan deze elke verlenging geven, die noodig is om haar met een bepaalde golflengte in overeenstemming te brengen, dus de antenne a f s t e m m e n. Is nog een tweede glijcontact beschikbaar, dan wordt daaraan de detector verbonden.

Het zal dan blijken, dat men daarmee soms ook nog een winst aan geluid kan verkrijgen.

Opgemerkt dient te worden, dat de detector steeds wordt verbonden aan een glijcontact of aan de antennezijde der afstemspoel, de telefoon aan de aardzijde der afstemspoel. De groote massa van het lichaam van den luisteraar, waarmee de telefoon vrijwel één geheel uitmaakt, vormt toch als het ware een extra-aardverbinding. Men laat die nu met de echte aardverbinding samenvallen.

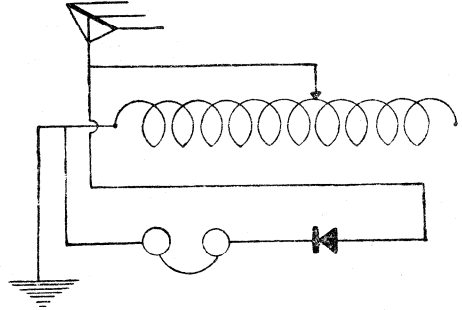


Fig. 8.

Hoe grooter deel der afstemspoel men door het antenne-glijcontact tusschen antenne en aarde inschakelt, des te grooter wordt de golflengte, waarop men afgestemd raakt. In onze figuren wil dit dus zeggen: hoe verder men het antenne-contact naar rechts schuift, des te grootere golflengte.

Voor de ontvangst van een bepaald station levert één zeer bepaalde spoelwaarde op een gegeven antenne de sterkste signalen. Vergroot men de spoel nog méér, dan worden de signalen weer

zwakker. Men kan dus niet maar door willekeurig grootere spoelen de ontvangst steeds sterker maken. Wél zal een grootere, vooral hogere antenne, voor alle golflengten, waarop men afstemt, verbetering geven.

Men moet dus goed in het oog houden, dat de verlenging der antenne met een spoel voor het opvangend vermogen

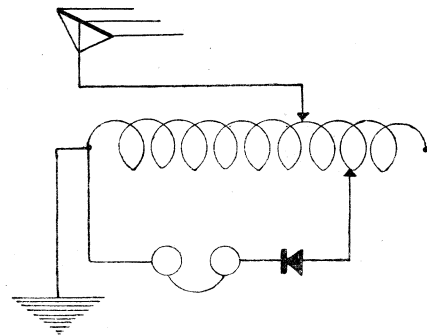


Fig. 9.

niet hetzelfde is als verlenging der antenne zelf. De verlenging met een spoel tot op het punt, waar juiste afstemming wordt verkregen, stelt ons alleen in staat, het opvangend vermogen der gegeven

antenne voor de gewenschte golflengte zoo voordeelig mogelijk te benutten.

Om zeker te weten of men een toestel precies heeft afgestemd, heeft men enkel het antenne-glijcontact te verschuiven tot men het punt van sterkste ontvangst heeft gevonden. Dat is het punt, waar zoowel een vermeerdering als een vermindering van het aantal windingen verzwakking geeft. Men gaat dus enkel op de geluidsterkte af, maar men gewenne zich — ook met 't oog op latere, meer ingewikkelde toestellen — steeds goed te constateeren, dat werkelijk zoowel vergrooting als verkleining der afstemming beslist slechter is. Dan weet men, dat men den juisten stand heeft gevonden.

Een toestel volgens schema 8 of 9 is de eenvoudigste, werkelijk serieuze ontvanger waaraan men practisch inderdaad iets heeft.

Men vindt dadelijk een enorme verbetering in de ontvangst, vergeleken met hetgeen men bereikt met de schakeling van fig. 7. Volgens fig. 8 en 9 te werk gaande, kan men met een passende afstemspoel en zelfs niet zoo heel groote antenne, in geheel Nederland bijv. de telefoniestations Hilversum en Daventry (Engeland) goed verstaanbaar hooren als de kristaldetector goed is gesteld.

Uit den aard der zaak is daarvoor een goede, zeer gevoelige telefoon noodig. Men meene niet, dat men bij een eenvoudigen kristalontvanger ook wel met een niet zoo extra beste telefoon toe kan. De telefoon is hier buitengewoon van belang.

IV.

De onderdeelen voor een kristalontvanger voor Hilversum en Daventry. — Glijcontact-afstemming. — Afstemming door variometer-schakeling.

Voor de samenstelling van een ontvangertje volgens de schema's van fig. 8 of 9 is de glijcontactspoel de hoofdzaak.

Als men nu den eisch wil stellen, dat dit ontvangertje geschikt zal zijn voor de scheepsgolven en voor de telefonie van Hilversum en Daventry, dan beteekent dit, dat het afstemming zal moeten geven op golven van 600, 1050 en 1600 meter. Alle schepen en

kuststations seinen n.l. op golflengten, die nagenoeg 600 meter bedragen; Hilversum werkt op 1050, en Daventry op 1600 meter. Men kan er dan tevens het weerberichtenstation de Bilt mee hooren, dat op 1100 meter werkt.

Uit het reeds besprokene zal intusschen duidelijk zijn geworden, dat de grootte der spoel, die men noodig heeft, mede afhankelijk is van de grootte der antenne, waarop men gaat ontvangen. Rekenen we op een ééndraadsantenne van 25 à 40 meter totale lengte, dan zullen de volgende gegevens voor de spoel kunnen dienen:

Ongeveer 75 meter draad van 0.3 m.M., gewikkeld op een koker van 6 c.M. diameter, gevende ongeveer 400 windingen over 14 c.M. omwonden lengte als de windingen behoorlijk in één laag nauwkeurig tegen elkaar aan worden gewikkeld. Hierbij is gerekend op het gebruik van geëmailleerd koperdraad (niet met zijde of katoen omsponnen) dat voor glijcontact-spoelen het gemakkelijkst is te verwerken.

De kartonnen koker van 6 c.M. diameter, die over 14 c.M. omwikkeld zal worden, wordt 2 à 3 c.M. langer genomen. Waarvoor dit dient, zullen we straks zien.

Het verdient aanbeveling, het karton te voren met schellak-verniss te behandelen, dat isoleerend is en voorkomt, dat het karton later bij vochtig weer vocht zou opnemen, terwijl tevens de koker er harder en steviger door wordt. Droge schellak (bruine schilfers) koopt men bij elken drogist. Die schellak wordt in een fleschje met spiritus gedaan, waarna men het fleschje een dag laat staan; nu en dan kan men het eens schudden. Na een dag is de schellak opgelost. De koker wordt nu met een kwastje met de oplossing bestreken. Men laat alles goed drogen en schellakt dan nog eens, des noods nog eenige malen, tusschentijds telkens latende drogen, totdat de oppervlakte glimmend en hard is geworden. Men droge niet in een te heeten oven. Dan verkoolt de schellak ten deele en wordt geleidend. Parafineeren van den koker door hem een kwartier te laten liggen in gesmolten parafine van hoogstens 100° C., is electricisch nog beter, maar de bewerking is een ietwat vies geknoei.

In het algemeen is een spoel, gewonden op geschellakt karton, op den duur veel beter dan een spoel op een houten cylinder, die altijd trekt, zoodat de er omheen te winden draad na eenigen tijd los gaat zitten. Een koker van eboniet is zeer goed, maar kostbaar.

Een dun laagje schellak, aangebracht over het geheel, nadat de bewikkeling is geschied, kan nuttig zijn om later los gaan zitten der windingen te voorkomen.

Voor den koker worden een paar eindplankjes gereed gemaakt, dat zijn plankjes, waarop cirkelronde klossen zijn aangebracht, die in de kokereinden passen (fig. 10).

De koker zelf wordt omwonden met geïsoleerd koperdraad, waarvoor, zooals wij zeiden, geëmailleerd draad het gemakkelijkst is. Aan beide einden laten we 1 à 1.5 c.M. niet omwonden.

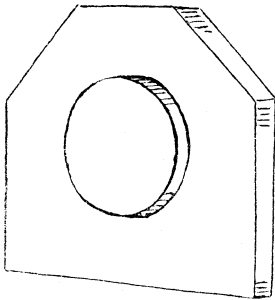


Fig. 10.

Het omwinden kan desnoods uit de hand geschieden, maar het is een heel werk, want de draad moet strak op den koker gebracht worden, alle windingen zoo precies mogelijk naast elkaar in slechts één laag. Gemakkelijker is dus het wikkelen op een draaibank of op een eenvoudigen draadwinder onder medewerking van een helper. Heeft men een helper, dan behoeft men slechts een as door de klossen in den koker te steken en de as tusschen twee blokken hout

vast te zetten, waarna de helper den koker draait met de hand en men zelf den draad strak houdt en op den koker laat loopen.

Bij het begin der wikkeling steekt men het einde van den draad door twee of drie gaatjes, die men in den koker heeft geprikt, 1 à 1½ c.M. van het einde. Het draadeind, dat erbij blijft hangen, neme men niet te kort. Ook bij het einde der wikkeling zet men den draad vast, door dat uiteinde een paar maal door gaatjes heen en weer te steken. Dan wordt de geheele omwikkelde koker nog eenige malen zeer dun geschellakt.

Als de eindplankjes met lijm of schroefjes bevestigd zullen worden, steke men de draadeinden van de wikkeling door gaatjes in de eindplankjes, zoodat later van buiten draadklemmen kunnen worden aangebracht, waaraan de draden worden vastgemaakt.

Thans moeten op de windingen één of meer banen voor glijcontacten worden blank gekrabd. Zulk een baan loopt over de geheele lengte van den koker. Het glijcontact is n.l. een koperen veer, bevestigd aan een busje, dat schuifbaar is langs een koperen lineaal, die evenwijdig aan de spoel op de eindplankjes wordt bevestigd. Voor een kleine spoel als de onze behoeft de koperen

lineaal niet meer dan $\frac{1}{2}$ cM. in het vierkant dik te zijn. De veer loopt met een scherpe ombuiging, die maar één draad tegelijk raakt, over de blankgekrabde baan op de windingen. Het busje,



Met een ontvangtoestel in een handkoffertje.

waaraan de veer is bevestigd, moet eenige lengte hebben om soepel te glijden langs de lineaal. Het busje dient ± 3 maal zoo lang te zijn als de lineaal dik is. Deze lengte van het busje maakt het noodig, de einden van den koper nietomwonden te laten. Anders zou het glijcontact later niet aan weerszijden op de laatste windingen kunnen komen.

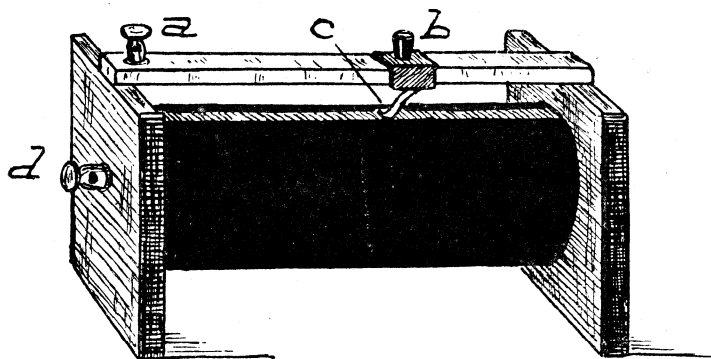
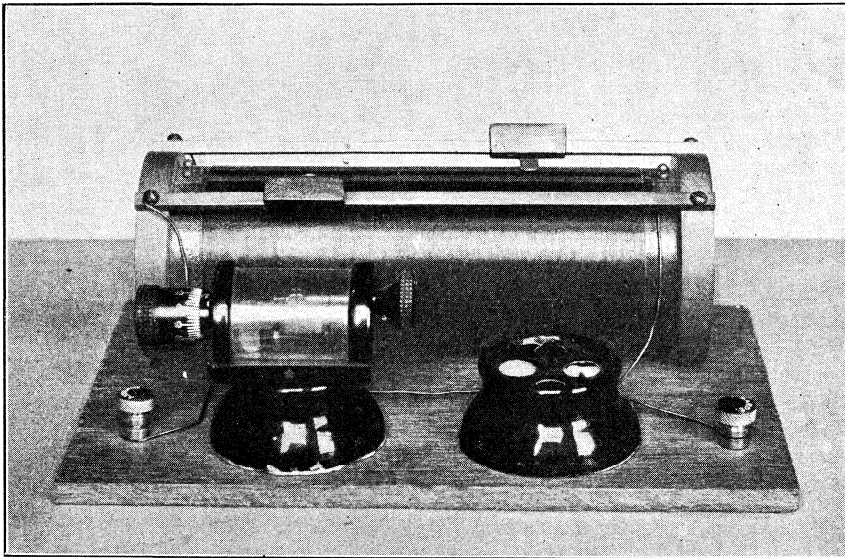


Fig. 11.

Fig. 11 zal de geheele afwerking voldoende duidelijk maken. Men ziet daar ook aan de lineaal of glijstaaf waarover het glijcontact loopt, een draadklem verbonden, die erop geschroefd, of ge-

soldeerd kan zijn. Uit de figuur is wel in te zien, dat als men een antenne verbindt aan **a** en de aarde aan **d**, de stroomen van de antenne steeds het tusschen **c** en **d** gelegen deel der windingen moeten doorloopen. Men kan dus door eenvoudig verschuiven van het glijcontact meer of minder windingen in de antenne-geleiding inschakelen; meer, als men **b** verder naar rechts schuift.

Behalve onze spoel hebben we zeer weinig noodig om het apparaat te voltooien. We kunnen volstaan met de spoel op een grondplankje van 22×14 cM. te monteeren, tezamen met twee draadklemmen voor antenne en aarde en met twee normaal in den handel



Complete kristalontvanger voor telefonie.

verkrijgbare porseleinen steekdozen met 19 mM. busafstand. De telefoon kan dan met een normaalsteker aangesloten worden in de eene steekdoos, en de detector, als die van twee pennen wordt voorzien, in de andere. Er zijn trouwens verschillende detectoren in den handel, die van normaalstekers zijn voorzien. De draadverbindingen tusschen de onderdeelen zijn uit fig. 8 of 9 te zien.

Wil men zich de moeite van het maken eener glijcontactspoel sparen en het toestel liever samenstellen met de tegenwoordig overal in den handel verkrijgbare h o n i n g r a t s p o e l e n , dan

kan men, om met deze onveranderlijke spoelen toch een regelbaarheid der afstemming te verkrijgen, in de eerste plaats als volgt te werk gaan.

Men monteert een spoelhouder voor twee spoelen, die nu ten opzichte van elkaar gedraaid kunnen worden van vlak tegen elkaar aan tot loodrecht op elkaar. In fig. 12 stellen 1-3 en 2-4 de bussen van den spoelhouder voor. Maakt men de verbindingen tusschen de spoelen en met antenne, aarde, detector en telefoon als afgebeeld in het schema, dan zal door draaiing van de spoelen ten opzichte van elkaar de golflengte gewijzigd kunnen worden. De spoelen vormen op deze wijze n.l. samen een variometer. Bij de geteekende verbindingen verkrijgt men, dat de grootste afstemming ontstaat, als de spoelen het dichtst bij elkaar staan en de kleinste als zij het verst van elkaar zijn weggedraaid.

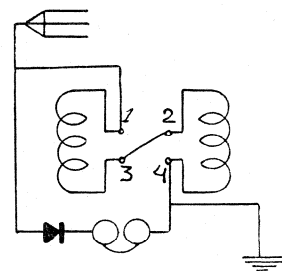


Fig. 12.

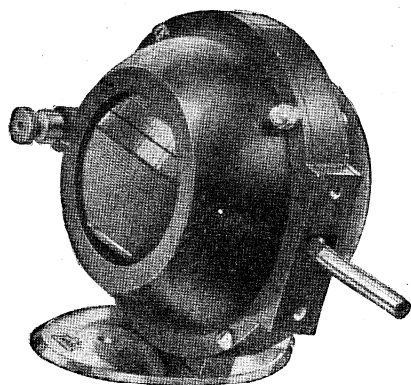
Dat op zich zelf onveranderlijke spoelen door wijziging van stand ten opzichte van elkaar de afstemming kunnen beheerschen, is een gevolg van het feit, dat die spoelen, elk met hun eigen zelfinductie, bovendien — als men ze dan bij elkaar in de buurt brengt en daardoor z.g. met elkaar koppelt — ook wederzijdse inductie bezitten. Doorloopen de stroomen beide spoelen in dezelfde richting, dan telt de wederzijdsche inductie (die grooter is bij sterkere koppeling) zich op bij de zelfinductie. Doorloopen de stroomen de spoelen in tegengestelde richting, dan wordt de zelfinductie met de wederzijdsche inductie verminderd.

Had men de verbindingen dan ook anders gemaakt, n.l. 2 niet met 3 verbonden, maar 3 met 4 en telefoon en aarde niet met 4 doch met 2, dan zou de golflengte door het nader tot elkaar brengen van de spoelen juist kleiner zijn geworden.

In elk geval blijft intusschen het meetbereik, waarover de op deze wijze verkregen afstemming zich uitstrekt, zeer gering.

Veel beter wordt dit met een echten variometer, zooals die in den handel voorkomt en waarbij de twee spoelen zoodanig zijn aangebracht, dat de eene geheel binnen de andere draait. Men kan dan niet alleen de binnenste spoel uit gelijken, gelijkgerichten stand met de buitenste draaien tot onder een rechten hoek, maar

men kan — doordraaiende — de binnenste spoel ook omgekeerd in de buitenste brengen. De twee regelingen, die we zooeven door een omschakeling moesten krijgen, heeft men hier in één. Men



Bolvormige variometer.

maakt door de draaiing in de eene richting de zelfinductie grooter dan die der afzonderlijke spoelen; door draaiing in de andere richting maakt men ze kleiner.

Zooals men op de fotografische afbeelding kan zien, worden de spoelen van fabriekmatig vervaardigde variometers veelal bolvormig gemaakt. De eene spoel zit buiten op den binnenbol, de andere tegen den binnenwand van den buitenbol. De afstand

tusschen de spoelen is daardoor zeer gering, waardoor men regeling verkrijgt over een grooter bereik. Toch is dit bereik wel nooit veel meer dan 1 op 3, dat wil zeggen, dat als men met den variometer bij verbinding aan een bepaalde antenne als kleinste golflengte 600 meter kan afstemmen, de grootste golflengte hoogstens 1800 meter wordt. In prijscouranten vindt men bij variometers gewoonlijk veel kortere golven opgegeven, dan ze in verbinding met een antenne kunnen geven en ook een kleiner bereik dan ze in werkelijkheid bezitten. Een variometer z.g. voor 250—500 meter zal aan een antenne bijvoorbeeld wel 400 tot 1200 geven.

Wil men zelf een variometer samenstellen, dan zal men gewoonlijk de spoelen niet bolvormig kunnen maken, doch cilindrische spoelen gebruiken. Aangezien de kleinste in de grootste moet kunnen draaien, komen de wikkelingen van cilindrische variometerspoelen niet zoo dicht bij elkaar als van bolvormige. Gevolg is een kleiner golflengte-bereik van zeker niet veel meer dan 1 op 2. En daarvoor moeten de kokers voor de spoelen dan zoo nauw mogelijk in elkaar draaien.

Een koker van 6 c.M. diameter en 4.5 c.M. lengte bijv. kan vrij draaibaar worden opgesteld in een anderen koker van 8 c.M. diameter.

Door het midden van beide zal men de as moeten brengen,

lieft in metalen draaipunten, die in den buitenkoker zijn ingelaten en met moeren voor het vastzetten van den binnenkoker. Zie fig. 13. Hierdoor zal een strook van 1 à 1.5 c.M. breedte in het midden van beide kokers onbewikkeld moeten blijven. Bovendien kan men niet vlak aan den rand met de wikkeling beginnen, want dan zouden de windingen er af schuiven. Van de 4.5 c.M. kokerlengte zullen dus niet meer dan 2 ringen van 1.5 c.M. elk voor de bewikkeling overblijven.

Bij gebruik van geëmailleerd draad van 0.3 m.M. zal men niet meer dan 45 windingen op elk van die strooken kunnen brengen. Stel, dat men aldus $2 \times 45 = 90$ windingen op de binnenspoel legt, dan zou de buitenspoel, als men daarop gelijk aantal aanbracht, een grootere zelfinductiewaarde krijgen door den grooteren diameter. Wil men de spoelen gelijk maken, dan wordt dit ongeveer verkregen door de buitenspoel te bewikkelen met evenredig dikkeren draad, (hetgeen minder windingen oplevert). Is, zooals in ons geval, de buitenspoel $\frac{8}{6}$ maal grooter in diameter, dan neme men ook $\frac{8}{6}$ maal dikker draad, hetgeen hier uitkomt op 0.4 m.M., waarvan men ongeveer 33 windingen zal kunnen opleggen op elke omwikkelde strook. De buitenspoel krijgt dan $2 \times 33 = 66$ windingen. Eigenlijk is dit — op deze manier berekend — voor gelijkheid der spoelen altijd iets te weinig.

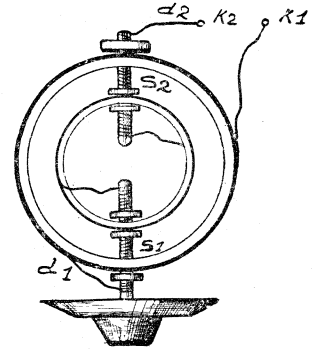


Fig. 13.

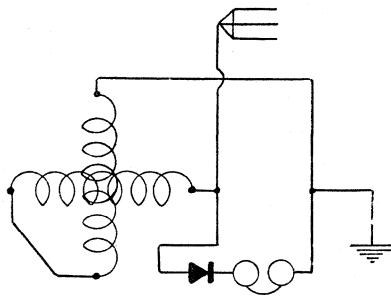


Fig. 14.

Een eenvoudige variometerconstructie van 2 omwikkelde kartonnen ringen toont fig. 13. Noodig zijn 2 schroefstangetjes s_1 en s_2 , elk met 4 moertjes. De binnenkoker wordt met 1 moertje binnen en 1 buiten op deze asjes vastgeklemd. Bij den buitenkoker brengt men alléén aan de buitenzijde moertjes aan, die daar als moer en contra-moer

werken, dus tegen elkaar aan zijn vastgedraaid. De asjes kunnen daarbij vrij in de gaten in den buitenkoker draaien. In dien koker

kunnen een paar schoenringetjes zijn ingelaten als metalen draaipunten voor de asjes.

Deze constructie met een in het midden gebroken as (niet één doorlopende) is gemakkelijk bij het maken der verbindingen. Van den binnenring worden beide einden elk aan één der asjes gesoldeerd, die dus liefst van koper moeten zijn. Het eene eind der stilstaande buitenspoel komt met een snoertje d_1 aan het asje s_1 . Een ander snoertje d_2 voert van s_2 naar een klem k_2 en het overblijvende draadeind van de buitenspoel gaat naar klem k_1 .

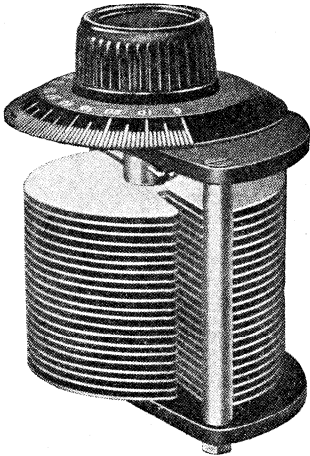
De schakeling in den kristalontvanger heeft plaats volgens schema fig. 14.

V.

Kristal-ontvanger met verwisselbare spoelen en draaicondensator.

— Parallel-schakeling. — Serie-schakeling. — Serie-parallelschakelaar. — Telefooncondensator.

Bij de tot dusver besproken toestellen werd voor de afstembaarheid op verschillende golflengten alleen gebruik gemaakt van spoelen met veranderlijk windingsgetal, of van spoelcombinaties, welke zelfinductie kon worden gewijzigd door verandering van den onderlingen stand der spoelen (variometers).

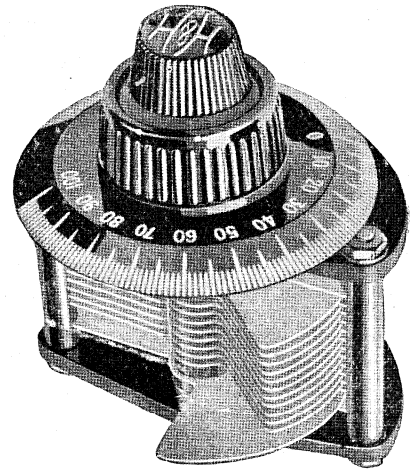


Eenvoudige draaicondensator.

Wij moeten nu allereerst de toepassing van een ander afstemmiddel behandelen, dat in de moderne apparaten een hoofdrol speelt, n.l. de veranderlijke condensatoren. De eenvoudigste vorm van een condensator zou zijn één paar door een isoleerende stof van elkaar gescheiden metalen platen. Als men op die twee platen een batterij zou aansluiten, zouden zij een elektrische lading opnemen, die grooter is naar mate het oppervlak

der platen grooter is en hun afstand geringer; hoe grooter lading zij dan opnemen, hoe grooter hun capaciteit is; (de eigenschap eener spoel, waarop haar werking berust, heet dus zelf-inductie en de eigenschap van een condensator heet capaciteit).

Een veranderlijke condensator bestaat uit een aantal om en om met elkaar verbonden platen, in twee stellen samengevoegd, waarbij de platen van het eene stel tusschen die van het andere kunnen worden gedraaid of geschoven. De meest voorkomende uitvoering is die van den draai-condensator met luchtisolatatie. Inderdaad is luchtisolatatie beter dan eenige andere, al zijn speciaal in kristalontvangers ook de mica-draai-condensatoren zeer bruikbaar.



Kleine draai-condensator met enkele losse plaat aan afzonderlijken knop voor fijnregeling.

De veranderlijkheid van den draai-condensator berust op de wijziging van het werkzaam oppervlak, want de capaciteit wordt nagenoeg uitsluitend bepaald door die deelen van het oppervlak, die recht tegenover elkaar liggen en dat gedeelte wijzigt men door de draaiing. Geleidende verbinding tusschen de twee stellen platen mag in den condensator niet bestaan. Is er wél verbinding, of raken de platen elkaar nu en dan even, dan is er sluiting en moet dit verholpen worden.

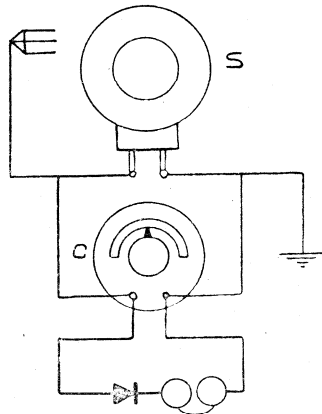


Fig. 15.

Brengt men op de in fig. 15 voorgestelde manier een draai-condensator **C** aan in een toestel met een onveranderlijke spoel **S**, dan kan men enkel door het draaien aan den knop van **C** ook weer het toestel op verschillende golflengten afstemmen. Geheel schematisch voorgesteld, is dezelfde schakeling nog eens weergegeven in fig. 16.

Gebruikt men als spoel een honingraatspoel, of andere soort gemakkelijk uitwisselbare spoel, dan is het golflengtebereik van zulk een ontvanger vrijwel onbeperkt. De condensator geeft in deze schakeling gewoonlijk met één enkele spoel een golfbereik van niet meer dan 1 op 2. Door inzetten eener grootere spoel kan men echter weer grootere golven halen.

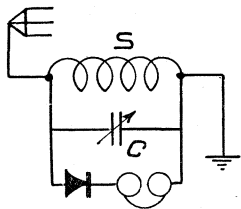


Fig. 16.

De maat, waarin de capaciteit van een condensator wordt uitgedrukt, is de Farad, waarvan het millioenste deel microfarad en het biljoenste deel micromicrofarad heet. De normale 43-plaats draaicondensator uit den handel heeft een maximumwaarde van 1000 micromicrofarad. Andere gangbare grootten zijn de 21-plaats condensator van 500 micromicrofarad en kleinere van 250 micromicrofarad. In ons geval heeft men het meest aan de grootste der hier genoemde.

In ons geval heeft men het meest aan de grootste der hier genoemde.

Wat de verbinding der onderdeelen betreft, merke men op, dat hier weder, evenals in vroegere schema's, de detector aan de antenne-zijde van spoel en condensator is verbonden, de telefoon aan de aardzijde. Dat is voor krachtigste ontvangst van belang.

Verbinding van spoel en condensator als afgebeeld in fig. 16 noemt men *parallel schakeling* van den condensator; deze laatste staat parallel verbonden met de spoel.

Even goed als men met grootere spoelen op langere golven afgestemd raakt, levert ook een grootere waarde van den condensator ons afstemming op langere golven.

Nu kunnen we den condensator ook nog op andere wijze in het toestel schakelen. Die manier is afgebeeld in fig. 17 en wordt genoemd *serieschakeling*. De condensator staat dan in serie met de spoel in de antenne. Ook in dit geval zal de golflengte vergroot worden als de condensator grooter wordt gemaakt. Maar met denzelfden condensator en de zelfde spoel levert fig. 17 golflengten, waarvan de grootste altijd kleiner blijft dan de kleinste die men volgens fig. 16 verkrijgt.

De afstemmingen volgens fig. 16 en fig. 17 sluiten dus, als men gelijke spoel en condensator gebruikt, niet bij elkaar aan; er blijft

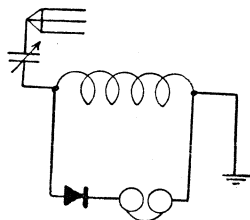


Fig. 17.

altijd een kleine gaping tusschen. Serie-schakeling van den condensator in de antenne zal in 't algemeen worden toegepast voor korte golven. Parallelschakeling komt te pas voor langere golven.

Het zal vaak voorkomen, dat men een condensator op een toestel zoowel in parallel- als in serie-schakeling wil kunnen gebruiken. In dat geval moet een serie-parallel-schakelaar worden aangebracht, waarvoor een dubbel-
polige schakelaar kan worden gebezigd als geteekend in het schema

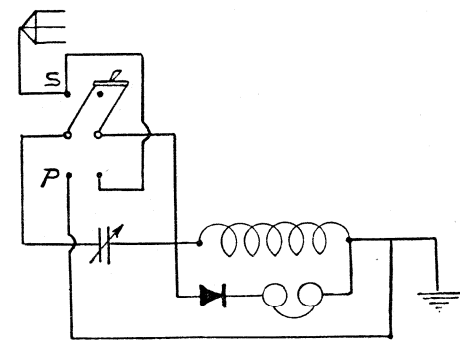


Fig. 18.

van fig. 18 (schakelaar naar s is de seriestand; naar p de parallelstand). Om goed te onthouden, wát serie-schakeling is en wát parallelschakeling, en om ze in een schema dadelijk uit elkaar te kennen, kan men zich den

volgenden regel inprenten: bij serieschakeling moet men door den condensator heen om de spoel te bereiken en die te kunnen passeeren;

bij parallelschakeling kan men zoowel door den condensator als door de spoel passeeren.

Ook een dubbele hefboomschakelaar kan als serie-parallel-schakelaar dienst doen, zooals is afgebeeld in fig. 19. Ook zijn voor dit doel druk- en wipschakelaars in den handel

Voor zelfvervaardiging leent zich bijzonder de hier en in tal van andere gevallen ook bruikbare rol-schakelaar. Het schema daarmede wordt als in fig. 20.

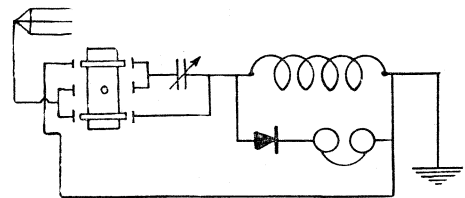


Fig. 20.

De rolschakelaar kan zijn een cilindervormig stuk eboniet of hout (een stuk van een bezemsteel), waarin op regelde afstanden koperen staafjes zijn gestoken, die aan weerszijden iets uitsteken. Men kan er stukjes dik koperdraad (1 m.M. of dikker) voor nemen, die door vooraf geboorde gaten in den rol worden gedreven,

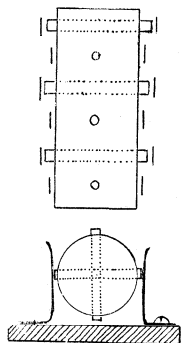


Fig. 21.

zóó, dat ze klem zitten. Fig. 21 geeft aan, hoe één of meer staafjes loodrecht op de andere geplaatst zijn. De rol wordt draaibaar opgesteld en aan weerszijden wordt een rij koperen veertjes bevestigd, die door de koperen staafjes in de rol in een bepaalden stand van de rol worden doorverbonden. Draait men den rol $\frac{1}{4}$ slag, dan raken andere veertjes doorverbonden. Fig. 21 toont een rol met zes paar veertjes. In fig. 20 hadden we er een noodig met slechts 3 paar veeren en met ook slechts 3 staafjes in de rol, waarvan één loodrecht op de beide

andere. Dit is een soort van schakelaar, waarmee men elk willekeurig aantal verbindingen kan maken en verbreken.

Nu wij in dit hoofdstuk hebben kennis gemaakt met het gebruik van een condensator voor de afstemming, kunnen we eraan toevoegen, dat nog een verbetering in de ontvangst kan worden verkregen, door ook een condensator (maar die in dit geval niet veranderlijk behoeft te zijn) parallel met de telefoon aan te brengen. De grootte komt er niet heel precies op aan. Elke normale telefooncondensator uit den handel zal voldoen. Alleen als hij veel te groot is, geeft hij geen verbetering van het geluid, maar een verzwakking en een doffer worden van den toon. In de gebruikelijke maat uitgedrukt, moet een telefooncondensator 1000 à 5000 micromicrofarad zijn.

In fig. 22 geven we nog eens het schema van fig. 16, maar nu met telefooncondensator. Op gelijke wijze kan men hem met voordeel toevoegen aan al de tot dusver behandelde ontvangers. Bij-

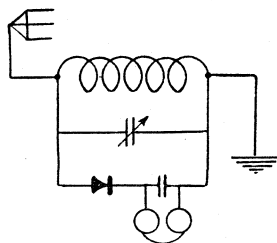


Fig. 22.

zonder belangrijk is de daarmee in een kristalontvanger te verkrijgen verbetering niet, maar een verbetering is het toch.

VI.

Directe en inductieve antenne-koppeling (primair- en secundair-ontvangers. — Storingvrijheid (selectiviteit). — Honingraatspoelen en cilinderspoulen. — Hoogspanningeinde. — Geluidsterkte.

Bij de in de vorige hoofdstukken besproken toestellen is steeds de soort van schakeling toegepast, die wordt aangeduid als *directe antennekoppeling*. Men spreekt ook wel kortweg van toestellen met *directe koppeling* of van *primairontvangers*. De kenmerkende eigenaardigheid daarvan is, dat de detector direct is verbonden met de in de antenne opgenomen afstemspoel.

Ofschoon nu de afstembaarheid van het toestel gelegenheid biedt om de ontvangst voor een bepaald station maximaal sterk te maken, waarbij de ontvangst van alle stations op andere golflengten is verzwakt, is de mate van *storingvrijheid* bij den direct gekoppelde ontvanger nooit groot. Men kan de seinen van verschillende stations lang niet altijd geheel „uit elkaar halen”.

Een verbetering in dit opzicht is te verkrijgen door toepassing van inductieve koppeling, waarbij men dan spreekt van een *secundairtoestel*. Een schema van zulk een toestel is afgebeeld in fig. 23.

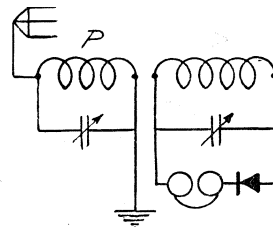


Fig. 23.

Men ziet in fig. 23 hoe de antenne is verbonden aan een spoel **P**, de *primaire spoel*, met primairen condensator, samen aan het andere eind geaard, maar waaraan verder niets verbonden zit. De snelle wisselstroomen, door de op de antenne aankomende ethertrillingen in spoel **P** opgewekt, *induceeren* nu soortgelijke stroomen in de op kleinen afstand geplaatste *secundaire spoel S*.

(Induceeren, inductie, noemt men de afstandwerking, die plaats heeft tusschen twee in elkaars buurt gebrachte stroomkringen, waardoor stroomwisselingen in den eenen kring het optreden van stroomen ook in den anderen kring veroorzaken).

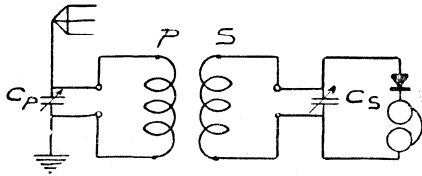


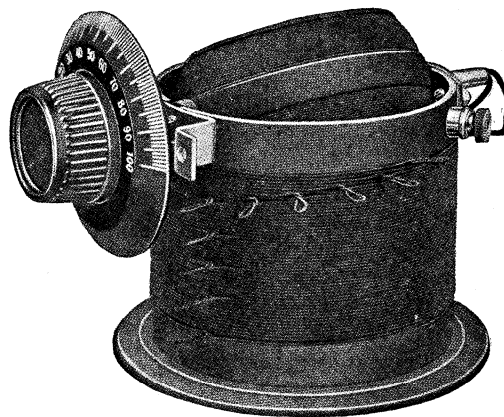
Fig. 24.

Op de secundaire spoel is een tweede draaicapacitor, de secundaire condensator, parallel geplaatst en verder zijn dáaraan detector en telefoon verbonden.

Zulk een toestel laat zich uitvoeren met verwisselbare spoelen als honingraatspoelen, die dan in een 2-spoelenhouder worden geplaatst, zoodat men de primaire dichter of verder van de secundaire kan brengen en daarmee de koppeling veranderen.

Bij de in hoofdstuk IV behandelde variometerschakeling, fig. 12, hadden we ook twee ten opzichte van elkaar beweegbare spoelen. Dáár waren echter de spoelen samen verbonden en werd door wijziging hunner koppeling hun gezamenlijke zelfinductie gewijzigd. Hier in fig. 24 dient de koppeling tusschen de spoelen enkel om energie van de eene aan de andere over te dragen. De spoelen

kunnen nu evenwel ook weer variometer-vorming, draaibaar in elkaar worden opgesteld, waardoor dan ontstaat een variokoppeling, zooals deze in den handel heet. De hierbij gevoegde afbeelding eener variokoppeling toont op de vaste spoel een aantal aftakkingen. Het nut daarvan wordt behandeld in het volgend hoofdstuk.



Vario-koppeling.

De energie-overdracht tusschen de spoelen van een inductieven ontvanger wordt verreweg het sterkst, als de kringen gelijk zijn

afgestemd. En dan worden bij eenigszins losse koppeling de wisselstroomen uit de antenne in de golflengte, waarop is afgestemd, veel krachtiger overgedragen dan trillingen in andere golflengten. De losse koppeling zal dus eenigermate een zeeferking geven.

Bezien we even nader fig. 24 en gaan we na, wat er noodig is om primairen kring en secundairen kring gelijk af te stemmen, dan is het niet moeilijk om in te zien, dat daarvoor als regel spoel **P** kleiner zal moeten wezen dan spoel **S**. In den primairen kring heeft men toch behalve spoel **P** en condensator **C_p** steeds de aanhangende antenne en aarde. Ten opzichte van condensator **C_p** kan men de antenne beschouwen als een verlengstuk van de bovenste plaat en de aarde als een verlengstuk der onderste plaat (zie de figuur). Antenne en aarde vormen samen reeds een vasten condensator van bepaalde capaciteit, die als capaciteit der antenne wordt aangeduid en die zich voegt bij de waarde van condensator **C_p**. Al stelt men **C_p** op nul, dan nog blijft de antenne-capaciteit parallel staan op spoel **P** en heeft men reeds afstemming op een vrij aanmerkelijke golflengte. Zou **S** even groot zijn als **P**, dan zou men met **C_p** op nul — om den sec. kring in afstemming te brengen — aan **C_s** een zeer bepaalde waarde moeten geven, gelijk aan de antenne-capaciteit. Door **S** grooter te nemen dan **P**, komen de kringen meer in overeenstemming met elkaar. Primaire en secundaire condensator zullen evenwel voor gelijke afstemming in 't algemeen niet op gelijke waarden komen te staan. In den primairen kring heeft men de antenne-capaciteit, die is op te tellen bij de condensatorwaarde, en een kleinere spoel; in den secundairen kring de grootere spoel en enkel de capaciteitswaarde van den condensator. Bij deze beschouwing is afgezien van de overigens kleine capaciteit der aanhangende toesteldeelten tegenover aarde en van de capaciteit van het lichaam van den luisteraar, hetgeen men parasitaire — niet controleerbare — capaciteiten noemt, die ten slotte toch ook bij de afstemming een zekere rol spelen.

Als men volgens fig. 24 een inductieven kristal-ontvanger maakt met honingraatspoelen, is het vrijwel volkomen onverschillig, of men het eene of het andere einde der primaire spoel met antenne of aarde verbindt en aan welk einde der sec. spoel detector of telefoon worden verbonden.

Dit wordt anders als men zelfgemaakte cilindervormige spoelen toepast. Men doet dan goed, de opstelling van schema fig. 23 nauwkeurig te volgen. De spoelen zal men in 't algemeen, ten einde ook eenigszins vaste koppeling te kunnen verkrijgen, in elkaar schuifbaar maken, waarvoor de eene kleiner diameter moet hebben dan de andere.

Zooals het schema aangeeft, is de primaire met het aardeinde naar de secundaire gekeerd. Dat is het best, omdat in den antennekring de stroomsterkte het grootst is vlak bij aarde. Op deze wijze laat men dat einde van de primaire, waarin de stroomsterkte het grootst is, op de secundaire werken. Van de secundaire daarentegen is het van de primaire afgekeerde einde met den detector verbonden. Dat is ook voor beste werking het meest gewenscht. Het einde der secundaire toch, dat het dichtst bij de geaarde primaire komt, vormt met de primaire een soort van condensator, waardoor dat einde om zoo te zeggen mede is geaard. Ook de telefoongeleidingen, die verbonden zijn met de vlak bij ons hoofd gebrachte — en dus met ons lichaam een condensator vormende — telefoon, zijn door de capaciteit van ons lichaam min of meer geaard. Men kan dan ook het bedoelde einde der secundaire regelrecht met aarde verbinden, zonder dat dit eenig merkbaar verschil maakt. Het andere, vrije einde der secundaire, dat men wel het hoogspanningseinde noemt, kan daarentegen niet ongestraft geaard worden. Dit moet men zoo vrij mogelijk houden, opdat de daar optredende electriche spanningen onverzwakt op den detector werken.

Deze zelfde regelen moet men in toepassing brengen bij een variokoppeling, als waarvan wij te voren de afbeelding gaven. Daarbij komt aarde aan onderzijde der kleinere, draaibare spoel (antenne aan bovenzijde dier spoel). Verder kan bovenzijde vaste spoel mede worden geaard en komt de detector aan het vrije ondereinde der vaste spoel.

Dat de verschijnselen welke de reden vormen voor deze regelen, bij honingraatspoelen veel minder opvallend, zelfs haast niet merkbaar worden, is een gevolg van de wikkeling. Een uitgesproken hoogspanningeinde vormt zich bij die soort van spoelen niet in gelijke mate, omdat de windingen over de geheele breedte der spoel heen en weer geslingerd liggen. In het algemeen is aan spoelvormen, waarbij zich wél een uitgesproken hoogspanningeinde vormt, de voorkeur te geven.

Behalve uit een oogpunt van storingvrijheid (selectiviteit, selectie = keuze) moeten wij thans de toestellen met inductieve koppeling ook nog even beschouwen, wat geluidsterkte betreft.

Als algemeenen regel kan men wel stellen, dat wanneer bij inductieve koppeling die koppeling zóó los wordt gemaakt, dat de selectiviteit der ontvangst tegenover die van andere stations aanmerkelijk verbetert, ook de geluidsterkte der ontvangst merkbaar geringer wordt dan met een primair-ontvanger.

Daar staat tegenover, dat in enkele bepaalde gevallen, speciaal bij ontvangst van zeer korte golven, de inductieve ontvangst ook uit een oogpunt van geluidsterkte hooger kan staan.

Zooals namelijk reeds werd betoogd, is de antenne behalve als vangdraad, tevens te beschouwen als een onderdeel van de afstemmiddelen, in hoofdzaak als een parallel-capaciteit op de spoel, die in de antenne wordt geplaatst. Het kan dus voorkomen, dat men in een bepaalde antenne, om afstemming te krijgen op een zeer korte golf, slechts een zéér klein spoeltje kan plaatsnemen. In dat zeer kleine spoeltje treden dan bij afstemming wel ook betrekkelijk krachtige stroomen op, maar de spanningen tusschen de einden van het spoeltje blijven gering. En aangezien een detector hoofdzakelijk z.g. „op spanning werkt”, wordt deze toestand voor de detectorwerking onvoordeelig.

Past men in zulk een geval inductieve ontvangst toe, dan kan in den sec. kring een aanzienlijk grootere spoel worden gebezigd, aangezien men de condensatorwaarde aanzienlijk kleiner kan houden dan de waarde der antenne-capaciteit, die in de primaire aanwezig is. Tusschen primaire en secundaire treedt een transformator-werking op, waarbij de spanningen bij vaste koppeling omgekeerd evenredig zijn met de capaciteiten. Zoo kan men in de secundaire hoogere spanningen verkrijgen dan optraden aan de primaire spoel en daarmee een verbeterde detectorwerking

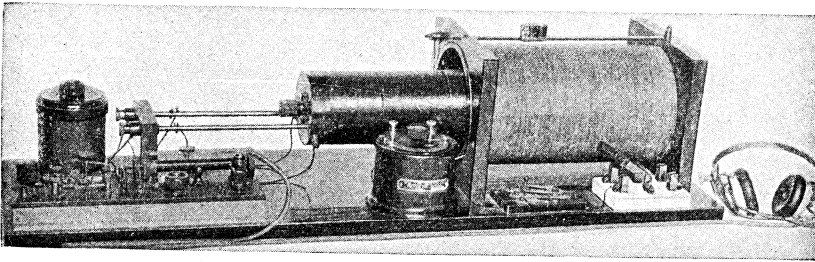
Dit laatste geldt niet alleen voor kristalontvangers, maar ook voor toestellen met lampdetectoren.

VII.

Uitvoering van een inductieven kristal-ontvanger. — Aftakspoelen. — Doode einden. — Afschakeling of kortsluiting. — Hulpspanning voor den detector. — Potentiometer.

Wanneer men een inductieven ontvanger wil samenstellen met eigengemaakte cylinderspoulen volgens het schema van fig. 23, dan zal, indien de spoelen zelf als onveranderlijke spoelen worden uitgevoerd, het golflengtebereik van het toestel altijd tamelijk beperkt zijn.

Nu kan men, wat de primaire betreft, altijd nog weer een glijcontact toepassen en daarmee — al dan niet in combinatie met een draaicondensator — het golfbereik aanzienlijk vergrooten. De hierbij opgenomen foto van een inductieven kristalontvanger laat inderdaad een glijcontact op de primaire zien.



Kristal-ontvanger met inductieve antenne-koppeling.

Voor de secundaire spoel, wanneer die binnen in de primaire moet kunnen worden geschoven voor de koppeling, wordt de toepassing van een glijcontact minder handig. Daarvan kan men dan beter een *aftakspoel* maken.

Voor zulk een spoel met aftakkingen begint men met één der eindplankjes op de spoel vast te zetten en van één of twee schakelaars te voorzien. Zoo'n schakelaar kan men zelf maken door op het plankje (fig. 25) uit **b** als middelpunt een halven cirkel te trekken en op dien halven cirkel tien kleine schroefjes in het hout te draaien (1—10). Bij elk schroefje wordt een gaatje geboord. Nu verdeelt men het te omwinden deel van den koker in tien gelijke afdeelingen. Men zet den draad vast aan de klem **d** en begint één

afdeeling in één laag, net als voor een glijcontact, vol te winden, maar als die eene afdeeling vol is, steekt men den draad door een gaatje in den koker dubbel naar binnen, en daarna door het gaatje bij schroef 1 op het eindplankje, waar de draad wordt blank gemaakt en onder de schroef vastgezet. Dan windt men verder de tweede afdeeling, waarna de draad aan schroef 2 wordt bevestigd, enz. Op een koperplaatje **a b** zit bij **a** een draadklem en **b** wordt het draaipunt van den schakelarm **b c**. Een tusschen **a** en **d** aangesloten stroom doorloopt nu een verschillend aantal afdeelingen, al naar de schroef waarop **b c** is gesteld.

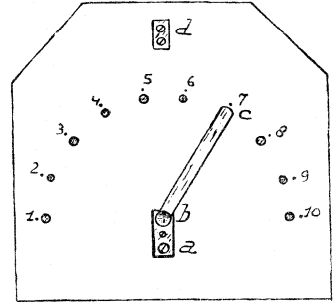


Fig. 25.

Ten einde een fijnere regelbaarheid te verkrijgen, kan men een elfde, nog niet volgewonden afdeeling, zelf nog weer in tien verdeelen en een tweeden schakelaar aanbrengen voor fijnregeling. Om dan te zorgen, dat de gebruikte spoelgedeelten steeds direct in elkaars verlengde liggen, wikkelt men als volgt (de verklaring houdt verband met fig. 26).

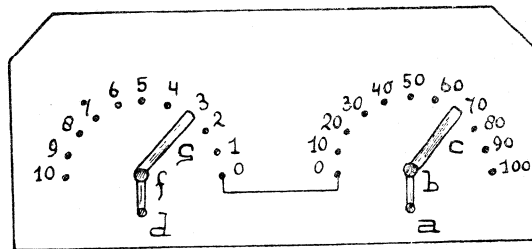


Fig. 26.

Men begint den draad vast te zetten aan schroef 100, wikkelt de grove afdeelingen, waarvan de laastgewundene eindigt op 0 (grof); daarna verbindt men den draad met 0 (fijn) en wikkelt de 10 kleine afdeelingen.

De stroom doorloopt van **a** naar **d** in den geteekenden stand 7 grove en 3 aansluitende fijne afdeelingen. De fijne afdeelingen kunnen wel uit elk 5 windingen bestaan, de grove dan uit elk 50.

Met 550 windingen draad van 0.15 m.M. dikte op een koker van 4.5 c.M. dikte (75 meter draad, omwonden spoellengte ongeveer 10.5 c.M.) krijgt men een zeer bruikbare secundaire, wanneer de primaire de grootte heeft van het in hoofdstuk IV beschreven spoeltje.

Overigens is het niet bepaald noodig, zóó veel aftakkingen te maken als hier beschreven. Voor ons doel zou voldoende zijn bijv. een kleinste afdeeling van 18 windingen, elke volgende afdeeling 2 maal groter, dus 18, 36, 72, 144 en 288 windingen, totaal 558. Een kleine ruimte tusschen opvolgende afdeelingen is dan niet kwaad.

Terwijl bij gebruik van een primaire spoel met glijcontact een primaire draaicondensator kan worden gemist, is voor de secundaire afstemming bij een spoel in aftakkingen steeds een draaicondensator noodig. Deze vormt als het ware de fijnregeling, die de trappenregeling der zelfinductiespoel overbrugt. Een condensator van 500 micro-microfarad is zeer geschikt.

Het schema van het op de foto afgebeelde toestel toont fig. 27.

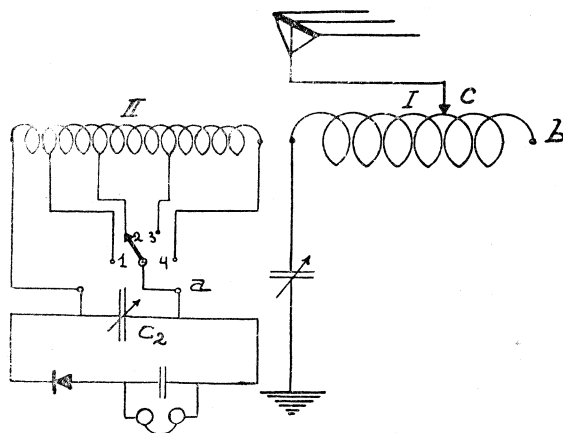


Fig. 27.

Gebruikt men ook primair een condensator, dan kan deze op de vroeger beschreven wijze ook met een serie-parallel-schakelaar worden voorzien.

Men merke op, dat de aftakkingen van de sec. spoel in fig. 27 zóó zijn geteekend, dat de detector weer is verbonden aan het einde, dat het verst van de primaire is verwijderd en dat de schakelaar zit

aan de telefoonzijde. Gebruikt men slechts een deel der spoel, dan moet deze voor gelijke koppeling verder in de primaire worden geschoven. Het detector-eind blijft altijd het volkomen vrijliggende hoogspanningeinde. De kleinste spoelafdeelingen beginnen liefst aan dien kant.

Bij het werken met een toestel als dit begint men met de secundaire spoel geheel in de primaire te schuiven en met condensator C_2 op nul en den aftakschakelaar op 4, een station te zoeken door de primaire afstemming te regelen. Heeft men het gewenschte station hoorbaar, dan haalt men spoel II iets naar buiten, maakt dus de koppeling lossér, en zoekt met den schakelaar en met C_2 ook de detectorspoel precies af te stemmen. Maakt men verder de koppeling nóg lossere, dan moeten zoowel de antennekring als de secundaire kring eenigszins worden bijgestemd. Men zal dan bij losse koppeling bemerken, dat de signalen, waarop men afstemt, slechts zeer weinig zwakker zijn dan met directe koppeling, maar dat alle signalen op andere golflengten door de lossere koppeling veel zwakker zijn geworden.

Een punt, waarover ook nog iets valt te zeggen, is, dat bij ontvangst van korte golven, als men van beide spoelen op het toestel slechts een deel gebruikt, de niet-gebruikte spoel-einden natuurlijk blijven aanhangen aan de trillingsketens. Dit kan soms leiden tot ongewenschte effecten, ook al zorgt men dat die dood-einden niet aan de detectorzijde der sec. spoel komen, wat erger zou zijn. Vooral als de ontvangen golven zóó klein zijn en de gebruikte spoelen zóó groot, dat het ongebruikte einde op zichzelf ongeveer

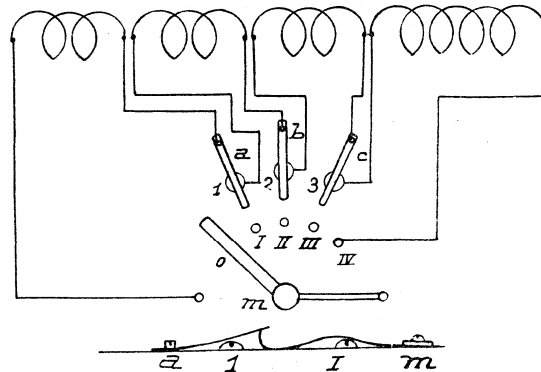


Fig. 27a.

in afstemming komt met de ontvangen golven, kan een groot verlies aan geluid optreden. Dan neemt zulk een spoelgedeelte energie op en dit verzwakt de ontvangst. Dit geldt vooral voor de aanhangende spoelgedeelten in de secundaire spoel.

Ter voorkoming hiervan past men wel schakelaars toe, die of de ongebruikte gedeelten kortsluiten, of de ongebruikte einden afschakelen, zg. *d o o d e i n d - s c h a k e l a a r s*.

Kortsluiting der doode einden kan in fig. 27 gemakkelijk worden verkregen, door bij den secundair-schakelaar knopje 4 te verbinden met **a** en van de primaire het spoeleind **b** met **c**.

Doodeindschakelaars zijn er al talloos bedacht. Een voorbeeld van zulk een schakelaar geeft fig. 27a. De schakelaar maakt hier contact met de verbindingsdraden van de spoelgedeelten door de veertjes **a**, **b**, **c**, die door den schakelarm worden opgelicht. In den ruststand maken de veertjes doorverbindingen tusschen de verschillende spoelgedeelten. Bij het oplichten van een veertje door den schakelaar wordt die doorverbinding verbroken, doordat de veertjes van de knoppen 1, 2, 3 worden afgelicht. Daardoor wordt telkens het niet gebruikte spoelgedeelte afgeschakeld.

Afschakelen van het doode eind is goed, wanneer de te ontvangen golven grooter zijn dan 1.4 maal de eigengolflengte van het doode einde. Zijn de ontvangen golven gelijk of kleiner dan de eigengolf van het doode eind, dan is kortsluiten het beste. Dat wil practisch zeggen, dat men zeer grote doode einden beter kan kortsluiten.

Het groote voordeel van de toepassing van verwisselbare spoelen als honingraatspoelen is, dat daarbij noodwendig steeds de geheele spoel wordt gebruikt en doode einden absoluut vermeden worden. Dan moet men echter ook niet de honingraatspoelen weer van aftakkingen gaan voorzien. Bij die soort spoelen zijn doode einden erger dan bij andere, omdat al de windingen zoo dicht op elkaar liggen.

Sommige kristaldetectoren hebben voor beste werking de toepassing eener kleine *h u l p s p a n n i n g* noodig van een batterij en dat geldt speciaal voor één der meest constante en onontregelbare, n.l. voor den carborundum-detector. *C a r b o r u n d u m* is een kunstmatig in den electrischen oven ontstaande kristallijne stof van zeldzame hardheid. Het komt voor in grijze, blauwe en groenachtige variëteiten, soms zeer fijnkorrelig en vast, soms in

prachtige ruitvormige plaatjes en naalden, die tot één massa zijn samengebakken. De detectorwerking is niet van alle variëteiten even goed. Het grijze carborundum, vast van massa, is het beste. Het wordt gemonteerd door het in een houdertje vast te zetten met soldeer of Wood's metaal (sterke verhitting doet hier géén kwaad) en het met een punt te laten drukken tegen een stijf koperen of stalen plaatje, zooals is afgebeeld in fig. 28.

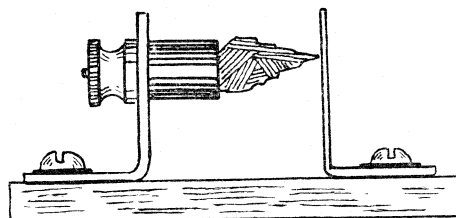


Fig. 28.

Carborundum is, zonder hulpspanning, een buitengewoon ongevoelige detector, die alleen de allerhardste signalen goed weergeeft. Met hulpspanning kan het intusschen in

gevoeligheid aan de beste andere kristaldetectoren nabij komen en dan heeft het 't voordeel, door sterke signalen, noch door schokken of stooten ontregeld te raken.

De toepassing van hulpspanning moet, aangezien het zeer nauwkeurig aankomt op instelling dezer spanning, geschieden met behulp van een z.g. spanningsregelaar of potentiometer. De schakeling vindt men in fig. 29.

Een weerstand **W** is daar aangebracht, waarop een batterijtje (zaklantaarnbatterij bijv., of ook twee in serie geschakelde Leclanché-elementen) kan worden aangesloten door het schakelaartje **S** te sluiten. De telefoon zit bij **a** aan de eene zijde van den weerstand verbonden; op den weerstand loopt een glijcontact **g**, dat in verbinding staat met de aardzijde van de afstemspeel. Tusschen **a** en **S** staat de volle spanning der batterij van 4 of 3 volt. Tusschen **a** en **g** staat echter slechts een deel der spanning, evenredig met het stuk **ag** van den weerstand. Staat **g** geheel op het einde

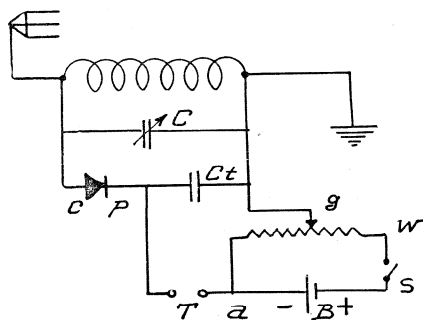


Fig. 29.

met het stuk **ag** van den weerstand. Staat **g** geheel op het einde

bij **a**, dan is de spanning, die aan de leiding geleverd wordt, nul. Schuift men **g** naar rechts, dan stijgt de spanning.

Nu moet bij een carborundum-detector de spanningsrichting zóó zijn, dat het carborundum aan de plus-zijde der batterij ligt. Stelt in fig. 29 **c** het carborundum voor en **p** het plaatje, dan ligt **c** door de afstemspoel heen aan **g**, terwijl **p** door de telefoon heen aan **a** ligt, zoodat **c** positief wordt en **p** negatief. Bij verschuiven van **g** vindt men een vrij scherp bepaald punt voor sterkste werking.

Natuurlijk moet goed gelet worden op de juiste aansluiting van minpool (—) en pluspool (+) der batterij B, geheel als in de figuur. Bij zaklantaarnbatterijtjes is het kleine veertje gewoonlijk de pluspool. Bij natte elementen is de middelste (kool) electrode de pluspool.

De grootte van den weerstand **W** is voor de werking van den potentiometer van geen wezenlijke beteekenis; alleen wanneer tamelijk veel stroom afgenomen moet worden van een potentiometer, dient diens weerstand laag gehouden te worden, maar om de batterij, die op den weerstand kortgesloten staat, niet al te snel uit te putten, dient **W** een vrij groote waarde te hebben; in ons geval is de stroomafname heel gering en past een waarde van 300 à 1000 ohm. Daarbij moet vooral, als het toestel niet gebruikt wordt, de verbinding bij **S** worden verbroken, ten einde de batterij te sparen.

Goede potentiometerweerstand met draaiknopbeweging zijn in den handel. Anders kan men ze maken van geëmailleerd *n i c k e l i n e - d r a a d*. Bij een dikte van 0.1 m.M. heeft dit ongeveer 60 ohm per meter. Windt men 10 meter van dit draad op een rond houtje ter dikte van een potlood, op dezelfde wijze als men een glijcontactspoel zou winden en krabt men een glijbaan blank, dan krijgt men ook een handig weerstandje voor spanningsregelaar. Men make het spoeltje niet te dik, daar het liefst 8 à 10 c.M. lang moet worden om een voldoende fijne regeling met 't glijcontact te krijgen.

Ook een aantal andere kristallen dan carborundum verbeteren in werking soms door eenige hulpspanning (meestal zeer gering). Zinkiet moet dan bijv. aan de *n e g a t i e v e* zijde liggen, in tegenstelling dus met carborundum.

Wij willen erop wijzen, dat een kristalontvanger een apparaat is, dat in gebruik geheel geen kosten meebrengt, alhans wanneer

men een detector zonder hulpspanning bezigt. Een goed kristal gaat onbeperkten tijd mee. Men kan er echter nooit anders dan ontvangst met telefoon op het oor mee verwachten en voor verwijderde stations altijd vrij zwakke ontvangst. Voor een luidspreker levert een kristal practisch nooit voldoende energie. Dan moet men er een lampversterker bij gebruiken.

VIII.

Lampdetectoren. — Gloeidraad, rooster en plaat. — Monteerling van radiolampen. — Verloopfittings. — De instelling der juiste gloeispanning.

Veel sterkere ontvangst en ontvangst van een veel grooter aantal stations dan met een toestel met kristaldetector, is mogelijk wanneer men een z.g. lampdetector gaat gebruiken. Dat gebruik brengt echter mede, dat de ontvangerinrichting duurder wordt van aanschaffing en dat zij ook geld en geregelde zorg voor onderhoud gaat kosten.

Het kristaltoestel, eenmaal voltooid, kost in gebruik feitelijk niets. Dat is met lampen anders. Een lamp kost geld en is breekbaar, zoodat men er ongelukkig mee kan zijn; na 2000 à 2500 branduren is ze zeker dood. Er is als regel een accumulator bij noodig, die gewoonlijk om de maand geladen moet worden, ook al wordt hij niet gebruikt. En dan een zeker aantal zaklantarenbatterijtjes; heel goede soorten leven een jaar of langer, maar ze zijn dan na dien tijd ook uitgeput. Ter contrôle van de batterijen is een goede voltmeter noodig (met de goedkoope zak-voltmeters bederft men droge batterijtjes).

Vandaar dat we, hoeveel krachtiger de lampontvangst ook is, toch een aantal gevallen denkbaar achten, waarin een kristalontvanger practischer blijft. Wie geen goede laadgelegenheid voor accumulatoren in zijn nabijheid heeft, ondervindt daarmee grooten last. Over zelf laden spreken we later nog.

De gewone lampdetectoren zijn z.g. drie-electroden-lampen (trioden). Zij bestaan uit een peer-, of bolvormig glazen hulsel, dat tot een hoogen graad van luchtledigheid is leeggepompt en waarin zich in de eerste plaats een gloeidraad bevindt, die naar twee uitwendige contacten is gevoerd. Dicht bij den gloeidraad bevindt zich een tralie, of rooster van metaaldraad, verbonden aan één uitwendig contact en op grootten afstand van den gloeidraad een plaat, ook met één uitwendig contact.

De lamp heeft dus in totaal vier uitwendige contacten. Gloeidraad, rooster en plaat zijn de drie „electroden” in de lamp. De contacten worden gevormd door uitstekende pootjes aan den voet.

De gloeidraad is als regel een rechte draad, waar een spiraalvormig draadrooster omheen ligt, dat zelf weer is omgeven door een cilindrische plaat.

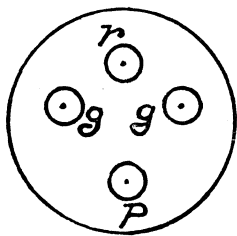


Fig. 30.

Bij de meeste in ons land gebruikte Nederlandsche, Fransche, Duitsche en Engelsche lampen staan de pootjes zoo, dat zij passen in een steekdoos met 4 gaten als afgebeeld in fig. 30. Eén pootje staat wat verder uit het middelpunt dan de andere. Daaraan zit de plaat. Diagonaal er tegenover het rooster. In de lampfitting laat men busjes in de gaten, welke busjes aan de achterzijde van moertjes zijn voorzien om draden aan te verbinden.

De Duitsche lampen hebben voor een deel afwijkende voeten. Sommige (RE 11 van Telefunken) bezitten 4 kleine pootjes in een vierkant. De plaat is aangegeven door een uitstekend nokje van de pertinax-isolatie aan den lampvoet. Diagonaal er tegenover zit het roostercontact. Andere, als verouderd te beschouwen (RE 16) hebben aan den voet 3 stekerpooten en één bus. Aan de bus is de plaat bevestigd. Diagonaal er tegenover weer het rooster. Als fitting heeft men hier 3 busjes noodig en 1 stekerpoot.

Amerikaansche lampen zijn, wat den voet betreft, geheel afwijkend, en zijn ook vrijwel niet in gebruik in ons land.

Bij de inrichting van een toestel voor lampdetector kan dus eigenlijk wel uitsluitend rekening worden gehouden met 't gebruik van lampen, die in de fitting van fig. 30 passen.

Behalve de gewone drie-electrodenlampen worden in Nederland vrij veel ook de z.g. dubbelroosterlampen gebruikt, dat vier electrodenlampen (tetroden) zijn. Daarin is n.l. tusschen den gloeidraad en het gewone rooster nog een hulp-rooster aangebracht. In het algemeen zijn bij die lampen de verbindingen zóó gemaakt, dat zij in de eerste plaats de gewone 4 pootjes bezitten, die dus passen in de fitting van fig. 30, terwijl het hulp-rooster is bevestigd aan een schroefje op de huls van den lampvoet. Men kan daardoor zonder veel bezwaar dubbelroosterlampen gebruiken in toestellen, die voor gewone lampen zijn gemaakt.

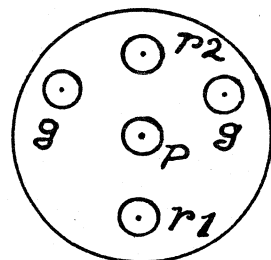


Fig. 31.

De Fransche dubbelroosterlampen (lampes bigrille) en sommige Duitsche (Doppelgitterröhre) hebben geheel afwijkende voeten. Van de fittingen, waarin deze passen, geven fig. 31 (Fransche) en 32 (Duitsche) een beeld.

Wij duiden het hulp-rooster, het binnenste rooster, dat het dichtst bij den gloeidraad **g** ligt, aan met **r₁** en het gewone werksame rooster, dat als buitenrooster kan worden betiteld, met **r₂**. Verder is **p** de plaat. (Bij de Nederlandsche dubbelroosterlampen zit **r₁** aan het schroefje op de huls).

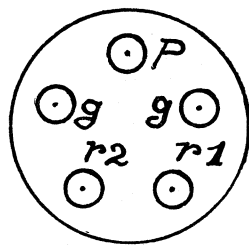


Fig. 32.

Ten einde een buitenlandsche dubbelroosterlamp te kunnen gebruiken in een toestel met lampfittings voor gewone lampen, dient men zich van een verloopfitting te bedienen, die gemakkelijk is te maken van een gewonen lampvoet eener doorgebrande lamp. Hier van geeft fig. 33 een idee. Het contactbusje, waarin in de verloopfitting de pen **r₁** van het hulp-rooster komt te zitten, is verbonden met een klem **k** op de huls der verloopfitting. Verder zijn de busjes aan de corresponderende pennen verbonden. Met behulp van de verloopfitting wordt de daarin gestoken lamp dus feitelijk geheel gelijk aan de gewone Nederlandsche dubbelroosterlamp. (Telefunken maakt zijn dubbelroosterlampen tegenwoordig trouwens ook in Nederlandsche uitvoering).

Het meerendeel der tegenwoordig gebruikte lampen zijn „zwak-gloeiende” lampen.

De oudere helgloeiende bezaten een wolfram-gloeidraad voor een gloeispanning van 3 à 4 volt en gebruikten een gloei-stroom van ongeveer 0.5 ampère.

In de 2de plaats komen hier naast thans de lampen met oxyd-gloeidraad voor spanningen die uiteenloopen van 1 tot 5 volt en stroomsterkten van 0.2 tot 1 ampère.

In de 3de plaats de lampen, die thans de meerderheid vormen, met thorium-gloeidraad (of een daarmee gelijkwaardige) voor spanningen van 1 tot 4 volt en stroomsterkten, die variëren tusschen 0.06 en 0.25 ampère. Deze lampen hebben een spiegelend glashulsel. Er is n.l. een magnesiumspiegel inwendig aangebracht. Het magnesium helpt het luchtledig in stand houden.

Men ziet uit deze globale opgaven reeds, dat de verscheidenheid hopeloos groot is. Waar men vroeger zijn lampen zoo kon kiezen, dat ze de volle 4 volt spanning van een accumulator ver-

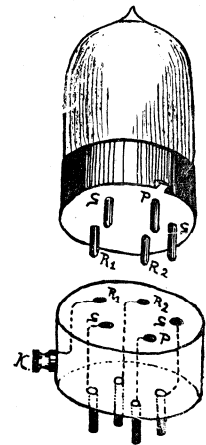
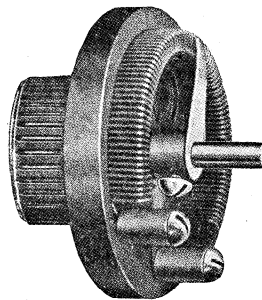


Fig. 33.

droegen en dan zonder tusschenschakeling van weerstand de lampen direct op de accu kon aansluiten, is het thans nooit meer mogelijk, zonder regelweerstand te werken. Wanneer men nog al eens verschillende lampen wil gebruiken, zou men er haast toe moeten komen, op al zijn toestellen voor elke lamp een grooten regelweerstand en een afzonderlijken voltmeter in te bouwen. Dat zou inderdaad het eenige veilige zijn. Het is echter wat al te kostbaar.

We zullen dus enkele aanwijzingen geven, hoe men de gloeistroomregeling practisch uitvoert.

1ste Geval, één lamp. — Het eenvoudigst is het, als werkelijk elke lamp een eigen gloeistroomweerstand heeft. De regelingen zijn dan vrijwel onafhankelijk van elkaar. Wil men alle soorten lampen naast elkaar op 4-volts accu kunnen gebruiken, dus ook zwakgloeiende 1-voltslampen op 4-volts accu, dan zijn regelweerstand van 50 à 60 Ohm noodig. Aangezien men



Gloeistroom-weerstand.

echter voor de laagvoltage lampen wel steeds 2-volts accu of 1.5-volts droge cel zal gebruiken, kan men in 't algemeen met weerstanden van 30 Ohm volstaan.

Absoluut noodzakelijk is het, dat men zich goed op de hoogte stelt van de berekening van den benooidgen weerstand in elk bepaald geval en van de soort voltmeter en de manier van gebruik daarvan, noodig om geen ongelukken met lampen te begaan.

In fig. 34 is een gloeidraad **g** geteekend, die over een weerstand **W** is aangesloten op de batterij **B**.

Laat ons onderstellen een gloeidraad voor 3.5 volt, 0.06 ampère en een pasgeladen accu, die in dien toestand een spanning heeft van 4.2 Volt.

De opgave 3.5 Volt, 0.06 Amp. voor den gloeidraad wil zeggen, dat deze zóó is gemaakt, dat als 3.5 Volt spanning heerscht aan de einden van den draad, ook precies 0.06 Amp. er door gaat en dat — als de stroom 0.06 Amp. bedraagt, ook de juiste spanning op den draad staat. Daar mag men op rekenen. Als men dus enkel maar de spanning meet aan de gloeidraad-einden, dan is de stroomsterkte automatisch in orde.

Nu moet in ons geval de weerstand **W** van de 4.2 Volts batterijspanning een bedrag van $4.2 - 3.5 = 0.7$ Volt wegwerken.

Het spanningsverlies in een weerstand is gelijk aan het product van weerstand in Ohms en stroomsterkte in Ampères. Dus:

weg te werken Volts = weerstand \times stroomsterkte;
in ons geval dus:

$$\text{benooidige weerstand} = \frac{\text{weg te werken Volts}}{\text{stroomsterkte}}$$

en daaruit volgt:

$$W = \frac{0.7}{0.06} = 11.5 \text{ Ohm ongeveer.}$$

Was onze weerstand in figuur 34 een 40-Ohms weerstand, dan zal die bij 0 op de schaal 40 Ohm zijn, bij 30 graden 30 Ohm, 60 graden 20 Ohm, 90 graden 10 Ohm. Instelling van den weerstand op ongeveer 85 graden geeft ons dus de juiste waarde. Alle volgens de gegeven formule te verkrijgen uitkomsten kan men ook direct aflezen uit de grafiek fig. 35.

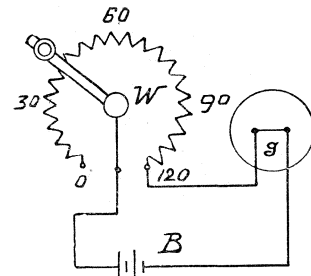


Fig. 34.

Men ziet, hoe deze rekening het mogelijk maakt, als de waarden van den weerstand in verschillende standen nauwkeurig bekend zijn, geheel zonder voltmeter te vinden, wat we noodig hebben.

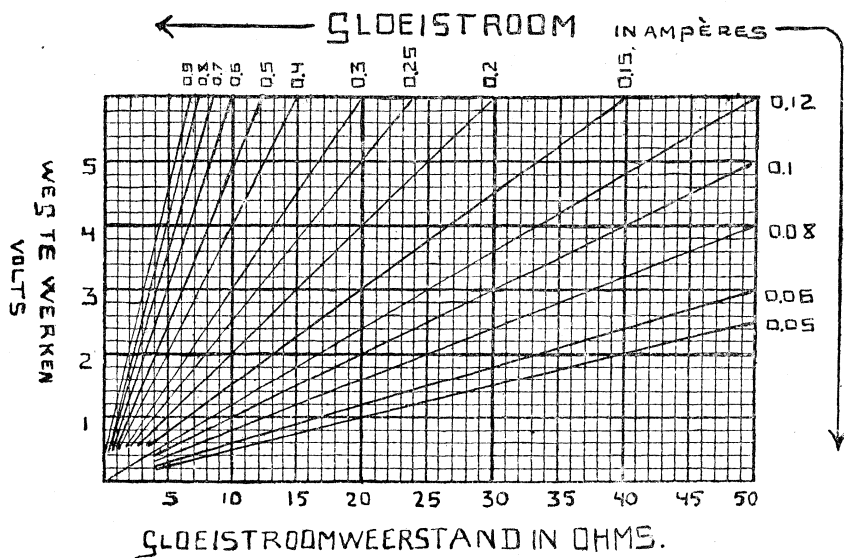


Fig. 35.

2de Geval, lampen parallel op één weerstand. — Parallel-schakeling van lampen op één weerstand als in fig. 36 vereischt in meer dan één opzicht groote oplettendheid. In elk geval kan men enkel lampen voor gelijke spanningen parallel schakelen; ze mogen verschillende stroomsterkten nemen; de spanning wordt evenwel automatisch voor alle gelijk. Is een deel der lampen uitschakelbaar, dan moet men erom denken, dat de weerstand een geheel andere waarde verkrijgt voor elk ander aantal lampen en dat uitschakeling (wegneming of doorbranden) van één lamp, vóódat de weerstand gewijzigd is, de spanning aan de andere lampen te hoog doet oploopen.

Voor de berekening van den benoodigden weerstand geldt precies dezelfde formule als zooeven:

$$\text{benoodigde weerstand} = \frac{\text{weg te werken Volts}}{\text{stroomsterkte}}$$

Hebben we nu in fig. 36 vier gelijke lampen voor 3.5 Volt, 0.06 Amp. en een batterij van weder 4.2 Volt, dan is:

$$W = \frac{0.7}{4 \times 0.06} = \text{ongeveer } 3 \text{ Ohm. (Zie fig. 35).}$$

Ging men nu evenwel drie gloeidraden uitschakelen, zonder den weerstand te veranderen, dan zou men ruim 8 Ohm te weinig weerstand hebben voorgeschakeld voor de eene overgebleven lamp en dan zou deze stellig beschadigd worden. Vóór dat men lampen uitschakelt, moet dus eerst de weerstand worden vergroot.

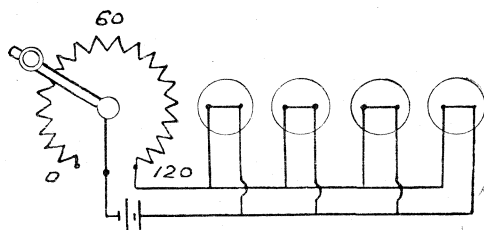


Fig. 36.

Nog erger wordt dit, wanneer één der lampen een lamp is voor veel grootere stroomsterkte en die lamp eens uit de fitting genomen wordt.

Stel, dat I, II en III lampen zijn, die 0.06 Amp. nemen, terwijl lamp IV 0.75 Amp. neemt; ze moeten alle voor d e z e l f d e spanning zijn, die we op 3.5 Volt blijven aannemen. Voor de 4 gelijk-tijdig ingeschakelde lampen zou dan:

$$W = \frac{0.7}{3 \times 0.06 + 0.75} = 0.75 \text{ Ohm ongeveer zijn.}$$

Men ziet hier, hoe de aanwezigheid van slechts één lamp die meer stroom neemt, ten gevolge heeft, dat men bijna den geheelen weerstand moet uitschakelen. Zoo lang de lamp voor groote stroomsterkte meedoet, is dit voor de lampen voor kleine stroomsterkte ongevaarlijk, maar als men die eene lamp zonder meer uitschakelt, of als deze doorbrandt, staan de andere haast op de volle batterijspanning.

Meting met een voltmeter. — Zeer vaak wordt de vergissing begaan, dat men eerst een lamp uit de fitting neemt, een Voltmeter in de plaats zet en dan op den voltmeter de gewenschte spanning instelt, meenende, dat de lamp, als men die nu inzet, ook op die spanning komt te staan. Dit is hierom een vergissing, omdat, zooals we boven reeds zagen, de spanning aan de lamp-fittingen geheel afhangt van de stroomafname.

De vergissing kan nu zeer uiteenlopende gevolgen hebben. Stel men heeft een goedkoop zakvoltmeter van 17.5 Ohm in-

wendigen weerstand. Deze neemt, als hij 3.5 Volt aanwijst, een stroom van $\frac{3.5}{17.5} = 0.2$ Ampère.

In fig. 34 den voltmeter schakelende in plaats van g , wordt $W = \frac{0.7}{0.2} = 3.5$ Ohm.

Neemt men daarna den voltmeter weg en zet men de lamp in de plaats, dan staat deze op veel te hooge spanning, want zooals boven berekend (1ste geval) moest $W = 11.5$ Ohm zijn.

De omgekeerde fout maakt men, als het meetinstrument zeer hoogen weerstand bezit. Zeer veel voorkomend zijn draaispoel-voltmeters voor 10 volt met 1000 Ohm inwendigen weerstand, die bij 3.5 Volt dus $\frac{3.5}{1000} = 0.0035$ Amp. nemen. Sluit men deze,

zonder dat de lamp in de fitting staat, aan, en zoekt men de waarde van den voorschakelweerstand, waarbij de voltmeter 3.5 Volt wijst, dan is $W = \frac{0.7}{0.0035} = 200$ Ohm. Dat wil zeggen, als

men een weerstand van slechts 40 Ohm heeft, lijkt 't alsof deze bijna geheel geen invloed heeft op de spanning aan de lampcontacten. Maar als men de lamp inzet en 40 Ohm voorgeschakeld houdt, werkt die lamp niet, omdat zij bij haar grotere stroomafname op veel te lage spanning komt.

Dit zijn dus twee manieren van meten, die niet deugen.

Als men een Voltmeter wil gebruiken, dan moet men steeds de spanning aan de lamp meten terwijl de lamp brandt, maar dan is bovendien nog voorwaarde het gebruik van een voltmeter met zoo hoog mogelijken weerstand.

Wat gebeurt toch, als we met den bovengenoemden zakvoltmeter van 17.5 Ohm weerstand de meting verrichten aan de in bedrijf zijnde lamp? Bij de juiste spanning wordt dan door de lamp 0.06 Amp. genomen en door den voltmeter 0.2 Amp., samen 0.26. De daaruit volgende instelling van den weerstand W wordt:

$W = \frac{0.7}{0.26} =$ ongeveer 3 Ohm. Als we nu echter den voltmeter

wegnemen, is die weerstand weer veel te klein, want we berekenden straks 11.5 Ohm! Dit wordt veroorzaakt door het groote

stroomverbruik van den meter. Zulk een voltmeter mag alleen maar worden gebruikt, als hij voortdurend ingeschakeld blijft.

Met een hooge-weerstandvoltmeter daarentegen zal bij meting aan de lamp in bedrijf, waarna de voltmeter wordt weggenomen, de fout — al blijft men een kleine fout maken — zeer gering worden. We nemen als voorbeeld weer een meter met 1000 Ohm weerstand.

Voltmeter en lamp samen nemen in dat geval $0.06 + 0.0035 = 0.0635$ Amp. Met deze stroomafname vinden we $W = \frac{0.7}{0.0635} = 11.2$ Ohm, terwijl de juiste boven berekende waarde was 11.5 Ohm.

Had men een meter gehad met grooteren inwendigen weerstand en de meting verricht bij een lamp met grooter stroomverbruik (of bij gebruik van meer lampen parallel) dan zou de fout nog veel kleiner zijn geweest.

Metten met een voltmeter kan dus alleen geschieden op de laatst bedoelde manier op de lamp of **lampen in brandenden toestand met een hoogweerstandvoltmeter aan de lampklemmen.**

Heeft men enkel een laagweerstandvoltmeter, dan moet deze voortdurend verbonden blijven staan.

Men kan echter zonder meting volgens de gegeven formule of met behulp van fig. 35 den voorschakelweerstand gemakkelijk bepalen voor elk voorkomend geval.

IX.

De primaire lampontvanger. — Detectorschakeling met roostercondensator en lekweerstand. — Plaatbatterij. — Terugkoppeling. — Gezichtspunten bij toestelbouw.

Een radiolamp is in de eerste plaats een versterker; alle soorten van trillingen, zoowel de onhoorbare hoogfrequente trillingen, die in de antenne worden opgevangen, als de hoorbare (laagfrequente) trillingen, waarin de detector de hoogfrequente trillingen omzet, kunnen door een lamp versterkt worden weergegeven.

Daartoe moet de kring, die de aankomende trillingen opneemt, worden verbonden met het rooster der lamp, waarna de versterkte trillingen zullen optreden in een met de plaat te verbinden kring, wanneer die plaat althans op een passende positieve spanning wordt gebracht ten opzichte van den gloeidraad. Als plaatspanning komt bij de enkelroosterlampen 40 tot 120 Volt in aanmerking; een voordeel van dubbelroosterlampen is, dat zij slechts 4 à 20 Volt plaatspanning eischen.

Detectorwerking van een lamp wordt eerst verkregen door een bepaalde schakeling, die in het algemeen bestaat in het aanbrengen van een roostercondensator met lekweerstand.

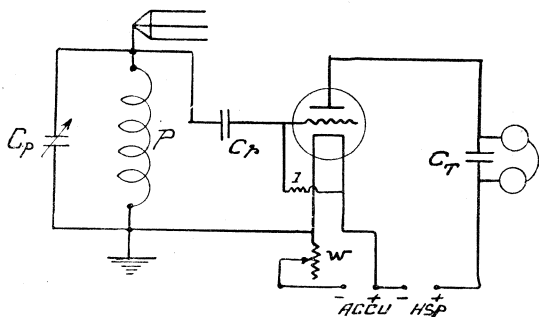


Fig. 37.

De eenvoudigste vorm dezer detectorschakeling is schematisch aangeduid in fig. 37. Tusschen negatieve zijde van den gloeidraad en rooster is de antenne-afstemspoel **P** aangebracht; voor de regeling der afstemming dient de draaicapacitor **C_p**. Voor gelijk golfbereik moeten op dezelfde antenne spoel en condensator geheel gelijk zijn aan die bij kristalontvangst. De detectorwerking van de lamp wordt verkregen door de spoel met het rooster der lamp te verbinden over een kleinen vasten condensator **C_r**, ter grootte van 100 à 300 micro-microfarad. (Heel nauwkeurig komt 't er niet op aan). Om onder alle omstandigheden goede werking te verzekeren, moet die condensator overbrugd worden door een weerstand van zeer aanzienlijke waarde, n.l. 1 à 5 miljoen Ohm. Een goede gemiddelde waarde is 2 miljoen Ohm (= 2 megohm).

In onze schema's zal men den detectorlekweerstand algemeen geplaatst vinden tusschen rooster en positieve zijde van den gloei-

draad. Die weerstand overbrugt dus eigenlijk niet enkel den roostercondensator, ofschoon ook die plaatsing gekozen had kunnen worden. Heel veel onderscheid maakt dit verschil in plaatsing practisch gewoonlijk niet. Daarom hebben wij voor alle schema's de plaatsing gekozen, welke steeds kan worden toegepast.

Het schema bevat verder niets, dat veel toelichting behoeft. **W** is de gloeistroomweerstand, over welks grootte in het vorig hoofdstuk is gesproken. **Ct** is de telefooncondensator (vast) van 500 à 3000 micromicrofarad. Klemmen zijn geteekend voor aansluiting van telefoon en hoogspanningsbatterij, ook wel plaatbatterij of anodebatterij genaamd (anode is de electrode of geleider, waar de positieve stroom binnentreedt, in dit geval in de lamp binnen treedt. Anode beteekent bij een lamp dus niets anders dan: plaat).

Als hoogspanningsbatterij kan men een aantal in serie geschakelde zaklantarenbatterijtjes gebruiken. Deze bezitten per stuk een spanning van ongeveer 4.5 volt. Met 20 in serie maakt men dus een 90-volts-batterij. Voor de serie-schakeling moet men de pluspool van No. 1 verbinden met minpool van No. 2, pluspool No. 2 aan minpool No. 3 enz., totdat alle verbonden zijn en alleen de minpool van het eerste en de pluspool van het laatste vrij blijven. Minpool is gewoonlijk het lange veertje, pluspool het korte. Als men twijfelt, ga men na, welke van de twee aan het buitenste zinkcilindertje van één der celletjes zit; de verbinding aan het zink is negatief (min). De verbindingen tusschen de batterijen maakt men door soldeeren of door speciale, veerende batterijverbinders, die in den handel zijn. De vrij blijvende minpool van het eerste en de pluspool van het laatste batterijtje verbindt men aan de klemmen op het toestel voor — en + hsp.

Complete hoogspanningbatterijen van reeds verbonden celletjes vindt men tot allerlei voltages in den handel. Meestal zijn dan al de cellen tot een blok samengegoten. Voordeel is het nette aanzicht en de geringe omvang van zulk een blok batterij. Nadeel is, dat men defect rakende celletjes niet één voor één kan vervangen, zooals bij een zelf-samengestelde batterij. In elk geval denke men om goede verbindingen.

De lampontvanger volgens schema van fig. 37 is uiterst eenvoudig en de bediening en werking is geheel als van een primairen kristalontvanger; alleen worden de signalen sterker ontvangen.

Men kan intusschen met één lamp schakelingen maken, die nog

véél werkzamer zijn en daarmee naderen we thans tot de toestellen, zooals die meestal worden gebruikt.

In het schema van fig. 37 kan men n.l. in den plaatkring nog een met spoel **P** gekoppelde spoel **T** opnemen, zooals in fig. 38 is

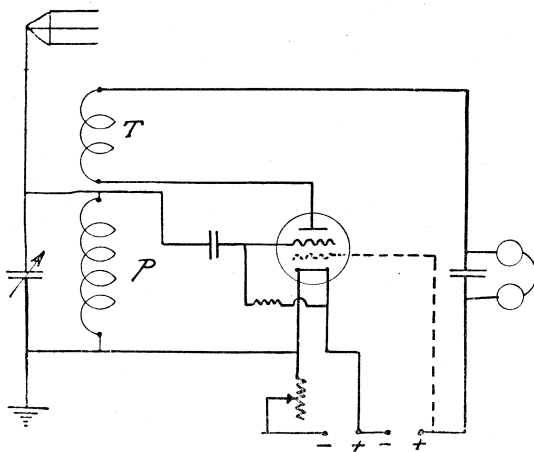


Fig. 38.

geteekend. Door de koppeling wordt van de door de lamp versterkte trillingen in den plaatkring, iets terug gegeven aan den roosterkring, waardoor de trillingen in den roosterkring krachtiger aan den gang gehouden worden dan enkel onder invloed der aankomende ethertrillingen het geval zou zijn. Men noemt dit *t e r u g k o p p e l i n g* en spoel **T** heet **terugkoppelspoel**. Het effect der terugkoppeling is een zeer aanzienlijke extra-versterking, die voor heel zwakke signalen wel op 100-voudig kan worden gesteld.

Gestippeld is in fig. 38 aangegeven het hulprooster, in geval de gebruikte lamp een dubbelroosterlamp is, terwijl de verbinding, die dan van het hulprooster moet worden gemaakt met plus hsp.-batterij, eveneens is gestippeld; dit is dus een verbinding, die bij de Nederlandsche dubbelroosterlampen van \oplus hsp.-batterij naar het schroefje op de huls gaat.

Men zal opmerken, dat op deze wijze een lampontvanger ontstaat met 2 met elkaar gekoppelde spoelen. Toch blijft dit een *p r i m a i r e* ontvanger, als hoedanig wij toch in hoofdstuk VI hebben aangeduid elken ontvanger, waarbij de detector (dat is hier de lamp) direct aan de antenne-afstemspoel is verbonden.

Uit den aard der zaak kan in den primairen lampontvanger de afstemcondensator ook in serie in de antenne worden geplaatst of omschakelbaar worden gemaakt als aangegeven in figuren 18—20.

Ter wille van den beginnenden toestelbouwer geven we in fig. 39 nog een nadere aanduiding van de werkelijke onderdeelen, waaruit

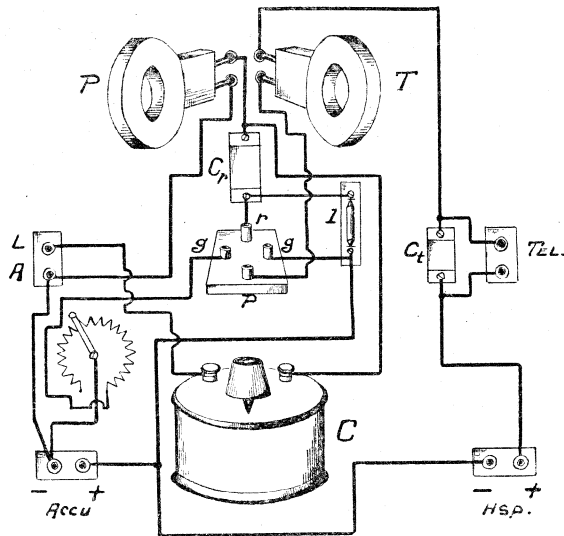


Fig. 39.

het toestel bestaat en van de daartusschen aan te brengen verbindingen. Fig. 40 geeft de daarmee overeenstemmende schematische voorstelling, die in wezen geheel gelijk is aan die van fig. 38, met dit verschil, dat in 39 en 40 de condensator in seriestand is geteekend.

Figuren 39 en 40 geven nauwkeurig aan, hoe bij gebruik van verwisselbare spoelen als honingraatspoelen, de verbindingen met die spoelen moeten zijn om de terugkoppeling op de juiste wijze te doen werken. Om toch de versterking te verkrijgen, waartoe de terugkoppeling in staat is, moeten de stroomen de spoelen op bepaalde wijze doorloopen. Verbindt men het **rooster der detector-lamp aan het bovenste contact van den houder** voor de antennespoel, dan moet de **plaat der lamp aan het onderste contact der andere spoel** worden verbonden. Doet men het andersom, dan treedt door de terugkoppeling verzwakking op in plaats van versterking.

Ook bij verkeerd-om gewikkelde of verkeerd gemonteerde spoelen kan het zijn, dat de terugkoppeling tegenwerkt. Als dit optreedt, terwijl de toestelverbindingen volgens onze aanwijzing *goed* zijn, dan moet de spoel uit den band worden genomen, waarmee hij op den steker vast zit en de spoel op den steker omgedraaid. Het eenmaal goed gemonteerde toestel late men zooals het is.

Voorts is het van gewicht, de antenne te verbinden aan de roosterzijde der afstemspoel en aarde aan de gloeidraadzijde. De batterijen en het lichaam van den luisteraar vormen zooals vroeger

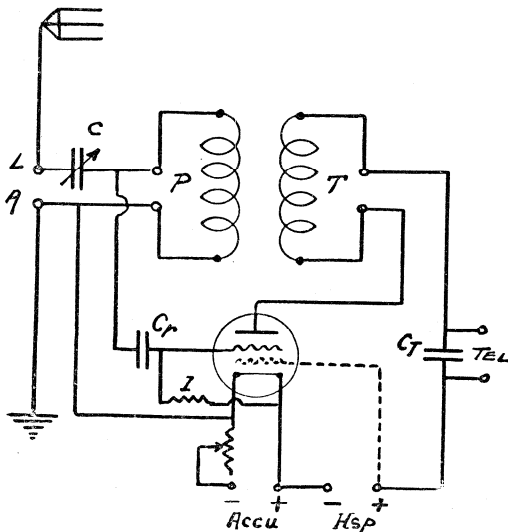


Fig. 40.

al werd opgemerkt, een capaciteit tegenover aarde, waardoor de gloeidraadzijde van het toestel als het ware reeds door een condensator heen is geaard. Men kan daarom altijd beter de antenne aan de andere zijde verbinden.

Men zal verder zien, dat de afstemcondensator, waar die als serie-condensator is geteekend, in de antenne staat en niet in de aardleiding. Bij plaatsing van dien condensator in de aardleiding, zou de toevallige (parasitaire) capaciteit van batterijen en lichaam van den luisteraar er parallel mee komen te staan en elke wijziging dier capaciteit (bijv. door beweging van den luisteraar) de afstemming veranderen.

Deze bijzonderheden komen er bij een lamptoestel met terug-

koppeling veel meer op aan dan bij een kristalontvanger, omdat de terugkoppeling, behalve versterking, een zeer verhoogde scherpte van de afstemming meebrengt.

Hierdoor kan een lampontvanger zich ook onaangenaam gevoelig toonen voor elke nadering met de hand. Het is dan al weer de capaciteit van ons lichaam, die hier verstemmingen doet ontstaan.

De spoelen moet men daarom liefst zoo aanbrengen, dat men er niet voortdurend met de hand vlak bij behoeft te komen (bijv. om den condensator te bereiken). Om dezelfde reden moet ook de lamp zoo geplaatst worden, dat men die niet te veel nadert.

Eén onderdeel is er, dat wèl voortdurend in het bereik moet wezen. Dat is de condensator. De metalen as, waaraan de beweegbare platen zijn bevestigd, loopt bij nagenoeg alle condensatoren door tot in den knop. Men nadert dus met de hand steeds de losse platen. Het is derhalve gewenscht, dat deze niet met het hoogspanningseind van eenigen kring zijn verbonden.

Bij parallel-condensator zorgte men, dat **de losse platen aan de aardzijde**, dat is gloeidraadzijde, van den kring liggen. Als dan ook nog de condensator zoo is gemaakt, dat de losse platen met het overige metalen frame zijn verbonden, heeft men den best mogelijken toestand.

Bij serieschakeling wordt het vraagstuk moeilijker, waar wij reeds ertoe kwamen, den condensator liefst in de antenne te plaatsen. Daar heeft men slechts de keuze tusschen: as en losse platen aan de antenne te verbinden, of aan de roosterzijde der spoel. Het laatste is zeker ongewenscht. Het eenige is daar dus: losse platen aan de antenne. Als men onze serie-parallel-schakelingen nagaat in figuren 18—20, zal men zien, dat inderdaad daarbij steeds de zijde van den cond., die bij parallelschakeling aan aarde ligt, bij serie-schakeling aan de antenne komt. Daarbij is voldaan aan hetgeen hier betoogd werd van alle kwaden het beste te zijn.

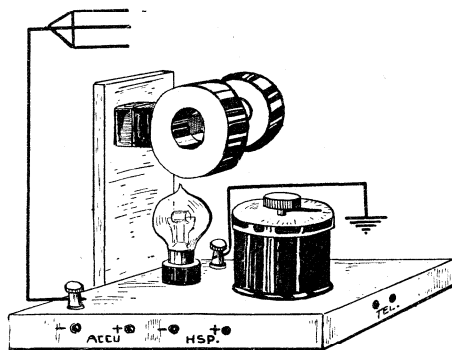


Fig. 41.

Het toestel met parallel-condensator blijft onder deze omstandigheden het minst „capaciteitsgevoelig”. Bovendien geeft parallel condensator een grootter meetbereik en in het algemeen hoogere selectiviteit.

In de figuren 41 en 42 vindt men voorbeelden van uitvoeringsvormen van primair-ontvangers. Het eerste is een voorbeeld van „open bouw”, het tweede een voorbeeld van een frontplattoestel.

Fig. 39 geeft een goede handleiding ten aanzien van de isolatie der afzonderlijke deelen, wanneer men den open bouw op hout toepast.

Als men onderdeelen uit den handel koopt, zijn spoelhouder, draaicondensator, lampfitting, roostercondensator met lekweerstand, telefooncondensator en gloeistroomweerstand in zoodanige uitvoering te kiezen, dat zij reeds uit zichzelf zijn geïsoleerd, doordat de metalen deelen òf op eboniet, òf in houders van isoleerend materiaal zijn aangebracht. Men heeft dan enkel nog de aansluitklemmen en aansluitbussen voor telefoon en batterijen zelf op blokjes eboniet aan te brengen, zorgende dat geen enkel blank metaaldeel, dat stroom voert (en geen enkele blanke draad) ergens het hout aanraakt.

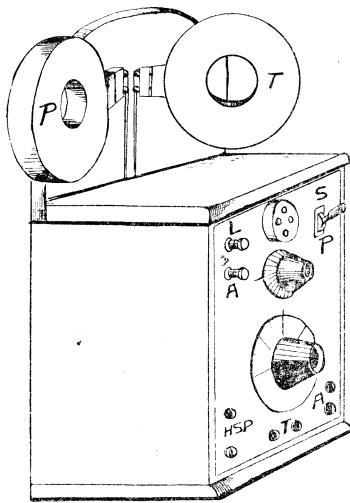


Fig. 42.

plaats heeft, moet zelf van goed isolatie-materiaal zijn, waarvoor kunnen dienen eboniet, radion, zwart celluloid of rulite.

Men zal opmerken, dat in fig. 42, in afwijking van nog veel voorkomend gebruik, de spoelhouder niet op de frontplaat is aangebracht, maar op den verhoogden houten achterwand van het kistje. Dit naar achteren zetten der spoelen heeft ten gevolge, dat men

bij de bediening van den condensator niet met de hand dicht bij de spoelen komt.

Zeer practisch is het, voor de klemmen L en A, voor antenne en aarde, de tegenwoordig verkrijgbare klemmen te gebruiken, die tevens stekerbusjes zijn en ze dan op den normaal-steker afstand van 19 m.M. van elkaar te plaatsen, zoodat men met een normaal-steker op L en A kan aansluiten, bijv. een extra-parallel-condensator, een zeefkring, of een voorschakelapparaat, waarmee de ontvanger inductief wordt gemaakt.

Ofschoon fig. 42 een lampfitting buiten op de frontplaat toont, is het absoluut niet noodig en zelfs heelemaal niet zoo aanbevelenswaardig, de lamp buitenop te plaatsen. Binnen in het toestel is zij beschermd en de tegenwoordige lampen stelt men toch niet in op helderheid van branden van den gloeidraad. Goede isolatie der lampfitting is van het hoogste belang.

Wij merken op, dat de gegeven modellen en aanwijzingen meer speciaal gelden voor ontvangers, bestemd voor gebruik op niet al te korte golven, dus bijv. niet beneden 250 meter. Bij ontvangers voor zéér korte golven komt het sterk aan op uiterst korte verbindingsdraden. De reden daarvan zullen we later leeren kennen. De gewone frontplaatmontage geeft echter steeds aanleiding tot een soortgelijken dradenloop als in fig. 39 voorgesteld, die nu niet juist zoo héél kort is. Bij het maken van een plan houde men in het oog, dat overbodig lange draden steeds minder goed zijn, maar dat ook vermeden moet worden, dat later aan te sluiten snoeren over het toestel heen komen te hangen.

X.

Verschijselen bij lampontvangst. — Het genereeren der lamp. — Ongedempte golven. — Het nulpunt der afstemming. — Telefonie-ontvangst. — Op rand van genereeren. — De Mexicaansche hond. — Het „zoeken” van een telefonie-station.

Het verschil in de ontvangst met kristal of met teruggekoppelden lampdetector zit niet alleen in de grootere sterkte van de signalen

bij gebruik eener lamp, en in de verhoogde afstemscherpte, maar openbaart zich ook in het optreden van verschijnselen, die bij kristalontvangst geheel niet voorkomen.

Wanneer men de terugkoppeling steeds sterker maakt, door de terugkoppelspoel al dichter en dichter bij de roosterspoel te brengen, dan zal, wanneer men dit doet bij telefonie-ontvangst, bij een bepaalden stand der spoelen de telefonie, die eerst al harder en harder werd, plotseling onhelder en verward klinken en veelal een vrij sterke, doorgaande toon er door heen komen. Probeer men dit, terwijl de telefonie even zwijgt, maar de zender toch nog aan den gang is, dan treedt enkel de *d o o r g a a n d e f l u i t - t o o n* op.

Den toestand van het ontvangtoestel, waarbij dit gebeurt, noemt men: *g e n e r e e r e n*, hetgeen beteekent: voortbrengen of opwekken. Zoodra men n.l. de terugkoppeling zoo sterk maakt, gaat de lamp van het ontvangtoestel zèlf hoogfrequente trillingen voortbrengen.

Als men bezig is, het seinen van scheepsstations of kuststations te beluisteren, dan zal men opmerken, dat door de lamp te laten generereen, ook de toon der seintekens onhelder en sissend of brokkelig wordt. In dit geval evenwel wordt het doorgaande fluiten, dat bij afstemming op een telefoniezender optreedt, niet gehoord. Wel kan bij overmatig sterke terugkoppeling gillen der lamp zelf ontstaan, onafhankelijk van elke ontvangst. Daarop komen we nog terug.

Nog een derde ervaring kan men opdoen, als men de terugkoppeling zoo sterk maakt, dat het toestel genereert, en daarna maar eens op goed geluk aan den condensator draait, dus met genereerend toestel het golfbereik afzoekt. Heel waarschijnlijk zal men dan eenige helder fluitende, seinende stations hooren, welker fluittoon van toonhoogte verandert bij het draaien van den condensator en welker seintekens heelemaal onhoorbaar zijn met niet-genererende lamp. Dit is een soort van telegrafie-stations, die men met kristal nooit kan hooren. Ze komen alleen bij gebruik eener genereerende lamp voor den dag.

Deze laatste soort van zenders, welke men alleen met genereerende lamp hoort, zijn stations, die met *o n g e d e m p t e g o l v e n* werken. Ongedempte golven zijn door de detectorwerking alléén niet hoorbaar te maken. Ze kunnen in het ontvangtoestel pas hoorbaar „gedetecteerd” worden, wanneer men er in den ontvanger

trillingen van iets verschillende, maar toch bijna dezelfde golflengte bij voegt. De toonhoogte, waarin men ze dan ontvangt, hangt af van de grootte van het golflengte-verschil tusschen de ontvangen en de bijgevoegde trillingen. Vandaar dat die toonhoogte verandert met het draaien aan den ontvangcondensator; die beweging toch wijzigt de golflengte der bijgevoegde trillingen. Als men goed oplet hoe de toon verandert, dan hoort men terwijl de condensator steeds in dezelfde richting wordt gedraaid, het volgende: eerst is de toon zeer hoog; hij wordt al lager en lager, tot onhoorbaar toe, komt bij verder draaien weer als zeer lage toon voor den dag en wordt dan weer hooger tot boven de grens van hoorbaarheid. Een groot golflengteverschil tusschen aankomende en bijgevoegde trillingen geeft n.l. een h o o g e n toon. Een klein golflengteverschil geeft een l a g e n toon. Daarbij komt het alleen op het verschil aan en doet een bijgevoegde golf, die grooter is dan de aankomende, hetzelfde als een evenveel kleinere bijgevoegde golf. Blijkbaar is het punt waar de toon onhoorbaar laag wordt, het punt waar de ontvanger precies op de aankomende trillingen is afgestemd. Men noemt dit: het n u l p u n t d e r a f s t e m m i n g van een ongedempten zender. De werking der bijgevoegde trilling, waardoor die de aankomende trilling hoorbaar maakt, heet i n t e r f e r e n t i e (verschil-werking) en de ontvangmethode noemt men i n t e r f e r e n t i e - o n t v a n g s t, of ook wel z w e v i n g s o n t v a n g s t, aangezien de optredende hoorbare trilling een z.g. zwevingstrilling is, welke in het algemeen ontstaat door het samentreffen van twee ietwat verschillende trillingen van hooger trillingsgetal.

Dit wat de ontvangst der teekens van ongedempte zenders betreft.

Zenders als die der scheeps- en kuststations, geven, zooals wij opmerkten, signalen in een eigen toon (rolvonk, knettervonk, fluitvonk) maar geven bij ontvangst met genereerende lamp géén interferentietoon, doch alleen een verbrokkeling van het signaal of sissend geluid. Deze zenders geven dan ook geen ongedempte, maar g e d e m p t e t r i l l i n g e n, die enkel door de detecteering al hoorbaar worden en waarbij een bijgevoegde trilling van een genereerend toestel in het algemeen geen goed doet.

Hoe doet zich nu voor, hetgeen een telefoniestation uitzendt? Bij t e l e f o n i e merkten we twee verschijnselen op, als we genereerend ontvingen. Er ontstond een àn houdende, fluitende inter-

ferentietoon als van een ongedempten zender, die een eindeloozen streep geeft; en de telefonie-geluiden werden brokkelig en verward, evenals de seintekens van een gedempten zender. Het is dus, alsof men hier de eigenaardigheden van gedempte en ongedempte trillingen gecombineerd aantreft. En inderdaad is er ook zoo icts aan de hand. Een telefoniezender zendt werkelijk een dóórgaande ongedempte trilling uit, die men de draagtrilling noemt. In die draagtrilling zijn door bespreking met een microfoon variaties aangebracht, in overeenstemming met de geluidstrillingen. Die variaties noemt men de modulatie van de draagtrilling. Terwijl nu de draagtrilling ongedempt is en door detecteering alléén, zonder bijvoeging eener hulptrilling, niet hoorbaar wordt, gedraagt de modulatie zich als een gedempt trillingsverschijnsel, dat door detecteering alléén wél hoorbaar wordt en door bijvoeging eener hulptrilling bedorven.

Uit deze beschouwingen zal duidelijk zijn, dat **een lampontvanger voor telefonie-ontvangst beslist niet mag genereeren**. Maar tevens staat vast, dat men van een ontvanger met terugkoppeling alleen zeker weet, dat die geheel in orde is, wanneer men dien tot genereeren kán brengen. De sterkste ontvangst wordt toch verkregen zoo dicht mogelijk vóór het punt waar genereeren optreedt, dat is: **Op den rand van genereeren**. En een toestel, dat niet tot genereeren is te brengen, blijft vermoedelijk ook van den rand van genereeren een heel eind vandaan.

Als vaste regel geldt dus wel: de ontvanger met terugkoppeling moet kunnen genereeren, maar mag niet genereerend worden gebruikt voor telefonie.

Behalve dat de inachtneming van dien regel van belang is voor de eigen ontvangst, is het ook zaak, zich aan de tweede helft ervan strikt te houden, ter wille van anderen. Een genereerend ontvangtoestel toch, vooral een genereerende primair-ontvanger, zendt de in het toestel zelf opgewekte trillingen ook in de antenne en werkt daardoor als een kleine zender, die ongedempte trillingen uitzendt in zijn omgeving. Die trillingen, in een genereerenden ontvanger opgewekt, worden dus door naburige antennes ook opgevangen en werken in de toestellen van burenen als „bijgevoegde” trillingen, waarover we zoeven spraken. Dat wil zeggen: ze bedorven ook bij de burenen de ontvangst der telefonie. Een genereerend toestel van een buurman verwekt hevige giltonen op alle toestellen in

het rond. Dat is: de gillende buurman, de Mexicaansche hond, of hoe men hem nog meer wil noemen.

Waar nu een lampontvanger, als men hem maar niet laat genereeren, in onschuldige ongevaarlijkheid voor de omgeving geheel gelijk staat met een kristaltoestel en in elk geval toch veel meer effect geeft dan dit laatste, doet zich de vraag voor, waarom het ooit noodig is, hem tijdens het werken tot genereeren te brengen? Kan men niet een stuitje maken aan de terugkoppelspoel, zoodat die niet verder kan dan tot den „rand“?

De onmogelijkheid daarvan berust op het feit, dat het genereeren van een zelfde toestel niet steeds en niet voor alle golflengten bij dezelfde mate van terugkoppeling optreedt.

De regel is, dat het genereeren moeilijker gaat, naar mate men voor de afstemming de verhouding van capaciteit tot zelfinductie grooter maakt. D.w.z. groote condensator en kleine spoel genereert moeilijk, groote spoel en kleine condensator gemakkelijk.

Gaat men met een primair-ontvanger probeeren steeds kortere golven te ontvangen, dus kleinere primaire spoel te nemen, dan genereert het toestel met parallelcondensator heelemaal niet meer, al staat deze op nul. Dat komt, doordat de antenne-capaciteit alléén, dan in verhouding tot de spoel al te groot is. Men kan met serie-condensator in de antenne tot kleinere golflengte afdalen, maar ook daarbij is er een grens, waar het primaire toestel het opgeeft. Andere toesteltypen dáárvóór bespreken we later.

Voor het oogenblik constateeren we alleen, dat in het algemeen regelbaarheid der terugkoppeling, zóó dat genereeren k a n worden opgewekt, moeilijk is te missen.

Bovendien is het verleidelijk, een toestel te laten genereeren, vooral bij het z o e k e n n a a r z w a k k e t e l e f o n i e.

Met zwak genereerende lamp toch komt in elk geval de draaggolf van een zwak telefoniestation tot hoorbaarheid. Heeft men eenmaal de draaggolf, dan kan men op het nulpunt afstemmen en daarna door het uit genereeren brengen van de lamp (de lamp laten a f s l a a n, noemt men dat) de modulatie hoorbaar trachten te maken.

We krijgen op die manier de volgende zoekmethode:

1. Breng de lamp tot zwak genereeren. (Men constateert dien toestand door de n a t t e - v i n g e r p r o e f; als men n.l. de draai-condensator klem, die aan den roostercondensator is verbonden,

met den vinger aantikt, dan zal, als de lamp genereert, in de telefoon een dof klokkend geluid optreden). Draai den condensator, terwijl de lamp genereert, totdat de gezochte draaggolf hoorbaar wordt. Draai nu den condensator tot in het nulpunt en verzwak g e l i j k t i j d i g de terugkoppeling, tot de lamp afslaat. Dan zal de telefonie zuiver doorkomen. Brengt men eerst den condensator in het nulpunt en laat men d a a r n a de lamp afslaan, dan is gewoonlijk achterna een kleine vergrooing van den condensator noodig voor juiste afstemming. De terugkoppelspoel heeft toch capaciteit tegenover de roosterspoel. Die capaciteit beïnvloedt de afstemming; zij wordt door verder wegdraaien der terugkoppelspoel verkleind; dit moet dan gecompenseerd worden.

Bij ontvangst van korte-golftelefonie (250—500 meter) is voor het zoeken een f i j n r e g e l i n g o p d e n c o n d e n s a t o r feitelijk onmisbaar. Over de verschillende vormen van fijnregeling vindt men aanwijzingen in een later hoofdstuk.

De onder 1^o beschreven zoekmethode is het vrijwel algemeen gevolgde systeem. Het bezwaar is, dat zoolang men genereerend z o e k t, alle naar hetzelfde station luisterende bureu (soms tot op honderden meters afstand) gestoord worden, doordat het genereerende toestel trillingen uitzendt. Het gevolg is vaak, dat die anderen ook aan hun toestel gaan draaien, het expres of bij ongeluk ook aan 't genereeren brengen, ook weer aan het „zoeken” gaan, en dat men op die manier langen tijd elkaar het luisteren onmogelijk blijft maken.

Voor het instellen op eenigszins sterke telefonie is daarom het z o e k e n z o n d e r g e n e r e e r e n gewenscht:

2. Men oefent zich in het gelijktijdig bedienen van condensator en terugkoppelspoel, zoodanig, dat men het toestel steeds dicht bij den rand van genereeren houdt, zonder het ooit tot genereeren te brengen. Men kan dan het geheele bereik afzoeken, terwijl het toestel in voldoende gevoelige conditie blijft om eventueele telefonie hoorbaar te maken, zonder dat men de draaggolf behoeft te hooren. Zoodra men de telefonie maar zwak hoorbaar heeft, is het niet moeilijk meer, door juiste afstemming de sterkste ontvangst in te stellen. De terugkoppeling wordt dan niet sterker gemaakt dan tot op het punt, waar het geluid nog geheel zuiver blijft. Ook vóórdat genereeren intreedt, geeft een te sterke terugkoppeling toch eenige v e r v o r m i n g, die vooral bij spreken merkbaar wordt aan een zekere h o l h e i d der klanken. Terugkoppeling tot

op den uitersten rand van genereeren toch, geeft wel nog versterking, maar een versterking, die de lage tonen naar verhouding krachtiger maakt dan de hoo g e. Wanneer de telefonie een sterkte heeft, die het niet noodig doet zijn het alleruiterste uit het toestel te halen, kan men betere kwaliteit behouden, door den rand van genereeren niet al te dicht te naderen.

Wie dit alles rustig leest en in zich opneemt, om het daarna aan de practijk te toetsen, zal bemerken, dat hij bijv. Daventry en Hilversum steeds kan opzoeken zonder genereeren.

Teeken verder de instelling van het toestel voor verschillende, eenmaal gevonden stations aan op een lijst, die bij het toestel hangt. Dan zal het „zoeken” de volgende keeren in elk geval tot een minimum worden beperkt.

XI.

Moeilijk genereeren van een toestel. — Doode gang in de terugkoppeling. — De juiste grootte der terugkoppelspoel. — Afgestemde terugkoppeling. — Gillen der lamp. — Extra terugkoppelspoeltje.

Eén der belangrijkste voorwaarden voor de goede werking van een ontvangtoestel is, dat het zich soepel en geleidelijk tot de grens van genereeren laat brengen zonder „drempel”.

„Zonder drempel” wil zeggen, dat de overgang in genereeren zacht moet plaats hebben, zonder „klap” in de telefoon en dat op hetzelfde punt van koppeling afslaan en aanslaan plaats heeft. Soms kan daaraan wel wat haperen. Men zal dan bemerken, dat bij sterker maken der terugkoppeling de lamp plotseling, zonder geleidelijken overgang, met een klokkend geluid in de telefoon tot genereeren overgaat, terwijl, als men de lamp dan door terugdraaien der terugkoppelspoel weer uit genereeren wil brengen, die spoel een heel eind verder teruggebracht moet worden dan waar het genereeren begon. Men heeft dan d o o d e n g a n g in de terugkoppeling, hetgeen hetzelfde beteekent als de aanduiding d r e m p e l. Onder deze omstandigheden is een fijne instelling op krachtigste versterking niet goed mogelijk, want als men de teurg-

koppeling dicht bij genereeren brengt, kan een plotseling sterk signaal het genereeren inleiden, dat daarna zonder terugbrengen der spoel niet vanzelf ophoudt.

Eenige der meest voorkomende oorzaken van dooden gang zijn:

te lage gloeispanning;

te lage of te hooge plaatspanning;

te groote roostercondensator;

te groote lekweerstand of veel te kleine lekweerstand; vochtige spoelen of spoelen met veel weerstand of andere verliesoorzaken;

te groote terugkoppelspoel;

slechte contacten in den condensator;

defecte lamp.

Moeilijkheden met de terugkoppeling kunnen trouwens, zooals we in het vorig hoofdstuk reeds opmerkten, vooral bij een primairen ontvanger ook nog door andere oorzaken ontstaan. Wanneer men voor de te ontvangen golflengten op betrekkelijk groote antenne kleine spoelen moet gebruiken, kan het zijn, dat 't apparaat niet, of heel moeilijk tot genereeren is te brengen, omdat kleine spoelen te weinig koppeling geven. Men is dan geneigd, de remedie te zoeken in een groote terugkoppelspoel, waardoor, zooals boven vermeld, evenwel doode gang kan ontstaan.

De grootte der terugkoppelspoel is in dit verband een onderwerp, waarbij wij even moeten stilstaan.

Men zal reeds hebben opgemerkt, dat de terugkoppeling in de aangegeven schema's geen afgestemden kring vormt. Een feit is, dat men door het plaatsen van een draaicondensator parallel op de terugkoppelspoel en het brengen van dezen kring in de buurt der afstemming soms genereeren kan verkrijgen onder condities, waaronder dit anders niet wil. Dan treedt echter zeer vaak het genereeren ook al op zonder eenige koppeling tusschen de spoelen. Dit genereeren door afstemming van den plaatkring is een verschijnsel, dat we nog herhaaldelijk zullen ontmoeten als een last in meerlampstoestellen. Ook in den éénlampsontvanger is het voor algemeen gebruik niet aanbevelenswaardig, omdat het zoo moeilijk volkomen is te beheerschen. De experimenteerder kan er wel eens iets bijzonders mee bereiken, maar dat is iets anders dan een aanbeveling voor algemeen gebruik.

Een veel te groote terugkoppelspoel nu, werkt geheel als een op één bepaalde golf afgestemde terugkoppelkring. Zulk een spoel

bezit toch altijd behalve haar zelfinductie ook een zekere eigen capaciteit, omdat de windingen onderling kleine condensatortjes vormen. Vandaar dat elke spoel een eigen afstemming heeft, even alsof er een condensator parallel stond met de zelfinductie. Bij het afstemmen van een toestel met een groote terugkoppelspoel kan het zich dus voordoen, dat de antenne-afstemming in de buurt komt van die der terugkoppelspoel en dat plotseling een niet beheerschaar genereeren ontstaat. Dicht in de buurt der spoel-afstemming ontstaat doode gang.

Het is dus duidelijk, dat in het algemeen de terugkoppelspoel niet zóó groot mag worden genomen, dat haar eigen afstemming in de buurt kan komen van de golflengte, die men wil ontvangen. Geheel veilig gaat men, als de terugkoppelspoel nooit grooter dan de roosterspoel wordt genomen. In den primairen ontvanger kan bij uitzondering een spoel van één nummer grootere maat nog als terugkoppeling dienen.

Een terugkoppeling met te groote spoel of die door al te dicht bij elkaar gebrachte spoelen te sterk wordt gemaakt, kan tot een verschijnsel voeren, dat als gillen van de lamp bekend staat. Men hoort dan in de telefoon een krijschenden toon als van een zeer sterken ongedempten zender. Het heeft echter niets met werkelijke ontvangst te maken. Het ontstaan van dit gillen moet men zich als volgt voorstellen. Als de lamp trillingen ontvangt, geeft dit aanleiding tot negatieve ladingen van het rooster; laat men de lamp zelf trillingen opwekken, dan is dit zelfde het geval. Nu zullen negatieve ladingen van het rooster den stroom in den plaatkring kleiner doen worden. De lekweerstand op den roostercondensator dient juist om te zorgen, dat zich geen te groote ladingen op het rooster ophoopen, die den plaatstroom geheel zouden afsnijden. Maar als men de lamp overmatig sterk laat genereeren, worden de trillingen véél sterker; dan kan dit geheel afsnijden van den plaatstroom toch plaats hebben. Men noemt dit het dichtslaan van de lamp. De dichtgeslagen lamp evenwel houdt op met genereeren, totdat de lading van het rooster tijd gehad heeft, door den lekweerstand te worden afgevoerd. Daarna wordt het genereeren hervat en onmiddellijk slaat de lamp weer dicht. Men krijgt dus een periodiek genereeren en dichtslaan. Dit hoort men als een toon in de telefoon. Naar mate de terugkoppeling overdreven sterker is, duurt het telkens langer, voordat de lamp van het dichtslaan kan bekomen en wordt de giltoon dus lager.

Dit verschijnsel laat zich natuurlijk geheel voorkomen. Het dient nergens toe en wijst alleen op totaal verkeerde behandeling van het toestel.

Met dit al is het de vraag, wat eigenlijk te doen valt, als het toestel met kleine spoelen niet wil genereeren.

Dit toch beperkt het primaire toestel in zijn bruikbaarheid voor korte golven. Soms doen zich beneden 500 Meter reeds moeilijkheden van dezen aard voor, speciaal op ietwat groote en niet al te best geïsoleerde antenne, bijv. als door regen de isolatoren erg nat zijn. Bij een poging om met primair-toestel golflengten beneden 300 Meter te ontvangen, treedt deze last haast altijd op.

Eenige hulp kan hier bij honingraatspoelen en ook bij cilinderspoelelen in één laag geboden worden door gebruik van een terugkoppelspoeltje volgens fig. 43, gewikkeld op een kokertje, dat voor normale honingraatspoelen van 5 c.M. binnendiameter, ongeveer 4 c.M. diameter mag hebben en zóó is gemaakt, dat het binnen in de roosterspoel kan worden gedraaid. Een spoeltje met 75 windingen voor golven boven 300 Meter en met 30 windingen voor kortere golven zal wel voldoen. Draad 0.2 à 0.3 millimeter dik.

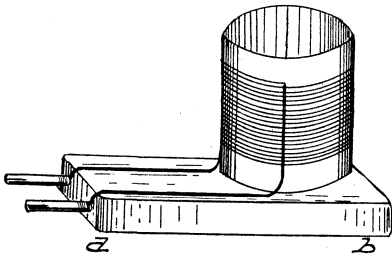


Fig. 43.

Voorts zal men, zooals in het vorig hoofdstuk is uitgelegd, den primair-ontvanger met serie-condensator in de antenne altijd op kortere golven tot genereeren kunnen brengen, dan met parallel-condensator. Voor golven beneden 500 Meter is veelal serie-condensator aan te bevelen.

Deze remedies zijn evenwel niet afdoende. Het is niet mogelijk, den primair ontvanger voor willekeurig korte golven geschikt te maken. Zoodra men hem toch voor golven tracht te gebruiken, waar geen genereeren meer is te verkrijgen, gaat de ontvangsterkte zóó geweldig achteruit, dat men er practisch niets aan heeft.

Voor echte korte-golf-ontvangst met lampdetector is één of andere vorm van inductieve antennekoppeling het eenige werkelijk afdoende.

XII.

Regeling der terugkoppeling door een condensator. —
 Noodzakelijkheid daarbij van een smoorspoel. — Constructie en
 afmetingen. — Regeling der terugkoppeling door een weerstand.

Bij de tot dusver besproken schema's werd de regeling der terugkoppeling verkregen door een beweegbare opstelling van de terugkoppelspoel ten opzichte van de roosterspoel. Dit is de nog het meest toegepaste, maar volstrekt niet de eenig mogelijke methode.

In fig. 44 is het schema gegeven van een primair-ontvanger, waarbij de terugkoppeling wordt geregeld door een draaicondensator C_t . Men bedenke wel, dat die condensator hier niet dient om den terugkoppelkring af te stemmen. Hij staat ook niet parallel op de terugkoppelspoel, maar vormt een directen weg van de plaat door de terugkoppelspoel naar den gloeidraad. De gelijkstroom, die aan de plaat wordt toegevoerd, kan in geen geval door den condensator passeeren, maar voor trillingen vormt deze een soort van weerstand, die kleiner wordt, wanneer men den condensator op grootere waarde instelt.

De gelijkstroom door de telefoon moet nu langs een afzonderlijken weg aan de plaat worden toegevoerd, een weg, die parallel ligt aan den weg voor de trillingen door den condensator heen.

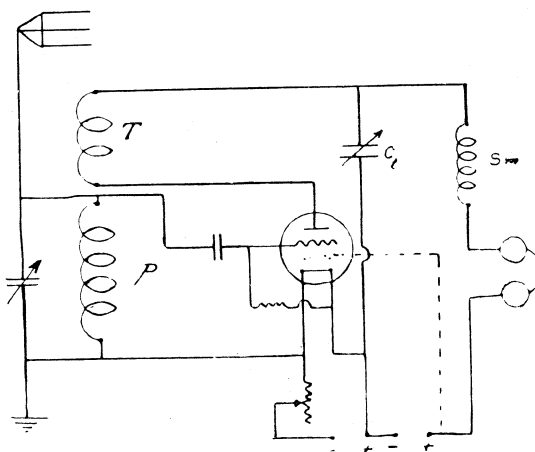


Fig. 44

Men spreekt daarom in dit geval ook wel van parallelvoeding. Ten einde de trillingen te dwingen, zoo veel mogelijk den weg door den condensator te kiezen, wordt in dit schema geen telefooncondensator ingevoegd en is het in den regel gewenscht, in serie met de telefoon een z.g. smoorspoel (**Sm** in fig. 44) op te nemen.

Als smoorspoel kan voor golven boven 1000 meter een middelmatige of groote honingraatspoel (No. 250 tot 1000) dienen. Voor ontvangst van kortere golven kan men beter een speciaal smoorspoeltje zelf wikkelen. Op een kokertje van geringen diameter, n.l. $1\frac{1}{2}$ à 3 centimeter, ter lengte van 7 à 10 centimeter, wikkelt men één laag dun koperdraad (0.05 à 0.15 m.M.) liefst met dubbele zijde- of katoenomspinning. Ongeveer 500 windingen geven een smoorspoeltje, dat over een groot golfbereik voldoet en practisch van 20 tot 2000 meter dienst kan doen.

De terugkoppelcondensator behoeft voor golven beneden 2000 meter, waarvoor dit systeem het meest bruikbaar is, zeker niet groter te zijn dan $250 \mu\mu F$; veelal kan men met $150 \mu\mu F$ wel volstaan.

Een voordeel van deze schakeling is, dat de spoelen P en T niet beweegbaar ten opzichte van elkaar behoeven te zijn. Zij kunnen in een toestel vast naast elkaar worden opgesteld en men krijgt een condensatorknop voor terugkoppeling, precies als voor de afstemming.

Voor de keuze van de grootte der terugkoppelspoel geldt hierbij hetzelfde als vroeger aangegeven; men make die spoel ook hier liefst niet groter dan de primaire spoel. Bij een primair ontvanger op lange antenne kan men hoo g s t e n s één spoelnummer groter gaan dan de primaire.

De goede werking is zeer afhankelijk van de deugdelijkheid van het smoorspoeltje. Kortgesloten windingen in dit spoeltje kunnen oorzaak zijn van niet-genereren op bepaalde golflengten.

Verder is het systeem vrijwel gelijkwaardig aan dat met beweegbare terugkoppelspoel.

Een ander systeem, dat eveneens toelaat, met vast opgestelde spoelen te werken, is dat der weerstandregeling voor de terugkoppeling, in schema aangegeven in fig. 45.

Dit is geheel het schema van fig. 38, maar met een regelbaren weerstand W, parallel geschakeld aan de vaste terugkoppelspoel.

Naar mate men W kleiner maakt, zal een grooter deel, zoowel van de trillingen als van den gelijkstroom, door W gaan vloeien en niet door de terugkoppelspoel. Dus door W kleiner te maken, zal men de lamp, die eerst door de vaste koppeling tusschen de spoelen genereerde, uit genereeren brengen.

Het ligt voor de hand, dat dit stelsel van regeling nooit beter genereeren geeft dan dat met beweegbare spoel. Als een toestel onvoldoende genereermogelijkheid vertoont, moet men het hierin niet zoeken en ligt het aan iets anders.

Nu is in fig. 45 nog aangegeven, hoe men den telefooncondensator (die hier weer wèl nuttig is) kan gebruiken om niet alleen de telefoon, maar ook de hoogspanningbatterij te overbruggen. Als de batterij oud wordt en eenigen inwendigen weerstand verkrijgt, kan dit het goed genereeren bevorderen.

Weerstandregeling voor de terugkoppeling vereischt een fijn regelbaren weerstand van groote waarde in Ohms. In het algemeen moet vooral tusschen 1000 en 2000 Ohm een goede regeling mogelijk zijn. Tegenwoordig zijn daarvoor in den handel geschikte weerstanden te verkrijgen, als Watmel, Detha, Electrad, Clarostat, Bradley. Weerstanden van 100—100.000 of 500—500.000 Ohm zijn bruikbaar.

Het voordeel der weerstandregeling is, dat men hierin een goedkoop middel bezit om de beweegbare spoelen overbodig te maken en dat men voor het genereeren niet afhankelijk is van een smoo spoel.

Wanneer men bij den bouw van een toestel met de ruimte moet woekeren en zeer korte verbindingen noodig heeft (korte-golf-ontvangst) heeft weerstandregeling de voorkeur boven elke andere. Bij gebruik van een geschikten weerstand kan zelfs voor telefonie-ontvangst het resultaat even goed zijn als met één der andere methoden.

Wij zullen in volgende hoofdstukken niet telkens weer op al de verschillende methodes van regeling der terugkoppeling kunnen

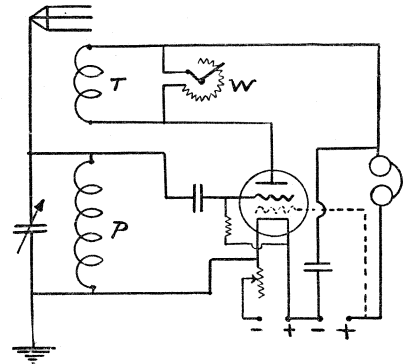


Fig. 45.

wijzen. Het zij genoeg, er hier de aandacht op te vestigen, dat men in vrijwel elk schema naar willekeur één der drie methoden kan toepassen:

- met beweegbare spoel (fig. 38),
- met draaicondensator en smoorspoel (fig. 44),
- met weerstand (fig. 45).

Als wij later schema's behandelen, waarin één der methoden bepaald de voorkeur verdient, of ook één ervan daar niet kan worden toegepast, zal dit erbij worden vermeld.

XIII.

De secundaire lampontvanger. — Hoe de primair ontvanger secundair wordt gemaakt. — De grootte der condensatoren.

Evenals bij een kristaltoestel kan men de storingsvrijheid of selectiviteit bij lampontvangst aanmerkelijk verbeteren door toepassing van inductieve antennekoppeling.

Na de in hoofdstuk IX gegeven bijzonderheden omtrent den primairen lampontvanger zal het in fig. 46 afgedrukte schema van den secundair-ontvanger niet moeilijk zijn te begrijpen.

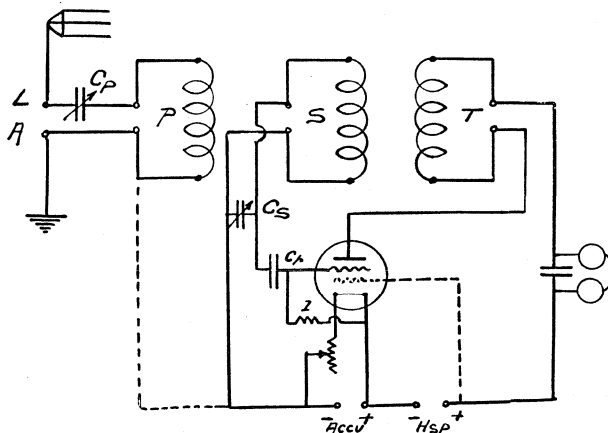


Fig. 46.

Een secundair lamptoestel met terugkoppeling heeft drie spoelen noodig. In geval van uitvoering met verwisselbare spoelen, worden die in een gewonen drievoudigen spoelenhouder geplaatst, waarbij de middelste vaststaat en de twee andere ten opzichte van deze kunnen worden gedraaid. Het is gewoonte om, zooals in het schema aangegeven, de linksche spoel met antenne en aarde te verbinden, dus als eerste of *primaire* spoel te gebruiken, de middelste met het rooster der lamp te verbinden, in welk geval dit de *secundaire* of tweede spoel wordt genoemd; de meest rechtsche is de *tertiaire* (derde) of terugkoppelspoel.

Ten einde genereeren van de lamp mogelijk te doen zijn, moet weer, geheel volgens het schema, bij verbinding van den roostercondensator met het bovenste contact van spoel **S**, de plaat der lamp met het onderste contact van **T** worden verbonden, evenals bij den primair-ontvanger.

In den secundairen kring staat een draaicondensator **Cs** parallel op spoel **S**, waarmede de afstemming van den secundairen kring wordt verkregen, die een z.g. *gesloten kring* is.

De afstemming van den antennekring wordt bepaald door spoel **P** en condensator **Cp**, die in het schema als serie-condensator is geteekend, maar ook parallel geplaatst mag worden. Een serie-parallelschakelaar volgens figuren 18—20 is ook hier practisch. Den antennekring noemt men een *open kring*, omdat de antenne doodloopt. Met parallel-condensator wordt het feitelijk een combinatie van open met gesloten kring. De in de antenne geschakelde spoel-condensator-kring wordt dan ook wel *vlieg-wielkring* genoemd.

De grootte van den roostercondensator is evenals bij het primaire toestel 100 tot 300 micromicrofarad, van den lekweerstand 1 à 5 megohm en van den telefooncondensator weer 500 à 3000 micromicrofarad. Gloeistroomweerstand en aan te leggen spanningen zijn afhankelijk van de lamp.

Het gestippelde hulprooster in fig. 46, met de gestippelde verbinding naar plus hsp. geeft de extra-verbinding aan, die noodig is, als men een dubbelroosterlamp bezigt.

Eveneens is gestippeld geteekend een verbinding tusschen de aardklem der primaire en de gloeidraadzijde der secundaire spoel. Dat is een verbinding, die in sommige opzichten nuttig kan zijn zonder de kwaliteiten der inductieve ontvangst te schaden. Zooals al eerder opgemerkt, vormen de batterijen en ons lichaam feitelijk

een capacatieve aardverbinding, die eenigszins variabel is naar mate van den stand, dien de luisteraar inneemt en naar mate van de plaatsing der batterijen enz. Maakt men er een directe verbinding met aarde van, dan zijn alle veranderlijkheden opgeheven. Men moet weer de losse platen zoowel van den sec. cond. als van den primairen als deze parallel is geschakeld, aan de aardzijde houden, ter voorkoming van te groote gevoeligheid der afstemming voor nadering met de hand. De gestippelde verbinding is eigenlijk steeds aan te bevelen.

Wij willen er op wijzen, dat van elk bestaand primair toestel een secundair-ontvanger is te maken door vóórplaatsing van een hulptoestelletje, waarvan fig. 47 het schema geeft.

Dit bestaat uit een draaicondensator en een houder voor twee met elkaar te koppelen spoelen, alsmede aansluitingen voor antenne en aarde, waarbij ook een serie-parallel-schakelaar kan worden aangebracht, die in fig. 47 ook geteekend staat.

Als men de klemmen 1 en 2 van de spoel **K** in fig. 47 verbonden denkt met **A** en **L** in fig. 40, waarvan antenne en aarde moeten zijn losgemaakt om ze over te zetten op het toestelletje van fig. 47, dan zal men zien, dat spoel **K** met condensator **C** en spoel **P** van fig. 40 een gesloten kring vormt, door **K** gekoppeld met den antennekring en door

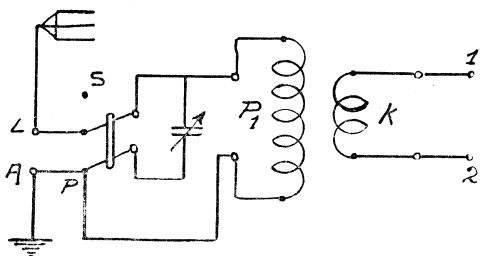


Fig. 47.

P met de terugkoppelspoel. De combinatie levert een volledigen secundair-ontvanger op.

Zoo lang het niet speciaal om ontvangst van zeer korte golven gaat, is dit een bruikbare methode om den primair-ontvanger in secundair te veranderen. De omstandigheid, dat in den secundairen kring twee spoelen komen, die elk maar een deel der koppelingen uitmaken, doet het samenstel voor heel korte golven minder aanbevelenswaardig worden.

(Men kan wel **C** in fig. 40 parallel plaatsen met **P**, waardoor in de combinatie ook **K** en **P** parallel komen te staan, hetgeen hierop uitkomt, dat die spoelen, als ze gelijke waarde hebben,

samen maar de halve zelfinductie van één spoel in den kring brengen. Daarmee wordt de combinatie dus voor kortere golven beter, al blijft dan een direct voor secundair ontvangst gebouwd apparaat steeds de voorkeur verdienen boven zoo'n hulpconstructie.)

Een kwestie bij den opzet van elken ontvanger is de keuze van soort en grootte der draaicondensatoren.

De handigste grootte hangt af van het doel van den ontvanger. De ontwikkeling der korte-golf-ontvangst heeft een sterke voorkeur doen ontstaan voor kleine condensatoren, zoodat zelfs sommige fabrikaten niet meer grooter dan $500 \mu\mu\text{F}$. worden gemaakt. Toch is voor een toestel, dat niet speciaal voor korte-golf-ontvangst moet dienen, die waarde althans voor den primairen condensator onhandig klein. Het gevolg is, dat men bij gebruik van verwisselbare spoelen veel vaker een andere spoel moet inzetten. Vooral wanneer men een condensator met fijnregeling gebruikt, zal voor telefonie-ontvangst de primaire condensator met voordeel $1000 \mu\mu\text{F}$. kunnen zijn. Wanneer de antenne-capaciteit $500 \mu\mu\text{F}$. bedraagt, zal dit bij parallel-schakeling altijd nog maar een regeling geven van 500 tot $1500 \mu\mu\text{F}$., dus van 1 op 3 in capaciteitswaarde. Bij den sec. condensator geeft een kleinere waarde al veel grooter bereik. Heeft men daar een condensator van $500 \mu\mu\text{F}$., dan zal de nulcapaciteit van condensator en spoel te zamen zeker nog geen $50 \mu\mu\text{F}$. bedragen, hetgeen dus een regeling geeft van 50 tot iets meer dan 500, of ruim 1 op 10.

Daarmede is de keuze van een grooteren primairen condensator wel voldoende gemotiveerd.

In welke richting de antenne-stroomen de primaire spoel doorlopen, is bij een inductief toestel met honingraatspoelen onverschillig, zoolang de gestippelde verbinding links in fig. 46 niet is aangebracht. Men kan dan antenne en aarde gerust verwisselen. Met de gestippelde verbinding is dit niet 't geval. Bij gebruik van spoelen met een duidelijk hoogspanningeinde is het ook niet onverschillig meer. We spreken daar verderop nog over.

XIV.

Verschijselen bij inductieve lampontvangst. — De mate der antenne-koppeling. — Het vinden der primaire afstemming. — Grootte der terugkoppelspoel. — Constante secondaire afstemming.

Wanneer men een inductieven lampontvanger gebruikt met sterke antennekoppeling (dus bij verwisselbare spoelen in een drie-spoelenhouder met primaire spoel bijna vlak tegen de secundaire aan) is de werking niet zoo heel veel verschillend van die van een primair-ontvanger. Brengt men de spoelen nagenoeg in aanraking met elkaar, dan wordt de ontvangst in alle opzichten gebrekkig, vooral met honingraatspoelen, omdat dan het direct gearde deel der primaire ten deele komt te liggen langs windingen, die met het rooster zijn verbonden, dat op die manier half wordt geard.

Men moet dus een inductief lamptoestel altijd gebruiken met een werkelijk vrij losse koppeling. Bij een toestel met verwisselbare spoelen brenge men de primaire spoel niet dichter bij de secundaire dan onder een hoek van 45 graden.

In de eerste plaats zal men bij een inductieven ontvanger opmerken, dat hij bij zwakke antenne-koppeling veel gemakkelijker genereert dan een primair toestel.

Bij goede constructie, goede onderdeelen, met goede lamp en goed geregelde spanningen moet een inductieve ontvanger zeker nog met een secundaire spoel van 10 windingen en een condensatorwaarde van 250 à 500 $\mu\mu$ F. aan het genereren zijn te brengen. Wanneer speciaal wordt gelet op korte verbindingen, kan nog wel met 1 à 2 windingen secundair genereren worden verkregen. Daarover spreken we later bij de toestellen voor korte golven. Ultra-korte verbindingen voeren intusschen tot montages, waaraan voor een toestel voor algemeen gebruik ook bezwaren verbonden kunnen zijn. Ook al zijn dus korte verbindingen steeds aan te bevelen, bij een normalen inductieven omroep-ontvanger zal men met genereren met een spoel van 10 windingen, dat is op een kleinste golf van ongeveer 40 meter, tevreden kunnen zijn.

Dit gemakkelijk genereeren van den inductieven ontvanger is zeer afhankelijk van de antenne-koppeling. Bij eenigszins vaste koppeling gaat het genereeren weer moeilijker.

Voorts zal men op de golflengten boven 200 meter, waar men op de meeste antennes in het gebied der normale antenne-afstemmingen verkeert, steeds ervaren, dat het nauwkeurig afstemmen der antenne gepaard gaat met moeilijker genereeren.

Dit verschijnsel levert de beste methode op om de juiste antenne-afstemmingen te vinden.

Men begint met een antennespoel 1 à 2 Nos. kleiner dan de secondaire spoel, en primairen condensator parallel op nul of serie op maximum. De antenne-koppeling wordt ingesteld op ongeveer 45°. Daarna laat men de lamp zwak genereeren en zoekt met den sec. condensator tot men een draaggolf hoort. Hierna wordt de primaire condensator gedraaid en nagegaan, of het signaal sterker wordt. Tevens wordt nagegaan, bij welken stand van den primairen condensator een iets versterkte antenne-koppeling de lamp uit genereeren brengt. Treedt dit heelemaal niet op, of eerst bij zeer sterke koppeling, dan moet òf een andere primaire spoel worden gekozen, òf de condensator, als die serie stond, moet in parallelstand worden beproefd of omgekeerd. Men zal na eenig zoeken een punt moeten vinden, waar het signaal tot grootere sterkte aanzwelt en waar reeds bij niet zeer vaste antenne-koppeling de zwak genereerende lamp afslaat. De antenne-koppeling moet dan zoo gekozen kunnen worden, dat de lamp slechts bij één stand van den primairen cond. afslaat, terwijl zij bij iets grooteren zoowel als bij iets kleineren stand weer genereert. Eerst als men dat punt heeft gevonden, heeft men de juiste antenne-afstemming. (Dit geldt uitsluitend bij toestellen zonder hoogfrequentversterking. Daarover later).

Men hoort door beginnende amateurs wel eens verzekeren, dat bij hen de primaire afstemming van hun inductief toestel „niets doet”. Zij kunnen er dan absoluut zeker van zijn, dat zij nog nooit zijn geslaagd in het vinden der juiste instelling.

Te bedenken is, zooals in het vorig hoofdstuk werd uitgelegd, dat men in den secondairen kring met één zelfde spoel, reeds met kleineren condensator een grooter golflengte-bereik heeft dan in den primairen kring, zoodat men in de primaire vaker spoelen moet verwisselen of van serie- op parallel-schakeling overgaan. Hoe grooter de antenne, des te kleiner is het meetbereik met

parallelcondensator. Omgekeerd leveren kleine antennes slechts een zeer beperkt meetbereik met seriecondensator en een grooter met parallelcondensator (al zijn natuurlijk op kleine antennes de golf lengten zelf, die men met dezelfde spoel haalt, kleiner).

In dit verband moge erop gewezen worden, dat aanwezigheid van een serie-parallelschakelaar op een toestel een wezenlijk voordeel oplevert. Men bedenke daarbij overigens, dat met eenzelfde spoel de serie-schakeling niet aansluit bij de parallelschakeling. De grootste golf met seriecondensator is steeds kleiner dan de kleinste met parallelcondensator.

Vooraf voor telefonie-ontvangst met inductief toestel is het werken met goede antenne-afstemming van het hoogste belang. Daarbij toch zal men, als het niet uit zich zelf al zeer sterke stations betreft, altijd vrij dicht bij den rand van genereeren ontvangen. Die instelling op rand van genereeren wordt bij een inductieven ontvanger met niet goed afgestemde primaire altijd eenigszins onzeker. De juiste primaire afstemming, die de lamp wat moeilijker doet genereeren, maakt de instelling meer stabiel.

Dat het toestel met vastere antenne-koppeling moeilijker genereert en wel des te moeilijker naar mate de antenne beter is afgestemd, wordt veroorzaakt doordat de antennekring de neiging heeft, energie op te nemen uit de kringen eener genereerende lamp en wel des te meer naar mate de koppeling sterker en de afstemming nauwkeuriger is.

Voor goede ontvangst is het bij een inductieven ontvanger even belangrijk als bij een primair toestel, om te zorgen, dat het genereeren plaats heeft zonder drempel of dooden gang. Zie daarover hoofdstuk XI.

De regel, dat de terugkoppelspoel niet grooter moet worden genomen dan de secundaire spoel, geldt voor het inductieve toestel nog in sterkere mate dan voor het primaire apparaat. Aan de secundaire spoel is geen andere capaciteit verbonden dan die van den sec. condensator. In den secundairen kring komt men met condensator op nul met een bepaalde spoel tot veel kortere golven dan met diezelfde spoel in den primairen kring of in een primair toestel. De terugkoppelspoel kan dus al eerder een grootere eigen afstemming hebben. (Zie hoofdstuk XI).

Uit het boven opgemerkte over het verband tusschen antennekoppeling en genereeren volgt direct, dat een genereerende

inductieve ontvanger wel degelijk ook storend is voor de omgeving. Hij is zelfs heelemaal niet veel minder storend dan een primaire ontvanger. Beperk dus het genereerend „zoeken” er mee naar telefonie tot 't uiterste en zorg door oefening en opschrijven van standen zooveel mogelijk, dat z o n d e r genereren kan worden gezocht. Bij de aanwijzingen over zoeken in hoofdstuk XI komt hier steeds nog het zoeken der primaire afstemming.

Over de grootere selectiviteit van den inductieven ontvanger valt op te merken, dat deze alleen bij l o s s e koppeling blijkt. Tegenover luchtstoringen baat inductieve ontvangst slechts weinig, ofschoon altijd iets. Tegenover storingen van vonkzenders is het effect zeer gunstig, als men zelf l a n g e r e golven ontvangt dan die der storende stations. Op k o r t e r e golven is de verbetering tegenover storende vonkzenders veel minder volkomen. Op de telefoniegolflengten beneden 600 meter blijven de scheepzenders daardoor zeer hinderlijk. Daarentegen is het van elkaar scheiden van verschillende telefoneerende stations met een inductieven ontvanger aanmerkelijk beter dan met een direct gekoppelden.

Een belangrijk voordeel van elken inductieven ontvanger is wel, dat de enkel uit condensator, spoel en aanhangende lamp bestaande secundaire kring voor elke bepaalde spoel onder alle omstandigheden een vast afstembereik heeft.

Bij een primairen ontvanger zijn de afstemmingen op elke andere antenne verschillend. Met den primairen kring van een inductief toestel is dat in dezelfde mate het geval.

Maar de secundaire kring vertoont met dezelfde spoel bij dezelfde condensatorstanden steeds ook dezelfde afstemmingen, geheel onafhankelijk van de antenne, waarop men ontvangt. Men kan dien secundairen kring dus als het ware ijken als een golfmeter. Schrijft men eenmaal de condensatorstanden voor bepaalde golflengten op, dan kan men daar een tabel van maken of op ruitjespapier een ijkkromme teekenen. Men kan dan zijn toestel gebruiken om van onbekende stations ook de golflengten tamelijk nauwkeurig te bepalen aan de hand der ijkkromme van den secundairen kring.

Voor hen, voor wie dit toelichting noodig heeft, zal het volgende misschien ter verduidelijking kunnen strekken.

De condensator is gewoonlijk van een gradenschaal voorzien (1 tot 180; of soms ook 1 tot 100). Men kan daardoor precies

aflezen, waar de wijzer staat voor beste ontvangst van een bepaald station, welks golflengte bekend is, als men een bepaalde sec. spoel gebruikt. Men zal dan vinden, dat het zelfde station steeds bij gelijken condensatorstand wordt gevonden, ook al werkt men met een andere antenne.

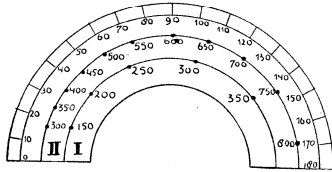


Fig. 48.

Men zou dus op de condensator-schaal ook een golflengteschaal kunnen aanbrengen naast de graadverdeling. Zoo is in fig. 48 een schaal weergegeven, waarop behalve de graden ook de afstemmingen staan aangegeekend voor twee verschillende spoelen I en II.

In plaats evenwel van de golflengten bij de graden te schrijven op de condensatorschaal zelf, kan men ook de z.g. „ijkkrommen” van fig. 49 gebruiken. Op dit ruitjespapier begint men, met enkele

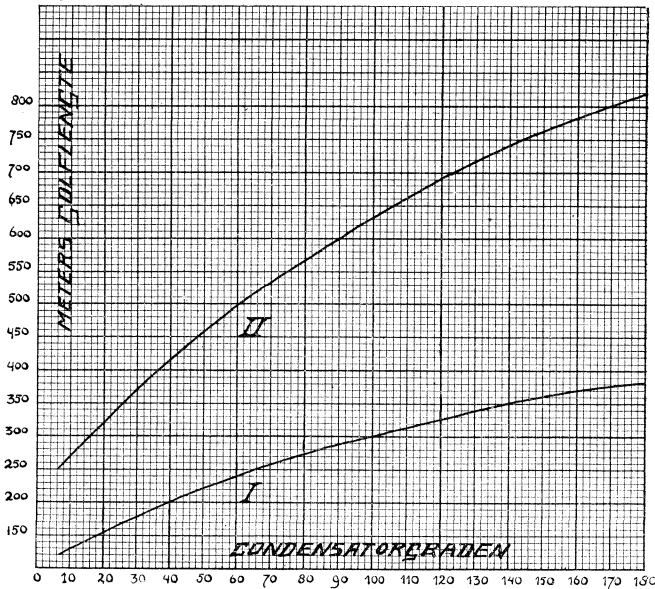


Fig. 49.

punten aan te geven de golflengten van enkele bekende stations, die bij een bepaalden gradenstand van den condensator worden gevonden. Heeft men een voldoende groot aantal stations aangegeekend, dan moeten de punten zoo liggen, dat men er een

vloeiende kromme lijn doorheen kan trekken, zooals er in fig. 49 twee zijn geteekend.

Het is dan verder gemakkelijk, als men bijv. met spoel II een station vindt bij 19 graden op den condensator, om uit kromme II af te lezen, dat dit een station is met een golflengte van 315 meter.

Tevens is dan met één oogopslag te zien, dat dit station ook met spoel I moest zijn te ontvangen en wel bij een condensatorstand van 111 graden.

In het onderstelde geval toch hebben de spoelen I en II wat men noemt: *overlappende meetbereiken*.

Goede ijkkrommen bij een toestel leveren zeer groot gemak op en maken, dat men in elk geval geen groote vergissingen meer begaat bij golflengte-schattingen en dat men aan de golflengten de stations kan herkennen.

XV.

Hoogfrequent-versterking. — Het „schema-Koomans”. — De beheersching van te sterk genereeren. — Toevoeging van inductieve antenne-koppeling.

De lamp met roostercondensator en terugkoppeling werkt gelijktijdig als een versterker en tevens als detector. Nu behoeft de detecteering der signalen slechts éénmaal plaats te hebben; men kan in het algemeen met herhaalde detecteering geen voordeelen behalen. Uit den aard der zaak kan men wèl meermalen versterken. En dit kan plaats hebben vóór of na de detecteering, of beide. In het eerste geval versterkt men de hoogfrequente trillingen en spreekt daarbij van *hoogfrequent-versterking*; in het tweede geval versterkt men de reeds door een detector in een hoorbaar verschijnsel omgezette stroomvariatiën en spreekt van *laagfrequent-versterking*. Hoogfrequent-versterking komt dus vóór den detector (onverschillig of dit een kristal is of een lamp) en laagfrequent-versterking volgt na den detector.

Een zeer eenvoudige en werkzame schakeling voor hoogfrequent-versterking is die volgens het z.g. schema-Koomans, al zijn aan het gebruik bezwaren verbonden. Deze schakeling is met zeer geringe bijkomstigheden te maken van elk inductief toestel.

Het schema is afgebeeld in fig. 50, geheel overeenkomende met 't schema van een inductief toestel volgens fig. 46, op de volgende bijzonderheden na:

aan de primaire spoel zijn verbonden het rooster der hoogfrequentlamp H en de negatieve zijde van de accubatterij, waaraan die lamp evenals de detectorlamp is aangesloten;

de bovenzijde der secundaire spoel is behalve met den roostercondensator tevens met de plaat der eerste lamp in verbinding gebracht;

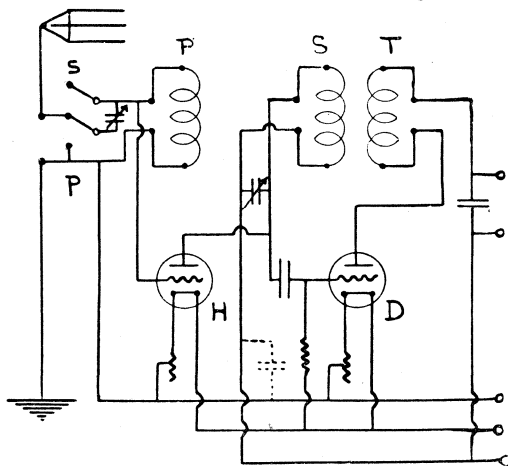


Fig. 50.

de onderzijde der secundaire spoel is niet — zooals bij het inductieve schema — met den gloeidraad verbonden, maar met plus hoogspanning;

de roosterlekweerstand is volgens ons algemeen gevolgde systeem direct van rooster naar positieve gloeidraadzijde aangebracht. In dit schema mag de lekweerstand beslist niet anders staan.

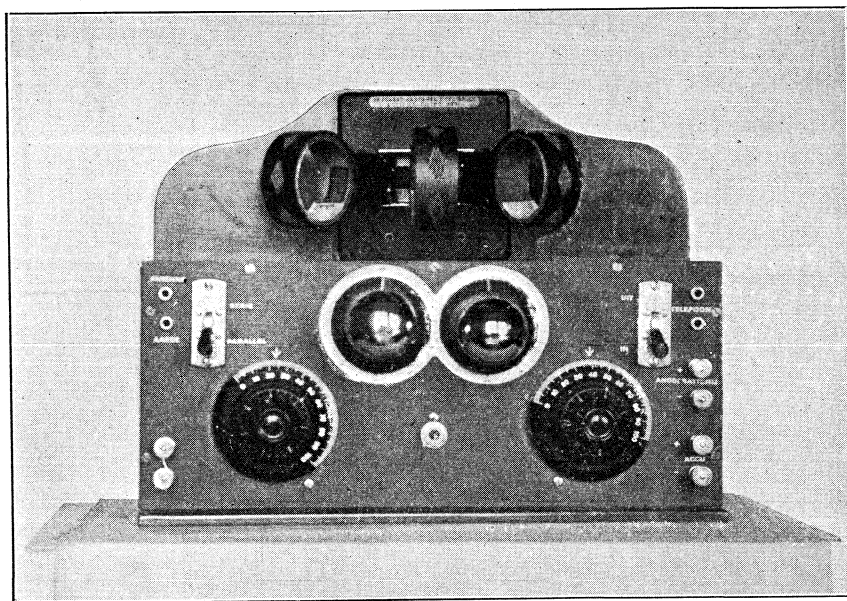
De hoogfrequentlamp H is hier aan de primaire verbonden op dezelfde wijze als de detectorlamp bij een primair-ontvanger, met weglating evenwel van den roostercondensator en zoo, dat het rooster, door de primaire spoel heen, op de spanning van min accu komt. Doordat de gloeistroomweerstand in de negatieve leiding is opgenomen, wordt het rooster iets méér negatief dan min gloeidraad. Dat is een voorwaarde voor krachtigste versterking.

We zien, dat de door de eerste lamp versterkte trillingen in den

plaatkring dier lamp de secundaire spoel doorloopen. De secundaire spoel is dus als het ware terugkoppelspoel van de eerste lamp. Daarover straks nog iets meer.

Tevens draagt de secundaire spoel de versterkte trillingen via den roostercondensator over aan het rooster der detectorlamp D. In plaats van tusschen rooster en gloeidraad der tweede lamp, is de secundaire spoel aangesloten tusschen rooster en hsp. batterij. Deze vormt echter een doorverbinding met den gloeidraad, zoodat inderdaad de verbinding met den gloeidraad er toch wel is. Soms is het aanbrengen van een grooten condensator tusschen plus hsp. en min accu nog in staat de werking te verbeteren. (Grootte van dezen cond. boven $1000 \mu \mu F.$ verder geheel onverschillig).

De terugkoppeling der detectorlamp moet deze tot genereeren kunnen brengen, waarvoor weer, als dat rooster aan bovenzijde



Door amateur gebouwde Koomans-ontvanger met honigraatspoelen.

sec. spoel is verbonden, de plaat der 2de lamp aan onderzijde terugkoppelspoel moet worden gezet.

Daarentegen zal men in de figuur opmerken, dat, terwijl rooster 1ste lamp ook aan bovenzijde primaire spoel is verbonden, de plaat dier 1ste lamp aan de bovenzijde der secundaire staat. Beschouwt men dus de secundaire als terugkoppelspoel voor de eerste lamp,

dan is deze terugkoppeling uit een genereeroogpunt juist verkeerd om aangebracht. En dit is, zooals we zullen zien, hier gewenscht.

Het eigenaardige toch van dit schema is, dat het nog veel gemakkelijker genereert dan een inductieve koppeling. We merkten vroeger bij de bespreking van de wenschelijkheid eener niet te groote terugkoppelspoel reeds op, dat een lamp met ongeveer afgestemden plaatkring kan genereren, zonder koppeling tusschen de roosteren plaatspoelen. Dat geldt hier voor de eerste lamp. Zijn antennekring en secundaire kring ongeveer afgestemd op dezelfde golf, dan staat in vele gevallen de eerste lamp daardoor al op rand van genereren. Koppelt men nu ook de tweede nog maar iets terug, dan genereert het geheele stelsel heftig. Bij aansluiting op een kleine antenne kan het zijn, dat op sommige golflengten dit genereren bij juiste afstemming ook zonder koppeling tusschen P en S of tusschen S en T reeds optreedt. Het zou dan niet te bedwingen zijn.

Hier treedt dan de door de aangegeven verbindingen verkregen tegenkoppeling tusschen P en S in werking. Door P maar heel weinig met S te koppelen, wordt het te sterke genereren onderdrukt en wordt het schema handelbaar.

Men vraagt zich misschien af, of dan voor de overige ontvangerwerking van het schema de koppeling tusschen P en S niet noodig is, evenals bij de inductieve ontvangst?

Neen, voor de ontvangst als zoodanig behoeft P hier heelemaal niet met S gekoppeld te zijn. De hoogfrequentversterkerlamp draagt de trillingen uit P reeds versterkt over aan S. Men ziet dan ook wel uitvoeringen van dit schema, waarbij P geheel verwijderd is opgesteld, buiten alle koppeling met S en T. Dit is evenwel wegens de boven vermelde redenen beslist niet de meest gewenschte montage. Gebruik van een gewonen drie-spoelenhouder, maar met tegenkoppeling van P, door nauwkeurig opvolgen der in de figuur aangegeven verbindingen, geeft ons een middel om het schema onder alle omstandigheden goed te doen werken.

Te meer is het behoud dier mogelijkheid van tegenkoppeling met spoel P gewenscht, als men van het gewone drie-spoelen Koomans-schema een weder geheel inductief schema wil maken, met behoud der hoogfrequentversterking.

Daartoe kan het hulpapparaatje van fig. 47 vóór den Koomans-ontvanger worden geschakeld, precies zooals het vóór een primair-ontvanger werd verbonden.

Antenne en aarde komen dan aan het hulptoestelletje. Spoel K van fig. 47 vormt met C_p en spoel P van het Koomansschema den met de antenne inductief gekoppelden roosterkring der eerste lamp.

Bij eenigszins losse antenne-koppeling zal de genereeroneiging der eerste lamp bij ongeveer gelijke afstemming van rooster- en plaatkring nu nog toenemen. Derhalve zal de tegenkoppeling van P tegenover S nog meer te pas komen.

Evenals men bij den primair-ontvanger dezen en het hulpapparaat kan samenbouwen tot één inductief toestel, zoo kan natuurlijk ook de ontvanger volgens schema-Koomans worden samengebouwd met het hulpapparaat. Over het gebruik van een serie-parallelschakelaar voor den condensator C_p van het Koomansschema bij deze combinatie gelden de zelfde opmerkingen als in hoofdstuk XIII. In tegenstelling evenwel met hetgeen daar werd gezegd over de voorkeur van een gewoon secundair toestel boven een primair apparaat met los hulptoestel, kan hier worden gezegd, dat het Koomans-schema met los bijgevoegde inductieve koppeling feitelijk méér nut heeft dan samenbouw. Ook bij samenbouw dient men toch de spoelen K en P afzonderlijk te behouden, zoodat men 5 spoelen noodig blijft hebben. Vier spoelen met elkaar koppelen, voert tot lastige opstellingen. Verder heeft een los hulpapparaat het voordeel, dat men de antenne-aardleiding ver van het eigenlijke toestel verwijderd kan houden en daardoor kan voorkomen dat de antenne door capacatieve koppeling (condensator-werking) regelrecht op de lamp zou werken, buiten de spoelkoppeling om.

In elk geval is het gewenscht, het toestel volgens Koomansschema óók gewoon zonder de losse antennekoppeling te kunnen gebruiken. Wanneer men die mogelijkheid bij samenbouw met 't hulpapparaat door een of anderen schakelaar bewerkstelligt, ontstaan weer licht koppelingen tusschen draden buiten de spoelenkoppeling om. Al te veel schakelaars kan een bederf worden voor het mooiste schema.

Dat wil zeggen, dat als men samenbouw toepast, het toch het best is, tamelijk ruim te bouwen en aansluiting tusschen de twee gedeelten toe te passen, net alsof men twee losse toestelonderdeelen had.

Voor de verbinding van K uit fig. 47 met A en L van het Koomans-apparaat bezige men geen snoer van 2 in elkaar gedraaide draden, maar een steker met twee losse draden. Een in elkaar gedraaid snoer heeft al te veel capaciteit; de twee draden vormen dan al een condensator van merkbare waarde.

Het toestel, volgens schema-Koomans voorzien met een hoogfrequentversterkerlamp, kan tot een gewoon inductief éénlampstoestel worden teruggebracht door eenvoudig de eerste lamp met den gloeistroomweerstand uit te schakelen, of wel de eerste lamp uit de fitting te nemen. Dan moet spoel P ook weer gewoon met S gekoppeld kunnen worden. Ook daarom is het gebruik van een gewonen driespoelenhouder handiger dan het geheel afzonderlijk plaatsen van P.

De draaicondensatoren in het schema-Koomans kunnen 1000 en 500 $\mu\mu$ F. zijn. Voor C_p is 1000 $\mu\mu$ F. bepaald aan te bevelen. Voor het eventueele inductieve hulptoestelletje eveneens. Roostercond. normale waarde van 100 à 300 $\mu\mu$ F., lekweerstand in dit geval niet te groot, 0.1 à 1.5 megohm.

XVI.

Verschijselen bij ontvangst met schema-Koomans. — Verhoogde selectiviteit door grooten primairen condensator. — Door gedeelde primaire zelfinductie. — Door gedeelde secundaire spoel. — De instelling bij inductieve antenne-koppeling.

Wanneer men ontvangt met een toestel volgens schema-Koomans zonder inductieve antenne-koppeling, dus met het driespoelen-toestel, zal men de ervaring opdoen, dat er eenigszins anders mee moet worden omgegaan dan met een éénlampstoeustel.

Terwijl toch elke nadering tot gelijkheid der twee afstemmingen den gewonen inductieven ontvanger minder gemakkelijk doet genereren, is het bij schema-Koomans gedeeltelijk juist omgekeerd. Daar is de nadering tot gelijke afstemming van eersten en tweeden kring juist te constateeren aan de omstandigheid, dat het toestel dan het gemakkelijkst genereert.

Als men precies nagaat hoe dat in elkaar zit, zal men vinden,

dat de grootste genereeroneiging *niet* bij volmaakt gelijke afstemming bestaat, maar bij een toestand, welke hierdoor is gekenmerkt, dat de plaatkring der hoogfrequentlamp wel in de buurt der afstemming van den eersten kring is gebracht, doch steeds op iets kleinere golflengte.

Omgekeerd kan men zeggen, dat als de tweede kring precies is afgestemd, de grootste genereeroneiging zich openbaart, wanneer de antennekring dicht bij afstemming wordt gebracht, doch steeds op iets grotere golflengte.

Dit levert ons practisch een aanwijzing voor het vinden der antenne-afstemming.

Om een station te zoeken, plaatst men spoel P van fig. 50 buiten koppeling met S (onder een hoek van 90 graden). Hierbij is P weer 1 à 2 nummers kleiner dan S. Voor de terugkoppeling kan bij een goed gemaakt toestel vooral voor de langere golven gerust een spoel dienst doen, die 2 à 4 nummers kleiner is dan S. Bij gebruik van parallel-condensator in de primaire begint men met dezen op nul te zetten; bij gebruik van seriecondensator op maximum. Met de terugkoppelspoel laat men het apparaat zwak genereeren en „zoekt” met den sec. condensator tot een draaggolf hoorbaar wordt, die men dicht bij het „nulpunt” brengt, zoodat de secundaire kring dus is afgestemd. Daarna draait men den primairen condensator, gelijktijdig beproevende of men de terugkoppeling zwakker kan maken zonder uit genereeren te geraken. Men moet dan een scherp bepaald punt der primaire afstemming vinden, waar met verzwakte terugkoppeling nog juist genereeren wordt verkregen, terwijl ter weerszijden van dat punt, zoowel bij grooteren als kleineren stand van den primairen condensator, de lamp bij gelijkblijvende terugkoppeling afslaat. Dit is dan het punt van gemakkelijkst genereeren en wij weten nu, dat de juiste antenneafstemming zal worden verkregen door den primairen condensator iets grooter te maken dan den gevonden stand.

Het kan nu voorkomen, vooral op kleine antenne en op golflengten als van Daventry, dat in de buurt der juiste afstemming het genereeren blijft voortduren, ook al brengt men de terugkoppeling op nul en al vervangt men de terugkoppelspoel door een doorverbinding (kortsluitsteker). In dat geval koppelt men spoel P een klein weinig met S, waardoor bij juiste verbinding volgens fig. 50 het genereeren weer geheel beheerschaar zal worden.

Eenigszins eigenaardige verschijnselen ontstaan, wanneer men de tegengekoppelde spoel P niet slechts zwak met S koppelt, doch haar veel dichter er bij brengt. Ondanks de tegenkoppeling ontstaat dan bij gelijke afstemming toch weer genereeren, maar gepaard met een verspringing in de golflengte. Dit is een verschijnsel, waar men voor de ontvangst enkel last van kan hebben. Te gebruiken is het niet. Men doet dus goed, al te sterke koppelingen steeds te vermijden.

Zoals reeds in een vorig hoofdstuk werd opgemerkt, bezit het schema-Koomans eigenschappen, die het eenigszins vergelijkbaar maken met een primair-ontvanger.

Onder onze vroeger gegeven definitie, dat bij een primair-ontvanger de detector direct met den antennekring is gekoppeld, valt deze hoogfrequent-versterking evenwel niet.

Het toestel staat door zijn twee afgestemde kringen in selectiviteit trouwens beslist boven een primair-ontvanger, al is die door de versterking regelrecht uit den antennekring niet zóó goed als van een inductieven ontvanger.

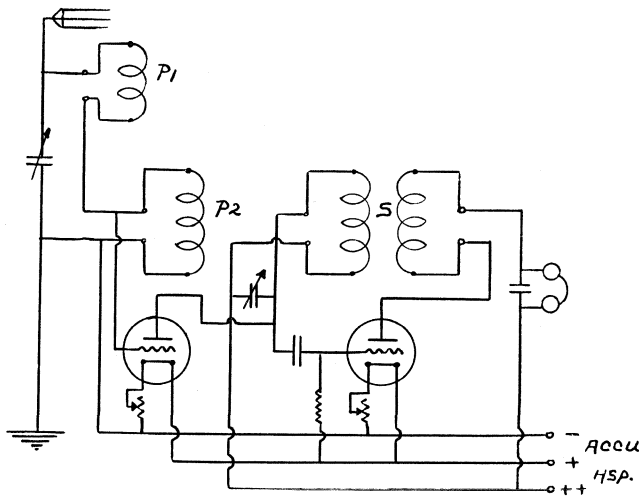


Fig. 51.

Neemt men als selectiviteitsmaatstaf eens een bepaald geval aan, bijv. de ongehinderde ontvangst van Radio Parijs (1750 M.) terwijl het sterkere Daventry (1600 M.) óók werkt, dan zal men kunnen opmerken, dat eenzelfde toestel op verschillende antennes zeer verschillende resultaten geeft.

Op groote antenne is in 't algemeen de selectiviteit veel beter dan op kleine antenne.

Dit blijkt nu voor de kleine antenne gecompenseerd te kunnen worden door gebruik van een zeer kleine primaire spoel en grooten condensator. Een draaicondensator, die tot een maximum van 4000 à 5000 $\mu\mu\text{F}$. gaat (dus 10 maal grooter dan de veelal gebruikte van 500 $\mu\mu\text{F}$.) in de primaire, zal — parallel op de spoel gebruikt — de selectiviteit aanmerkelijk verhoogen, al gaat tevens de geluidsterkte achteruit.

Een ander eenvoudig middel, aangegeven door Ir. Huydts, is het verdeelen der primaire zelfinductie in twee gedeelten en het verbinden der eerste lamp aan slechts het eene deel dier zelfinductie. Men verkrijgt dan den toestand van fig. 51, waarbij het werken met parallel-condensator althans voor eenigszins lange golven het beste is. Tevens is dit ook een methode, die overmatige genereeroneigingen helpt verminderen. De achteruitgang in geluidsterkte is bij verdeling der zelfinductie in gelijke helften nog niet al te overwegend. Overigens heeft men door de keuze der grootte-

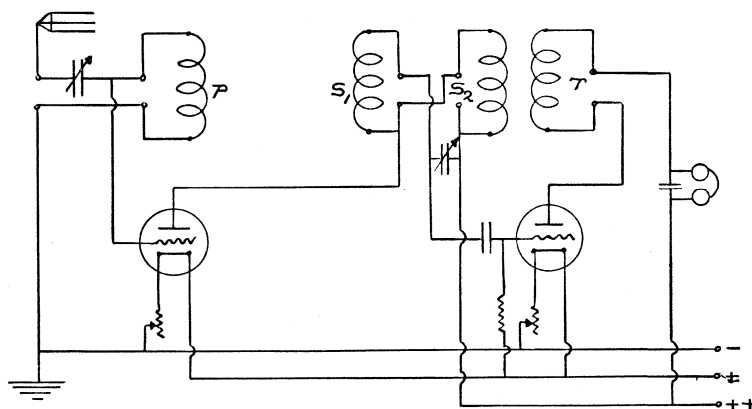


Fig. 52.

verhouding van P_1 en P_2 zowel de gewenschte selectiviteit als de geluidsterkte eenigszins in de hand.

Een andere, eveneens door Ir. Huydts aangegeven methode ter verbetering van de selectiviteit bij dit schema, waarbij tevens ook weer de al te groote genereeroneigingen worden weggenomen, is verdeling in twee gedeelten van de secundaire spoel, zooals aangegeven is in fig. 52. In den plaatkring der eerste lamp is daarbij

niet de geheele secundaire ($S_1 + S_2$) doch slechts de eene helft: S_2 opgenomen.

Het voordeel dezer hulpmiddelen om de selectiviteit te verhoogen boven de toevoeging eener volledige inductieve antennekoppeling is wel, dat de bediening van het toestel er absoluut niet ingewikkelder door wordt (behalve dan dat men de verhouding der spoelen P_1 en P_2 of S_1 en S_2 met zorg moet kiezen).

Het werken met een Koomanstoestel met inductieve antennekoppeling, als aangegeven in het vorig hoofdstuk, waarbij drie afgestemde kringen te pas komen, is uit den aard der zaak ingewikkelder. Toch valt het na eenige practische ervaring bepaald mee.

Men begint de antenne-spoel van fig. 47 sterk te koppelen met spoel K en den antenne-condensator bij parallelstand op nul te zetten. Daarna wordt het zoeken van een station geheel uitgevoerd als in het begin van dit hoofdstuk beschreven. Heeft men dan de twee achterste kringen van het toestel ingesteld, dan wordt als laatste regeling de antenne-afstemming gezocht. Hier gaat het toestel dan weer door juiste afstemming der antenne moeilijker genereeren (evenals bij den éénlamps inductieven ontvanger). Men constateert dus de antenne-afstemming door afslaan van de lamp als deze zwak genereerde. Maakt men daarna de antenne-koppeling tevens lossen, dan zal men daardoor weer op rand van genereeren komen. Verder zal steeds bij sterkere antennekoppeling ook meer terugkoppeling (of minder tegenkoppeling van spoel P) en bij zwakke antenne-koppeling ook zwakkere terugkoppeling (of meer tegenkoppeling van P) noodig zijn.

Bij werken op een kleine antenne is de versterking met één lamp hoogfrequent vóór den detector buitengewoon loonend. De instelling voor telefonie-ontvangst wordt door de grootere sterkte aanzienlijk gemakkelijker. In geheel Nederland is bijv. ontvangst van Daventry met dit schema mogelijk op een enkelen draad binnenskamers als antenne.

Het groote bezwaar van het schema zit in de ingewikkeldheid der hier geschetste genereerverhoudingen, die pas in den allerlaatsten tijd geheel zijn opgehelderd. Tot dusver was vrij algemeen aangenomen, dat de sterkste genereeroneiging samenviel met volkomen gelijkheid der afstemming van de twee kringen. Maar dit is onjuist gebleken.

XVII.

Hooge selectiviteit met minimaal aantal regelingen. —
 Mogelijkheid van ontvangst met raamantennes. —
 „Apericidische” antenne-koppeling.

Wanneer men op een bestaand Koomans-toestel de selectiviteitsverbetering volgens fig. 52 wil aanbrengen, kan men met voordeel gebruik maken van de nu in den handel zijnde honinggraatspoelen met aftakking. Het schema wordt dan als aangegeven in fig. 52a. De secundaire spoel bezit in dit geval een aftakking ergens bij **a**. Bij de bekende Sinus-spoelen is die aftakking verbonden aan een uitstekend metalen lipje op den eenen zijkant van den spoelsteker. De bedoeling is, dat in het toestel de gewone verbinding van de plaat der eerste lamp (zie fig. 50) wordt

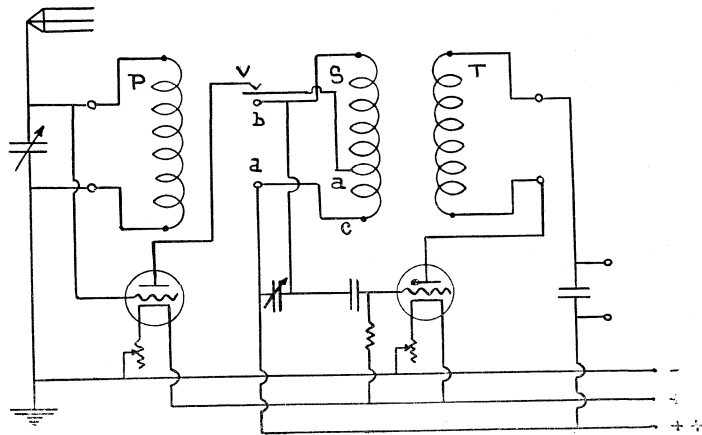


Fig. 52a.

los gemaakt en verbonden aan een veer **V**, aan te brengen vlak boven de bovenste bus **b** van den middelsten spoelhouder. **V** maakt bij insteken der spoel contact met het aan den steker aanwezige lipje en de plaat der eerste lamp komt dus aan aftakking **a**.

In vele gevallen zijn de bussen **b** en **d** van den middelsten, vasten spoelhouder, van blank metaal, of ze kunnen door metalen bussen vervangen worden. Is er dan geen spoel ingestoken, of een gewone spoel zonder lipje, dan drukt de veer **V** neer op bus **b** en ontstaat

weer het gewone Koomansschema. Maar bij gebruik der speciale afgetakte spoel is de plaat der eerste lamp alleen door het stuk **ac** gekoppeld met de secondaire.

Die slechts gedeeltelijke koppeling geeft behalve de selectiviteitsverbetering ook een zeer verminderde neiging van het toestel tot zelfgenereren en als **ac** niet al te klein wordt genomen, kan door de spanningstransformatie, welke tusschen dit stuk der spoel en de geheele spoel **S** optreedt, nog een winst aan geluidsterkte worden verkregen óók! Daarvoor is het noodig, dat men als hoog-frequentlamp een lamp gebruikt met groote steilheid.

Wat de selectiviteit en het beheerschen van het genereren betreft, is het nog meer afdoende, wanneer men de koppeling van den plaatkring der eerste lamp met den roosterkring der tweede heelemaal inductief maakt.

In schema is dit aangegeven in fig. 53. Eigenlijk is dit bijna hetzelfde als in fig. 52a werd aangegeven. Dáár werd de plaatkring der eerste lamp maar ten deele gekoppeld met den roosterkring der volgende. Hier is er nu een uitsluitend inductieve koppeling van gemaakt.

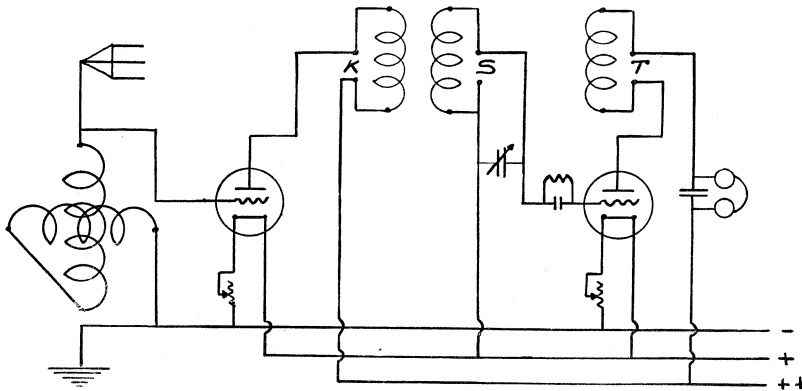


Fig. 53.

De spoelen **K**, **S** en **T** zijn in fig. 53 gedacht in een normalen drie-spoelenhouder. En aangezien het gevaar voor onbeheerschaar genereeren hier wegvalt, omdat de plaatkring der eerste lamp niet wordt afgestemd en de koppeling tusschen **K** en **S** geregeld kan worden, kan de primaire zelfinductie geheel buiten koppeling worden gebracht.

Van die omstandigheid maken we gebruik om de primaire afstemming met een variometer uit te voeren en niet met spoel en condensator. Daarmee bereiken we het voordeel, dat de variometer een veel grooter meetbereik levert, dan ooit met een spoel en condensator wordt verkregen. Dat komt doordat de antenne hoofdzakelijk als een vaste capaciteit is te beschouwen, waardoor men al een condensator van drie maal die capaciteit moet toevoegen om twee maal grootere golf te halen. Daarentegen geeft een variometer met elke willekeurige capaciteit gemakkelijk een regeling 3 op 1. Daarbij komt dan, dat men ook de spoelen van een variometer van een schakelaar serie-parallel kan voorzien, waardoor zelfs wel 9 op 1 is te halen, dus bijv. 200 tot 1800 meter zonder uitwisseling.

Hoe die serie-parallelschakeling moet worden uitgevoerd en hoe sommige variometers uit den handel daarvoor moeten worden veranderd, bespreken we later in een hoofdstuk onder de constructieve wenken.

Thans zij alleen erop gewezen, dat een variometer uit den handel op niet zeer groote antenne mogelijk niet de gewenschte maximum-golf zal geven. Men plaatst dan parallel met den variometer nog een passend vast condensatortje, waarvan de grootte door probeeren is te vinden, of men gebruikt hiervoor een vast ingestelden draaicondensator. Voor **K** neemt men een tamelijk kleine spoel, niet meer dan de helft van het windingstal van **S**. Bovendien wordt de koppeling tusschen **K** en **S** niet al te sterk gemaakt. Bij zeer sterke koppeling zou de afstemming van kring **S** hetzelfde effect hebben, alsof ook **K** werd afgestemd en daardoor zou wèl onbeheerschaar genereeren der eerste lamp kunnen ontstaan. Dit heeft men evenwel door de grootte van **K** en door de sterkte der koppeling in de hand.

Daarbij moet opgemerkt worden, dat ook de eigenschappen der lamp, die voor de hoogfrequentversterking wordt gebruikt, weer van invloed zijn. Daarover het volgende.

De hoogfrequentlamp behoeft in het algemeen geen lamp van groot vermogen te zijn (geen „eindlamp” dus) omdat zij slechts de zwakke, in de antenne aankomende trillingen te verwerken krijgt. Men kan dus, zooals in vorig hoofdstuk is gezegd, meestal evenals voor de detectorlamp een type gebruiken met geringen plaatstroom. Dit brengt mede, dat men dan keuze kan maken uit lampen met groote spanningsversterking. In het gewone

schema-Koomans (met afgestemden plaatkring, die tegelijk roosterkring der tweede lamp is) zou een lamp van grooter vermogen met kleinere spanningsversterking als eerste lamp beslist minder goede werking geven, want zij zou: meer last van zelfgenereeren leveren, minder groote afstemscherpte doen ontstaan (geringere selectiviteit) en minder versterken.

In het schema van fig. 53 kan het daarentegen zijn, dat een lamp van grooter vermogen met lageren inwendigen weerstand en grootere steilheid als hoogfrequentlamp ook *grootere* versterking geeft, al is de spanningsversterking dier lamp geringer. Dit is vooral zoo, wanneer men een kleine spoel **K** gebruikt. De lamp van grooter vermogen doet intusschen ook hier de afstemscherpte verminderen (wat den tweeden afgestemden kring betreft) en de neiging tot zelfgenereeren bij gelijkheid der twee afstemmingen toenemen. Men moet dan vanzelf **K** kleiner nemen en minder sterk koppelen. Met dit al kan dan toch de totale versterking met een lamp van grooter vermogen beter zijn. Voor schema fig. 54 geldt iets dergelijks.

Hoe het mogelijk is, dat een lamp met kleineren versterkingsfactor toch nog meer versterking geeft, laat zich inzien, wanneer men erop let, dat **K** en **S** samen een transformator vormen, waarbij **S** veel meer windingen zal hebben dan **K**, zoodat een *transformatieverhouding* ontstaat, waarbij de spanningen hooger worden opgevoerd. Daartoe moet in den afgestemden kring **S** evenwel ook een zekere stroomsterkte worden opgewekt en dit kan alleen, wanneer in **K** evenredig sterkere wisselende stroomen optreden. Vandaar dat de op **K** aangesloten lamp eenig vermogen moet kunnen ontwikkelen. De spanningsversterking der lamp wordt dan vermenigvuldigd met de transformatieverhouding van den hoogfrequenttransformator, of zooveel minder als het koppelingspercentage betreft. Aan totale versterking kan men dan toch nog gewonnen hebben, terwijl men de mate van selectiviteit in de hand heeft.

Aldus verdient het stelsel van fig. 52a en fig. 53, dat toch maar 2 afstemmingen heeft, beslist de voorkeur boven het schema-Koomans in zijn origineelen vorm. Maar de juiste lampenkeuze is beslissend voor het resultaat.

Een toestel volgens schema van fig. 53 leent zich niet alleen voor ontvangst op zeer kleine antenne (veelal zelfs al op binnen-

antenne) maar geeft zelfs in niet al te ongunstige omstandigheden verrassende resultaten op een raamantenne, voor Daventry 50 windingen, 2 m.M. gespatieerd, 60×60 c.M.; voor Hilversum $\frac{2}{3}$ daarvan ongeveer. De raamantenne wordt in dat geval aangesloten in plaats van den variometer en bij het raam is verder voor afstemming weer een parallel geschakelde draaicondensator noodig. Wil men dus voornamelijk met een raam werken, dan is het beter, niet de variometerschakeling te kiezen, doch het toestel gewoon met uitwisselbare primaire spoel **P** en draaicondensator **Cp** uit te rusten, waarna men **P** zonder meer door het raam kan vervangen.

Bij het origineele schema-Koomans levert dit gewoonlijk bezwaren, omdat men dan het genereeren niet meer in de hand heeft.

Voor antenne-ontvangst laat het toestel zich nog verder verbeteren door er inductieve antennekoppeling op toe te passen.

Dit kan gebeuren op de bij het schema-Koomans aangegeven manier, maar dan krijgt men weer een derde afstemming. En het kan eenvoudiger.

Men kan in de antenne volgens fig. 54 een betrekkelijk kleine

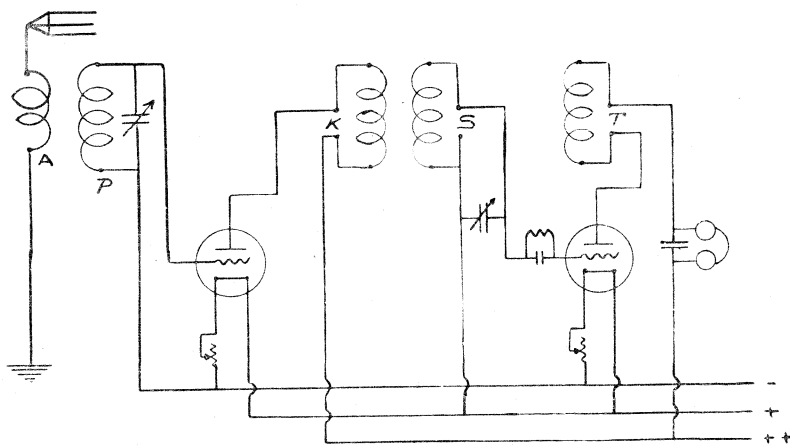


Fig. 54.

spoel A plaatsen, die niet wordt afgestemd, zoodat men wel eens van aperiodische antennekoppeling spreekt. Die spoel is bij voorkeur draaibaar — dus veranderlijk gekoppeld met

P. die met den draaicondensator den eersten afgestemden kring blijft vormen.

De uitvoering van het toestel kan men zich aldus denken, dat men op eenigen afstand van elkaar een twee-spoelenhouder en een drie-spoelenhouder monteert.

De serie-parallelschakelaar vervalt uit dit schema en men heeft slechts twee afstemmingen. De koppeling tusschen K en S kan voor bepaalde lampen normaal vast worden ingesteld. Het aantal overblijvende regelingen is niet grooter dan van elk inductief ontvangtoestel. En hier is een buitengewoon hooge selectiviteit gecombineerd met voordeeligste versterkingsmogelijkheid.

„Aperiodisch” beteekent eigenlijk: zonder periode, dat wil zeggen, zonder eigen afstemming. Nu is bij een antenne, waarin een min of meer willekeurig koppelspoeltje is opgenomen, de antennekring in werkelijkheid niet aperiodisch. Hij is alleen niet afgestemd en in het algemeen zal bij ontvangst van telefoniegolven de niet-afgestemde antenne een kleinere golflengte hebben dan die van het te ontvangen signaal. De verschijnselen, die zich daarbij kunnen voordoen, zijn soms tamelijk ingewikkeld. Zoo kan het zijn, dat de antenne bij ongeluk juist wèl is afgestemd op de golflengte van een sterken vonkzender. Dan zal bij een bepaalde koppeling de storing daarvan heel sterk zijn. Maar door verandering der koppeling laat die storing zich dan toch wel weer onschadelijk maken.

Bij de ontvangers speciaal voor heel korte golven zullen we de „aperiodische” antenne opnieuw aantreffen, maar daar zal de antenne-afstemming veelal grotere golflengte hebben dan die van het te ontvangen signaal. Ook daarbij kunnen zich abnormaliteiten voordoen, die evenwel ook door regeling der koppeling zijn te overwinnen.

Daarom zal men het best bij deze soort van antenne-koppeling proefondervindelijk de juiste antennespoelen voor bepaalde golflengten en voor elke bepaalde antenne uitzoeken. Alleen zal voor de langere golven steeds een grootere koppelspoel in de antenne noodig blijken dan voor de kortere om het beste effect te behalen. Voor een golfbereik als bijv. 1000—2000 meter zal evenwel eenzelfde spoel kunnen dienen. Binnen die grenzen zal een wat grootere of kleinere spoel weinig verschil geven. Voor 500—1000, 250—500, enz. zal men telkens één antennespoel kunnen vinden, die goed is voor het geheele meetbereik.

Ook met de spoelen met een aftakking, zooals werd gebruikt voor de secondaire in schema fig. 52a, kan men iets soortgelijks bereiken als met het schema van fig. 54. Men past dan n.l. óók als primaire een soortgelijke spoel toe en verbindt de antenne niet aan de geheele spoel, doch aan de aftakking. Ook dit levert een soort van aperiodische antenne-koppeling (overigens bruikbaar ook bij primair-ontvangers en bij het origineele Koomans-schema). Een bijkomstig voordeel daarvan is, dat het golfbereik der primaire afstemming grooter wordt. De antenne-capaciteit staat n.l. niet meer parallel op de geheele spoel en telt dus voor de afstemming niet meer ten volle mee. De variatie met den variabelen condensator wordt daardoor grooter.

XVIII.

**Laagfrequentversterking. — Smoorspoelkoppeling. —
Weerstandkoppeling. — Transformator-koppeling. —
Negatieve roosterspanning.**

Zooals in hoofdstuk XV werd uiteengezet, noemt men de versterking, welke toegepast kan worden achter den detector (kristal of lamp) laagfrequentversterking.

De onhoorbare hoogfrequente stroomwisselingen, die aan den detector worden toegevoerd, worden door dien detector omgezet in hoorbare stroomwisselingen. Dat worden minder snelle wisselingen; daarom noemt men ze laagfrequent.

Bij de tot dusver besproken hoogfrequentversterking nu, werd voor de overdracht van de eene lamp op de andere een afgestemde kring gebezigd. Dat zou bij laagfrequentversterking ook mogelijk zijn, wanneer men enkel stroomwisselingen in één bepaalden toon (van één enkele frequentie) moest versterken, zooals dit bij telegrafische seinen kan voorkomen. Gaat 't echter om versterking van telefonie, dan moet men alle muzikale tonen zooveel mogelijk gelijkmatig versterken, dat wil zeggen trillingen van 25 af (zeer lage bastonen) tot 15000 toe (hoogste boventonen van een viool,

telefoonklemmen T_1 van het oorspronkelijke ontvangtoestel is de smoorspoel S verbonden. De laagfrequentversterkerlamp is nu verder precies aangesloten als de 2de lamp in het schema-Koomans aan den secundairen kring. Men vergelijkte fig. 55 maar eens met fig. 50.

De roostercondensator Cr in fig. 55 dient intusschen niet om de tweede lamp te doen detecteeren. Dat is niet meer noodig, want het is al door de eerste lamp geschied; en als de tweede lamp het nóg eens deed, zou dit vervorming van telefonie te weeg brengen. Maar Cr is noodig om de hooge positieve spanning der plaatbatterij van het rooster der tweede lamp af te houden. Men maakt nu in de eerste plaats Cr zóó groot, dat deze condensator trillingen in hoorbare frequentie gemakkelijk doorlaat en in de tweede plaats legt men den lekweerstand Lw aan een negatieve spanning, door een roosterspanningbatterij Rs aan te brengen. Die spanning kan in dit geval geleverd worden door een droge batterij van $1\frac{1}{2}$ à 4 volt. De gunstigste waarde is afhankelijk van de lamp, die men in den versterker bezigt. In een later hoofdstuk zullen wij dit punt uit meer theoretisch oogpunt nader behandelen. Als waarde van Cr is 0.05 à 0.1 microfarad aan te bevelen, dat is 200 à 500 maal grooter dan de roostercondensator eener detectorlamp. Het gaat met kleinere condensatoren van bijv. 0.005 microfarad (5000 micromicrofarad) ook nog wel, maar dit verzwakt de lage tonen. Op de goede isolatie van dezen condensator komt het in hooge mate aan. Er zijn in den handel zoowel condensatoren met papier- als met mica-isolatie voor te krijgen in zeer compacten vorm. De grootte van den lekweerstand behoeft bij gebruik van goede lampen (met voldoende luchtledig) niet bepaald lager gekozen te worden dan wij vroeger al leerden gebruiken; 1 à 3 megohm is gewoonlijk goed. De veelal nog heerschende gewoonte om in laagfrequentversterkers als deze, lekweerstand van 50.000 à 100.000 ohm toe te passen, kan men beter laten varen en regelbaar behoeft die weerstand ook niet te zijn.

De telefooncondensator T_1 is hier een condensator parallel op de smoorspoel geworden. Hij is veelal noodig om een soepele terugkoppeling op het toestel te behouden. Uit een oogpunt van vervormingsvrije werking van den versterker moet hij liefst zoo klein mogelijk zijn.

Over de telefoonklemmen T_2 van den laagfrequentversterker

onder gebruikmaking van speciale weerstandversterkerlampen zeer loonend zijn, bij behoud der hoogst mogelijke kwaliteit. Voor de grootte van Cr en Lw gelden dezelfde opmerkingen als gemaakt bij den smoorspoelversterker. Alleen kan men Cr met voordeel kleiner kiezen, nl. 1000 à 5000 micro-micro-farad, aangezien groote condensatoren in een weerstandversterker dikwijls moeilijkheid geven („dichtslaan” door groote ladingen) en hier ook voor de lagere tonen met een kleinere waarde kan worden volstaan (zie hoofdstukken XXXVII en XXXIX).

Tot voor korten tijd werd voor laagfrequentversterking veel meer gebruik gemaakt van transformatoren dan van smoorspoelen of weerstanden. De laagfrequenttransformator bestaat uit een ijzerkern (liefst z.g. „gesloten” kern van dun gedeeld ijzer, n.l. dunne plaatjes of draadjes) waaromheen twee gescheiden wikkelingen, die van elkaar zijn geïsoleerd, zoodat men heeft een primaire wikkeling P, kern K en secundaire wikkeling S als aangegeven in fig. 57. De bedoeling van het toepassen van een transformator is, dat men de wisselspanningen, die aan de primaire wikkeling, evenals aan een smoorspoel optreden, in de secundaire meer of minder kan opvoeren. De spanningen zijn n.l. bij een trans-

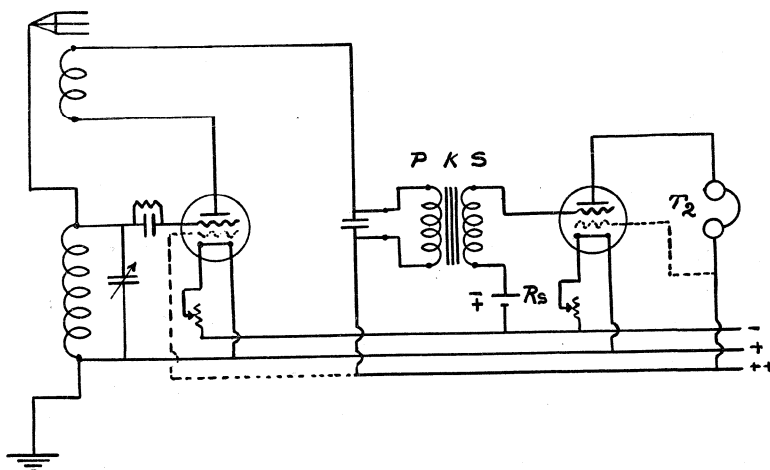


Fig. 57.

formator in de twee wikkelingen ongeveer evenredig met de windingsgetallen. Heeft de primaire 10.000 windingen en de secundaire 30.000, dan kan men ongeveer rekenen, dat de spanningen in

de verhouding 1 : 3 omhooggetransformeerd worden. Die verhouding heet: *t r a n s f o r m a t i e - v e r h o u d i n g* en is ongeveer gelijk aan de verhouding der windingsgetallen. Wat in werkelijkheid hiervan terecht komt, bespreken we later.

Uit het schema fig. 57 ziet men nog een andere bijzonderheid bij transformatorversterking. Door de volkomen scheiding van primaire en secundaire, kan men deze laatste verbinden tusschen rooster en gloeidraad der versterkerlamp, zonder dat hooge positieve spanningen op het rooster komen, zoodat men den roostercondensator en lekweerstand kan weglaten. Zoodra evenwel een versterkerlamp zonder roostercondensator wordt gebruikt, is het voor de goede werking des te noodiger, te zorgen, dat het rooster der versterkerlamp een negatieve spanning heeft ten opzichte van de negatieve zijde van den gloeidraad. Die negatieve spanning moet hoger zijn naar mate de wisselspanningen, die aan het rooster worden toegevoerd, grooter zijn. (De negatieve hulpspanning moet gelijk zijn aan de waarde der hoogste aankomende wisselspanningen). Overigens hangt hiermede ook de keuze der lamp samen. Elke bepaalde lamp kan slechts beperkte spanningen verwerken. Z.g. *e i n d v e r s t e r k e r l a m p e n* kunnen meer verwerken dan andere en vereischen hoogere neg. hulpspanning.

Voor een hoogfrequentversterkerlamp geldt in beginsel hetzelfde, maar in het schema van fig. 50 (schema-Koomans) krijgt de eerste lamp altijd maar kleine wisselspanningen toegevoerd. Daar is enkel deze maatregel genomen, dat het rooster door de primaire spoel heen aan min accu ligt, terwijl door de plaatsing van den gloeistroomweerstand dat punt iets sterker negatief is dan de negatieve zijde van den gloeidraad.

Ook bij een eerste laagfrequentversterkerlamp achter den detector is deze zelfde schakeling soms nog wel eens voldoende. Heeft de versterkerlamp echter meer *n e g a t i e v e r o o s t e r s p a n n i n g* nodig dan verkregen wordt door den *s p a n n i n g s v a l* aan den gloeistroomweerstand, dan moet een extra roosterspanningbatterij worden aangebracht op de plaats, in figuren 55—57 aangegeven met *R_s* en met de pluspool aan min accu, met de minpool aan den transformator of lekweerstand. *R_s* kan, al naar de sterkte der signalen en het vermogen der gebezigde lamp, 1.5 tot 25 Volt moeten bedragen.

XIX.

De laagfrequentversterker als los hulpapparaat. — Verschillende plaatsspanning voor detector en versterkerlampen. — Fijnregeling der roosterspanning. — De juiste verbindingen voor transformatoren. — Roosterspanning zonder aparte batterij. — Maatregelen tegen gillen.

In het algemeen verdient het voor den experimenteerenden amateur aanbeveling, een laagfrequentversterker beschikbaar te hebben als los hulptoestel, dat achter elk willekeurig toestel kan worden aangesloten.

De schema's fig. 58 en 59 geven aan, hoe de weerstand-smoorpoelversterker enerzijds en de transformatorversterker anderzijds daarvoor kunnen worden ingericht. In deze schema's zijn 2-lamps-versterkers voorgesteld, die na de aanwijzingen in het vorig hoofdstuk weinig toelichting meer noodig zullen hebben.

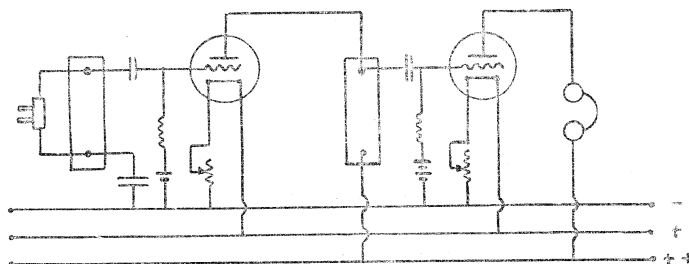


Fig. 58.

We vestigen er alleen de aandacht op, dat de eerste smoorspoel (of weerstand) in fig. 58, die door den roostercondensator met 't eerste rooster is verbonden, aan den anderen kant door een even grooten condensator (minstens $0.1 \mu F.$) aan min gloeidraad zit. Dit is om te voorkomen, dat bij aansluiting van den versterker aan een lampontvanger, de smoorspoel twee verschillende geleidende verbindingen zou krijgen met de batterijen, waardoor bij verschillend afgetakte plaatsspanning voor detector en overige lampen een kortsluiting zou ontstaan.

Overigens is aldus een inrichting verkregen, die zelfstandig als

versterker op eigen batterijen kan werken, maar ook zoodanig met den ontvanger kan worden verbonden, dat die voorafgaande lamp-ontvanger op dezelfde batterijen werkt. Daartoe moeten de linksche klemmen der batterijleidingen verbonden worden met de batterij-aansluitingen van den ontvanger.

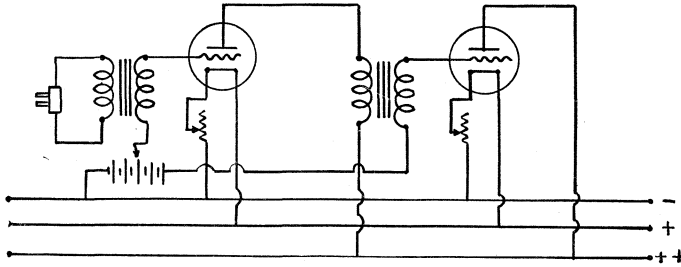


Fig. 59.

Eindelijk kan men (ook volgens fig. 59) voor de detectorlamp op het ontvangtoestel, waaraan de versterker wordt verbonden, de plaatspanning op een lagere waarde van de plaatbatterij aftakken. Zeer vele detectorlampen werken n.l. beter met een lagere spanning dan de versterkerlampen. Men verbindt dan de acculeidingen van ontvangtoestel en versterker aan elkaar, zoodat alle lampen op één accu staan en de aan de accu verbonden neg. pool der hsp. batterij ook gemeenschappelijk is, maar terwijl men aan plus hsp. van den versterker de hoogste plusspanning van de batterij legt, verbindt men aan plus hsp. van het toestel een lager op de batterij afgetakt punt.

In fig. 59 ziet men verder, hoe de twee versterkerlampen negatieve roosterspanning verkrijgen door aftakking op één rooster spanningbatterij R_s . Hier is aftakbaarheid met 1.5 Volt gewenscht. Fijnere regeling met een potentiometer is overbodig. Ook de lekweerstand in fig. 58, kunnen op gelijke wijze aan één negatieve roosterspanning worden gelegd. Ter vergelijking zijn in fig. 58 evenwel twee roosterbatterijen geteekend.

Plaatsing van roosterbatterijen tusschen transformator en rooster is minder gewenscht. Die batterijen hebben een zekere capaciteit tegenover aarde en het is beter, de roosters niet op zulk een wijze capaciteef te aarden.

Wil men beslist een fijnere regelbaarheid der roosterspanning dan met 1.5 Volt tegelijk (één celletje uit een droge zakbatterij)

dan moet men regeling met een potentiometer toepassen, zooals we vroeger reeds bij de kristaltoestellen voor den carborundum-detector leerden kennen. De grootte van den potentiometer is weer alleen van belang voor het niet te spoedig uitputten van de batterij, die erop kortgesloten staat en kan waarden tusschen 100 en 1000 ohm hebben. Men kan één enkel celletje op den potentiometer schakelen en zoo noodig verder nog celletjes in serie schakelen tusschen potentiometer en transformator. (Denk om een schakelaartje om bij niet-gebruik de potentiometercel af te schakelen).

Een andere methode voor fijnere regelbaarheid, die geen aparte potentiometerbatterij kost, is schakeling van een potentiometerweerstand over de accu als in fig. 60. De potentiometer P geeft hier een fijnregeling ter grootte van de spanning, die op den gloeidraad staat. Men moet er echter om denken, dat de op den potentiometer verkregen spanning van de neg. roosterspanning a f g a t. Er zijn dus enkele Volts meer noodig in de roosterspanningbatterij. De potentiometer, alleen gebruikt, zou positieve roosterspanning geven. Men ziet, hoe P met de leidingen naar den gloeidraad is verbonden b o v e n den gloeistroomweerstand. Aangezien de uitschakeling der accu meestal plaats heeft met dien weerstand, is dan tevens de accu van den potentiometer af.

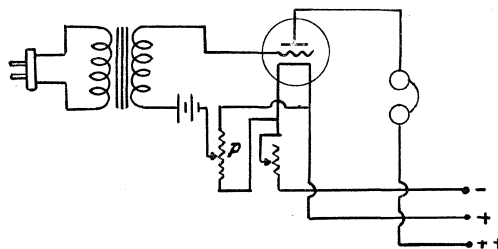


Fig. 60.

Uit den aard der zaak kan men ook bij een transformatorversterker roostercondensatoren met lekweerstand gebruiken en dan kan men zelfs voor niet te sterke signalen de roosterspanningbatterij weglaten. Zooals we echter later bij de bespreking der werking van lampen zullen zien, is het werken met roosterspanning voor laagfrequentversterking te prefereren.

Wat de aansluiting der transformatoren betreft, moet liefst het

rooster aan de buitenste winding der secondaire worden verbonden en de voorafgaande plaat aan de binnenste winding der primaire. De letters en cijfers bij de laagfrequenttransformator-klemmen hebben gewoonlijk de volgende beteekenis:

binnenste winding	buitenste winding
e == Eingang	a == Ausgang
e == entrée	s == sortie
i == in	o == out
0 == begin	1 == einde
1 == begin	2 == einde

Bij weerstand- en smoorspoelversterkers met méér den één lamp wordt zeer vaak in den eersten trap een ingangstransformator gebezigd, waarna pas in de volgende trappen de smoorspoelen of weerstanden volgen. Het schema geeft fig. 61. De met 1½ volt aftakbare roosterspanningbatterij R_s levert hier instelbare negatieve roosterspanningen aan alle drie de lampen.

Een bijzondere methode om regelbare roosterspanningen zonder aparte roosterspanningbatterij te verkrijgen, is afgebeeld in fig. 62. Daar is een weerstand R aangebracht in de minleiding der hoogspanningbatterij. Het punt

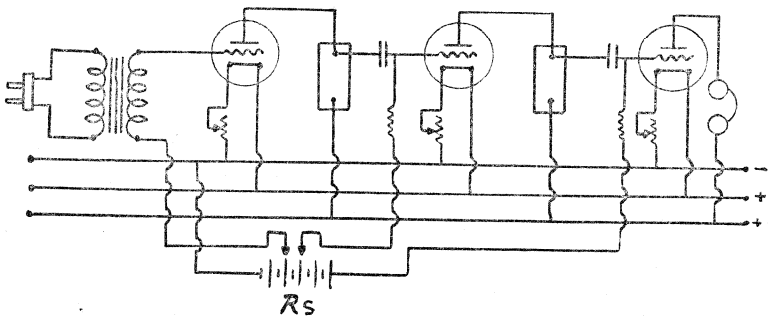


Fig. 61.

a van dien weerstand is verbonden met min accu. In de tot dusver behandelde schakelingen legden we steeds de negatieve pool der hsp. batterij aan plus accu, hetgeen de spanning der accu aan de plaatspanning toevoegt. We merkten echter al op, dat verbinding aan min accu even goed werkt, zij het, dat 't voor gelijke plaat-

spanning een droge cel méér kost. In dit geval moeten we dat voor lief nemen.

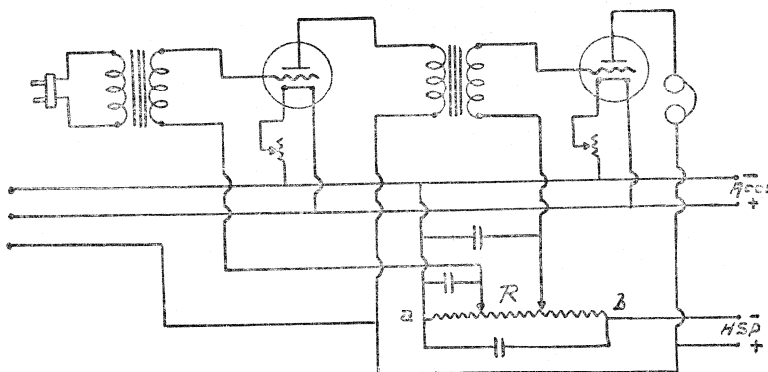


Fig. 62.

Beschouwen we den positieven stroomloop in de hoogspanningsbatterijleiding, dan doorloopt die den weerstand R van a naar b in fig. 62, hetgeen zeggen wil, dat a positief is ten opzichte van b , dus b negatief ten opzichte van a . Elk punt van den weerstand is dus negatief ten opzichte van a , dus ten opzichte van de negatieve zijde van den gloeidraad. Derhalve kunnen we met aftakkingen op R (als deze weerstand groot genoeg is) negatieve roosterspanningen verkrijgen. Dit is in de figuur aangegeven.

Hoe groot R moet wezen, laat zich voor elk geval berekenen. De spanningsval aan een weerstand van R Ohm, waardoor een stroom van i milliampères loopt, is: $\frac{Ri}{1000}$ Volts. Is de totale plaat-

stroom 5 m.A., dan heeft men dus 200 Ohm noodig voor elke Volt neg. roosterspanning. Bij grooteren plaatstroom evenredig minder. Een weerstand van 2500 ohm zal dus zeker groot genoeg zijn en in de meeste gevallen is 1000 ohm voldoende. Daarbij kan die weerstand in afdeelingen van bijv. 100 of 200 ohm aftakbaar wezen. Het is niet bepaald noodig, er een schuifweerstand voor te nemen.

Ter vermindering van terugkoppelingen, doordat de plaatstroom van al de lampen in den weerstand spanningsval geven, dient men den heelen weerstand en elk der aftakkingen te overbruggen met condensatoren van minstens $0.1 \mu F$.

Geheel gratis krijgt men de negatieve roosterspanning hier natuurlijk óók niet. Voor gelijke plaatspanning moet men de plaatbatterij zóó veel meer Volts geven als de spanningsval in den weerstand bedraagt. Men krijgt dus minstens evenveel cellen als bij een afzonderlijke roosterspanningsbatterij. Het voordeel is, dat geen a f z o n d e r l i j k e batterij valt aan te sluiten.

Oók zullen we het stelsel later weer ontmoeten bij de ontvangst op wisselstroom.

Wat den bouw van transformatorversterkers betreft, zullen zich met 2 lampen gewoonlijk geen moeilijkheden voordoen, maar versterkers met 3 lampen hebben vaak een zeer onaangename neiging tot gillen. Deze ontstaat door ongewilde terugkoppelingen in het apparaat.

De voorzorgen, bij den bouw hiertegen in acht te nemen, zijn:

Plaatsing der transformatoren niet te dicht bij elkaar. Als kleine afstand onvermijdelijk is, plaatsing der transformatoren zoodanig, dat de eene kern loodrecht staat op het midden der andere.

Dicht bij elkaar leggen, liefst in één bundel van alle batterijdraden, welke verder van alle andere verbindingen verwijderd zijn te houden. Eventueel aanbrengen van een grooten condensator (0.1 à 2 μ F.) tusschen min-gloeidraad en plus-hoogspanning.

Korte verbindingen tusschen transformatoren en roosters en liefst ook tusschen transformatoren en platen.

Vermijding van nadering der plaatgeleidingen van volgende lampen tot roostergeleidingen van voorafgaande, zoowel als van zelfde lampen. Hierbij valt op te merken, dat wanneer men, zooals aangegeven, alle roosters aan de buitenste windingen der secondaires verbindt en alle platen aan de binnenste der primaires (bij wikkeling in gelijke richtingen) een toestand ontstaat, waarbij op elk moment alle roosters ladingen hebben van het zelfde teeken en ook in alle plaatkringen de stroomvariaties gelijk gericht zijn. Door de verbindingen van de primaires alle te verwisselen, krijgt men een toestand, waarbij de roosters elk moment om en om verschillende ladingen hebben en de plaatstroomvariaties om en om verschillend zijn gericht. Soms kan men dientengevolge door omwisseling der verbindingen van één of meer primaires bestaande terugkoppelingen en gilneigingen onderdrukken. (Men verandert terugkoppelingen in tegenkoppelingen). Het zelfde is te bereiken met omwisseling van secondaire verbindingen, maar aangezien dit bepaald ook ten nadeele komt van de versterkerwerking en een

dergelijk effect heeft als parallelplaatsing van een condensator op de secundaire (algemeene verlaging van het geluid = holle toon) is het beter, aan de secundaire verbindingen niet te tornen.

In het algemeen zal het bouwen van een versterker het beste resultaat hebben, als men de onderdeelen in een gelijke volgorde plaatst als in het schema. Lange heen- en weergangen van draden kan men dan voorkomen. Plaatst men de lampen binnen in het toestel, dan komen bij een laagfrequentversterker als hier aangegeven, alleen de aansluitklemmen of stekerbussen en de knoppen der gloeistroomweerstand naar buiten. Bij gebruik van gekochte onderdeelen is het niet noodig een ebonieten front- of bovenplaat te gebruiken. Alle onderdeelen kunnen in een houten kistje worden gemonteerd en alleen de aansluitklemmen behoeft men op strookjes eboniet te zetten.

Een vraagpunt omtrent den transformatorversterker betreft de gunstigste transformatieverhoudingen, in de achtereenvolgende trappen toe te passen. We zullen later bespreken hoe dit punt samenhangt met de eigenschappen der voorafgaande lampen en met den geheelen bouw der transformatoren. Onder bepaalde vooropstellingen komt men tot het resultaat, dat de verhouding voor den eersten transformator steeds klein moet wezen (bijv. 1 : 2) en voor opvolgende transformatoren toenemend mag zijn. De practijk leert, dat men den regel kan aannemen, dat het product van de transformatieverhouding en den versterkingsfactor der vorige lamp liefst niet meer dan 30 mag bedragen.

De onvolkomenheid der werking van transformatoren in laagfrequentversterkers is wel de oorzaak, dat het voordeel der spanningsopvoering door de transformatieverhouding niet volledig tot zijn recht komt, zoodat wij in het algemeen geneigd zijn, in elk geval kleine verhoudingen aan te bevelen en liever meer aandacht te schenken aan de gegevens over den overigen bouw van den transformator: capaciteitsvrije wikkelingen door schijfwikkeling, cloisonneering of bijzondere isolatievoorzorgen tusschen de lagen; verder door de proef vastgestelde geringe vervorming bij gebruik achter bepaalde lampen.

Een drielampsversterker kan zeer goed werken met transformatoren 1 : 2, 1 : 3, 1 : 4.

Elke laagfrequentversterker is ook achter een kristal-

toestel een nuttig werkzaam apparaat en is in staat om zelfs signalen, die onversterkt geheel onhoorbaar zijn, tot hoorbaarheid te brengen. Achter een kristal kan vaak een transformator met hooge verhouding van 1 : 10 of zelfs 1 : 20 nuttig wezen.

Wanneer een versterker niet voor telefonie moet dienen, doch speciaal voor telegrafische seinen, dan kan het voordeel opleveren, transformatoren te bezigen, die een bepaalde voorkeur voor één enkelen toon vertoonen. Bij zwevingsontvangst van ongedempte seinen stelt men dan door de afstemming steeds op dien bepaalden toon in (zie hoofdstuk XXXII) en krijgt daardoor een winst aan sterkte en aan selectiviteit.

Het komt hierop neer, dat voor telegrafie zeer goed kan wezen een transformator, die telefonie erg vervormt. De goede transformatoren zijn niet steeds de beste voor seintekens.

XX.

Versterkt-onversterkt-schakelaars. — Aansluiting van telefoon of luidspreker over smoorspoel en condensator. — Schema's met rolschakelaars en wipschakelaars. — Stop en klinken.

In wezen is de laagfrequentversterker een zeer eenvoudig apparaat. Een meer ingewikkelden vorm verkrijgt hij, als men een schakeling wenscht, waarbij het mogelijk is, snel een willekeurig aantal lampen in dienst te stellen en dan al dan niet aan de versterkerlampen nog bijv. een hoogere plaatspanning te kunnen geven dan aan de detectorlamp, of ook aan de laatste lamp of lampen een hoogere spanning dan aan de vorige.

Hier zijn tal van verschillende schakelingen denkbaar, waarvan we er eenige zullen nagaan.

Een zeer eenvoudige omschakeling laat zich tot stand brengen bij den smoorspoelversterker op de in fig. 63 aangegeven wijze. Daartoe is hier een schakeling voor telefoon of luidspreker toegepast, afwijkende van de tot dusver getoonde directe aansluiting in den plaatkring. Volgens fig. 63 wordt de luidspreker of de telefoon niet door den batterijstroom doorlopen. In serie met de telefoon staat de blokkeeringscondensator Cb, liefst van 0.5

à $2 \mu F.$, die alle stroomwisselingen van de spreekstroomen gemakkelijk laat passeeren in verband met zijn grootte. De gelijkstroom naar de laatste plaat stroomt door een extra aangebrachte

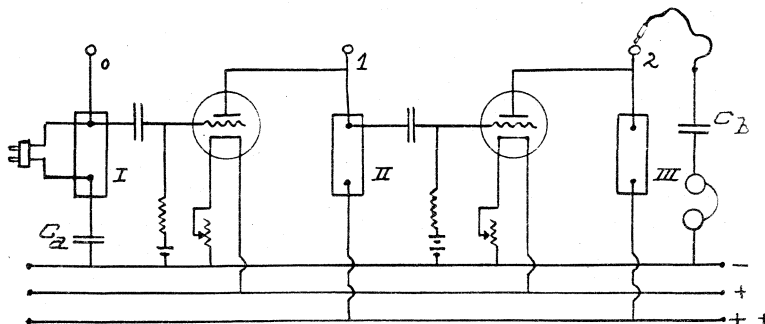


Fig. 63.

smoorspoel III, waarop de luidspreker met condensator feitelijk parallel komen te staan.

Dit is in het algemeen (ook in alle andere toestellen) een goede methode van aansluiting voor telefoon of luidspreker. Die loopen hierdoor nooit gevaar van doorbranden. Het hindert ook voor de magneten niet, in welke richting men ze aansluit en de trillplaat kan dichterbij de magneten worden gesteld zonder gevaar, dat

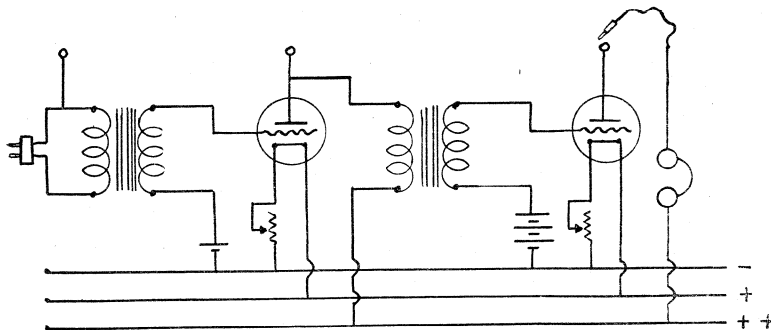


Fig. 64.

die plaat dan bij inschakeling van het toestel door den plaatstroom tegen de kernen zou gaan vastzitten. Alleen moet, om geen merkbaar verlies aan geluidsterkte te doen ontstaan, de smoorspoel

een flinke grootte bezitten. De waarde van 20 à 30 Henry, vroeger ook voor de andere aangegeven, is volkomen veilig.

Voor ons doel op dit oogenblik is de schakeling bij uitstek gunstig omdat men met een eenpolig stekertje den luidspreker nu in de stopgaten 0, 1 en 2 achtereenvolgens met elk der smoorspoelen

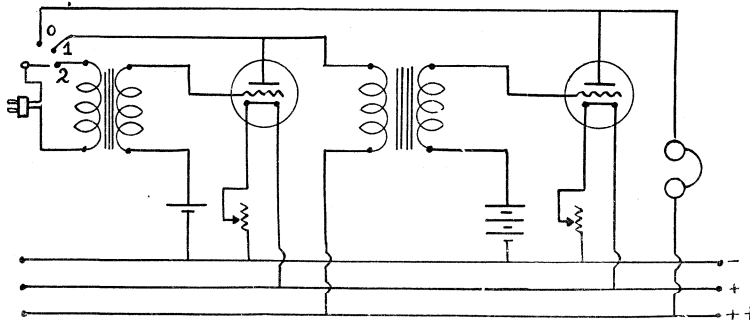


Fig. 65.

parallel kan zetten en aldus enkel op detector of met 1 of 2 lampen laagfrequent kan luisteren.

Precies op dezelfde wijze kan men bij een transformatorversterker een inrichting maken, waarbij de luidspreker achtereenvolgens parallel wordt geschakeld met de primaires der transformatoren. Het kan echter voorkomen, dat die wikkelingen niet de gewenschte hoge zelfinductie bezitten en men dus geluidverlies krijgt.

Het is natuurlijk niet beslist noodig, voor dit stelsel de telefoon met serieblokcondensator toe te passen. Het kan ook volgens fig. 64 en het snoertje met stekker kan ook een enkelpolig schakelaartje zijn. Dan moet men er evenwel om denken, dat met telefoon in contact 0 de detector nooit op lagere plaatspanning mag zijn afgetakt dan de overige lampen, omdat dan een deel der batterij over de telefoon zou worden kortgesloten. Het schema van fig. 63 laat de gelegenheid tot verschillende aftakking wèl.

Een variatie op fig. 64, die nogal eens wordt toegepast, maar minder goed is, vindt men in fig. 65. De schakelaar doet daar het omgekeerde als in de vorige schema's. Met schakelaar op 1 luistert men n.l. enkel op de laatste lamp. Deze methode heeft 't ernstige nadeel, dat als op het ontvangtoestel een aftakking is gemaakt voor lagere plaatspanning voor de detectorlamp, die

lagere spanning alleen in stand 2 (volle versterking) werkelijk aan de detectorlamp wordt toegevoerd. In standen 0 en 1 hebben alle lampen dezelfde plaatsspanning. Bovendien loopt in stand nul de plaatstroom van 2 lampen (detector en buiten dienst zijnde laatste) door telefoon of luidspreker. Als deze dus gevoelig is gesteld, kan het zijn, dat op stand 0 het membraan vast slaat. Dat bezwaar doet zich in de praktijk nogal eens gevoelen.

Bovendien plaatst men in verschillende standen telkens een anderen transformator achter de detectorlamp, hetgeen ook minder gewenscht kan zijn.

Bij al de voorafgaande schakelingen staat men voor de noodzakelijkheid, als men gedurende langeren tijd eenige lampen buiten dienst wil houden, die lampen afzonderlijk te dooven.

Het is evenwel zeer goed mogelijk, het zoo in te richten, dat men met een enkele beweging niet alleen de telefoon of den luidspreker overschakelt, maar tevens den gloeistroom naar behoefte in of uitschakelt.

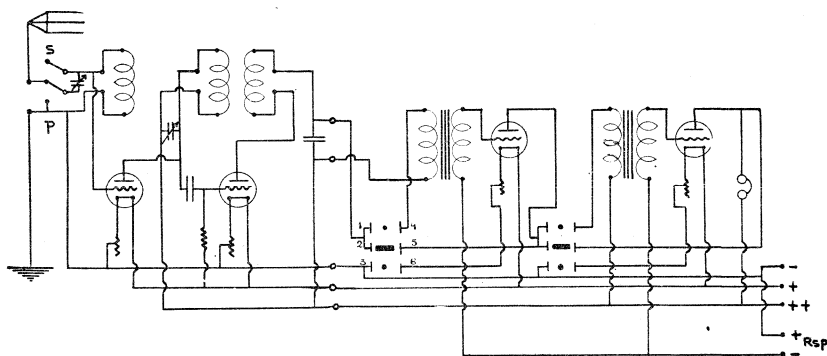


Fig. 66.

Zoo geeft fig. 66 een volledig schakelschema van een Koomans-toestel met 2 lampen laagfrequent, waarbij in den laagfrequent-versterker rolschakelaars zijn aangebracht (zie daarover ook hoofdstuk V) waarmee elk der laagfrequentlampen afzonderlijk kan worden ontstoken en in dienst gesteld.

Volgens dit schema kan men zoowel toestel en versterker afzonderlijk uitvoeren als ook tot één geheel samenbouwen.

In geval van samenbouw bevelen we sterk aan, het toestel van

links naar rechts geheel volgens het schema in de lengte te monteren, zoodat hoog- en laagfrequentgedeelte logisch achter elkaar volgen.

Wil men per sé een smal, hoog toestelmodel, plaats dan het hoogfrequentgedeelte bovenin en het laagfrequente gedeelte beneden, dus bijv. niet al de 4 lampen in één rij, zooals men dit veelal ziet, maar 2 lampen boven en 2 onder, zoodat men geen wirwar van verbindingsdraden van den laagfrequentversterker midden tusschen de draden van het hoogfrequente gedeelte krijgt.

Een zeer goede montage is te verkrijgen, wanneer men het toestel brengt in het model van fig. 67. De batterijaansluitingen zijn hier

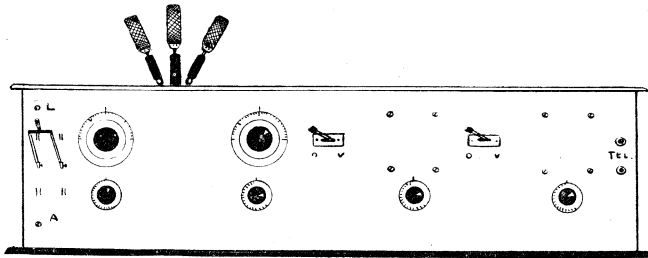


Fig. 67.

ter zijde gedacht. Aansluitingen aan de achterzijde zijn vaak zeer lastig. Batterij-draden mag men in het toestel gerust geïsoleerd vlak naast elkaar leggen en hoe meer men ze bij elkaar houdt en verwijderd van plaat- en roosterverbindingen, hoe beter. De lampen kan men zich recht op geplaatst, achter op de grondplank van het toestel denken en het geheel zóó gemaakt, dat grondplank en frontplaat aan elkaar zijn bevestigd en in hun geheel uit de toestelkist kunnen schuiven. Bij zij-aansluiting voor de batterijen is dan een gleuf te maken beneden in één der zijwanden van de kist, waar na het inschuiven de stekerbussen bereikbaar moeten zijn. In fig. 67 ziet men links 2×4 schroefkoppen, van de bevestiging der transformatoren op de frontplaat. De transformatoren kunnen ook achter op de grondplank in de kist staan.

In elk geval: zoek steeds een opstelling der onderdeelen met korte verbindingen, vooral voor de roosterkringen, en laat de frontplaatverdeling afhankelijk worden van een goede opstelling der deelen en niet omgekeerd de opstelling beheerschen door het uiterlijk, dat men aan de frontplaat wil geven. In den handel zijn

nog al te veel toestellen, die in dit opzicht als afschrikwekkende voorbeelden mogen dienen, maar niet als voorbeeld om naar te werken.

Wil men in plaats van het gewone Koomans-schema dat van fig. 54 uitvoeren in den vorm van fig. 67, dan kan de twee-spoelenhouder voor aperiodische antenne-spoel en primaire spoel op den linkerzijwand van de kist worden gemonteerd, om na het inschuiven van het apparaat in de kist, met soepele snoertjes de verbindingen te maken.

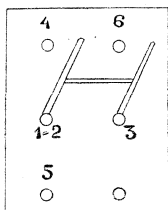


Fig. 68.

De rolschakelaars van fig. 66 kunnen vervangen worden door gewone dubbelpolige schakelaars. In fig. 68 is met cijfers, die correspondeeren met de cijfers bij de contacten van den eersten schakelaar in fig. 62 aangeduid, hoe men dan de verbindingen heeft te maken. Ook de dubbele veerschakelaar van fig. 69 is voor het zelfde doel geschikt, een model dat men in den handel vindt en waarvoor fig. 70 de verbindingen aangeeft. Aangezien de verbindingen der 2 schakelaars in fig. 66 onderling geheel overeenkomstig zijn, geldt voor den tweeden het zelfde als voor den eersten.

Fig. 66 is een schema, waarin alle lampen dezelfde plaatsspanning moeten hebben. Het is niet mogelijk, aan één der lampen een andere spanning te geven.

Men kan wèl — als men de batterijdraden tusschen hoog en laagfrequentgedeelte verbreekt, aan elk der deelen een eigen accu en eigen hsp. batterij geven, maar dan komt toch bij uitschakeling der versterkerlampen de hsp. batterij van den versterker op den detector te staan.

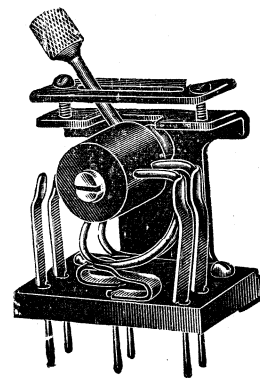


Fig. 69.

Wil men aan detector- en hoogfrequentlamp éénzijdig, en aan de laagfrequentlampen ieder voor zich, afzonderlijke plaatsspanningen kunnen geven, afgetakt van één batterij, dan vervalt men in de meer ingewikkelde schakelaars van fig. 71.

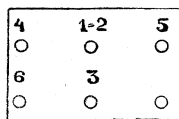


Fig. 70.

Die schakelaars laten zich dan wederom vervangen door veerschakelaars volgens fig. 72, maar

slechts met 3 veeren aan elken kant en waarvan de verbindingen zijn aangeduid in fig. 73.

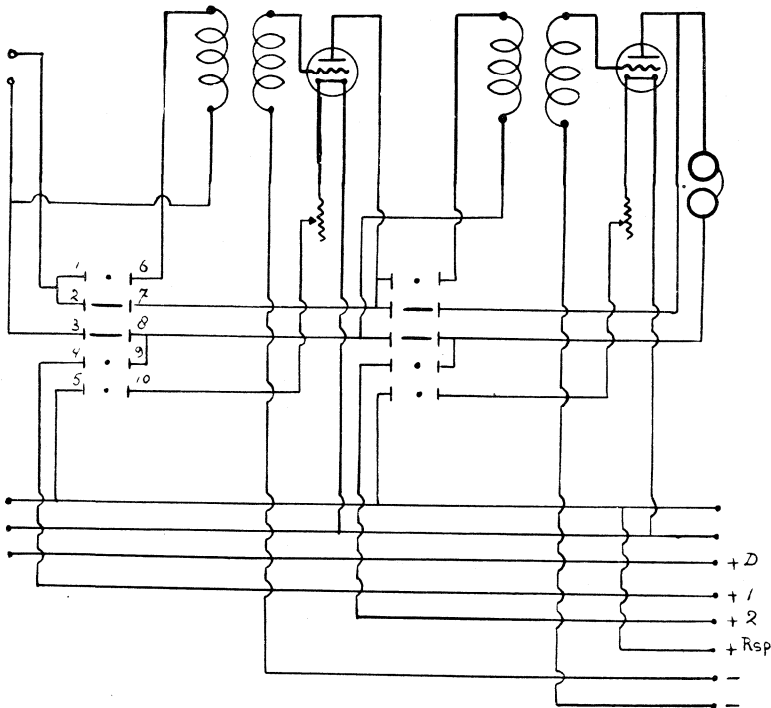


Fig. 71.

Het zal zonder meer duidelijk zijn, hoe de laagfrequentversterker volgens schema fig. 71, dien van fig. 66 kan vervangen door hem op dezelfde wijze als in fig. 66 met het hoogfrequente gedeelte door te verbinden.

Deze combinatie levert een toestel, waarin men de meest uiteenlopende lampen samen kan gebruiken.

Voor hen, die niet tegen wat meer werk opzien, bevelen we deze inrichting van het toestel het meest aan en nog sterker de combinatie met het schema van fig. 54.

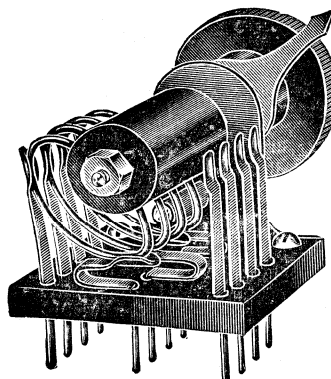


Fig. 72.

Wat we beslist willen ontraden, is het gebruik van wipschakelaars met drie standen, waardoor men het werk der t w e e in onze

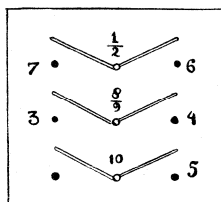


Fig. 73.

figuren telkens aanwezige schakelaars gelijktijdig wil laten doen. Dat geeft een samenbrengen van massa's draden op één punt in het toestel, waarvan allerlei storingen het gevolg zijn. Wipschakelaars zijn wèl te gebruiken in plaats van elk der afzonderlijke schakelaars. Een ruim gebouwde dubbelschakelaar bijv. als van fig. 74 is in fig. 66 zelfs z e e r g o e d toe te passen.

Een andere soort versterkt-onversterkt schakeling is die met stop en klinken.

Telefoon en (of) luidspreker worden hiertoe niet aan een normaalsteker verbonden, maar aan een z.g. stop, als afgebeeld in

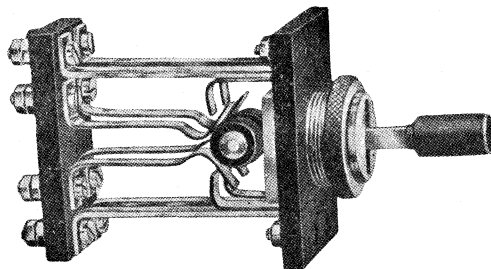


Fig. 74.

fig. 75. De punt van de stop is geïsoleerd van het overige, staafvormige gedeelte. Inwendig is van het telefoonsnoer het eene uiteinde verbonden met de punt, het andere uiteinde met het staafvormige lichaam.

Afbeeldingen van de voor ons doel het meest in aanmerking komende typen van klinken vindt men in fig. 76. Men zal gemakkelijk inzien hoe bij het insteken van de stop de kop contact maakt met de van een haakvormige buiging voorziene veer en de staaf met het lichaam van de klink, terwijl verder diverse andere verbindingen door het oplichten van den haak kunnen worden gemaakt of verbroken.

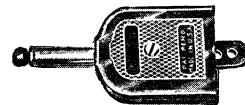


Fig. 75.

Uit fig. 77 is te zien, hoe betrekkelijk eenvoudig het schema wordt met klinken. Schema fig. 77 is n.l. geheel gelijkwaardig met schema fig. 71. De aansluiting achter een ontvangtoestel of de samenbouw daarmee **geschiedt** geheel als aangegeven in fig. 66, terwijl het ook even goed past achter fig. 38 (primair-ontvanger) of 44 (secondair-ontvanger).

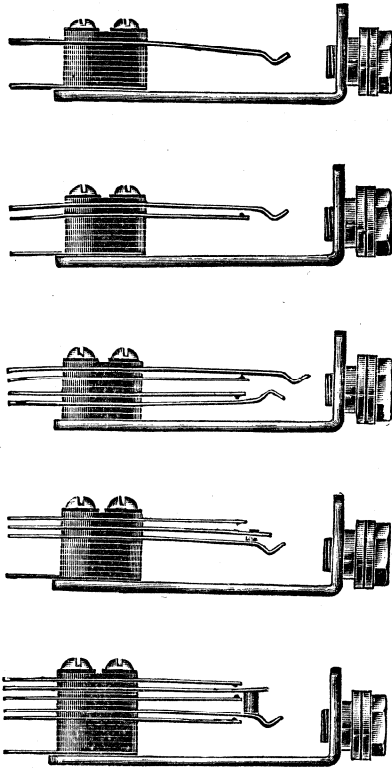


Fig. 76.

Een verbinding tusschen de klem van plus hsp. op den ontvanger behoeft met den versterker niet te worden gemaakt. Als men alleen de acculeidingen doorverbindt en tevens de verbindingen maakt met de telefooncontacten, is vanzelf + d over klink I al met het toestel verbonden.

Zonder ingestoken telefoon-stop zijn alle lampen (ook die op den ontvanger) gedoofd. Met stop in I worden alleen de lamp of lampen van den ontvanger in werking gesteld. Met stop in II komt er de eerste laagfrequentlamp bij. Met stop in III voegt men de tweede laagfrequentlamp toe. Wordt

de stop uitgetrokken, dan zijn zoowel accu als hoogspanning-batterij geheel afgeschakeld.

Alleen kan men hier **n i e t**, zooals in fig. 67 en 71. naar willekeur òf de 1ste òf de 2de lamp laagfrequent gebruiken.

Al de aangegeven laagfrequentversterkers kunnen uit den aard der zaak in plaats van met 2, ook met 1 of 3 lampen worden uitgevoerd.

Het afleiden der schema's daarvoor uit de gegevene is zóó gemakkelijk, dat het wel overbodig is, er afzonderlijke afbeeldingen van te geven.

In het algemeen kan men rekenen, dat één lamp laagfrequent achter een Koomans-ontvanger (totaal 3 lampen) bij goede werking zelfs op kleine antenne een zeer voldoende huiskamergeluid geeft van Hilversum, Daventry en de sterkste kortegolf-telefoonstations.

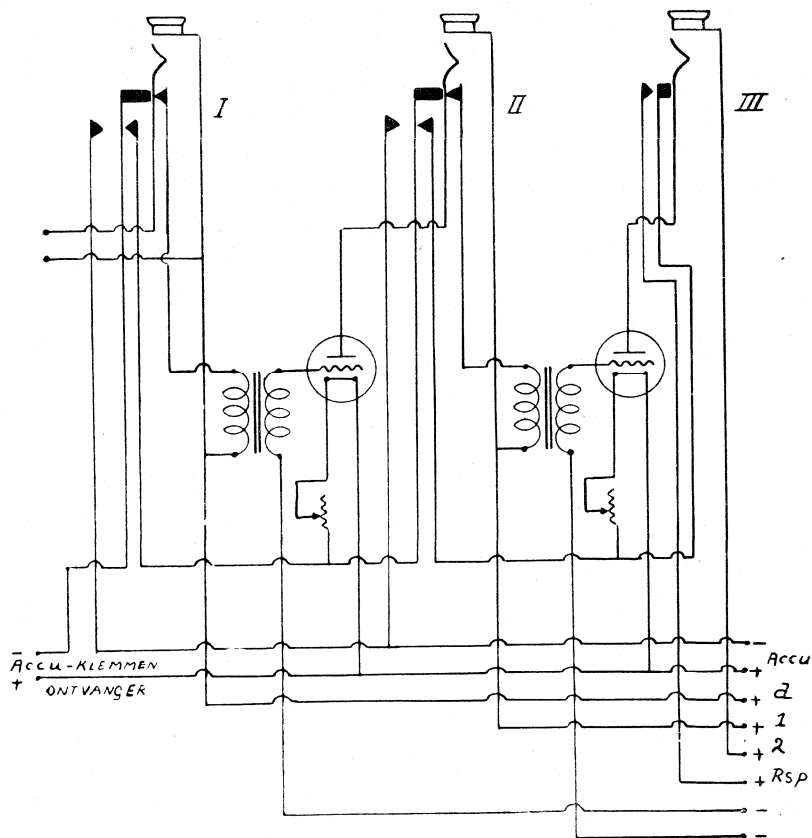


Fig. 77.

Vier lampen heeft men alleen noodig voor de zwakkere stations of voor buitengewoon sterk geluid.

Laagfrequentversterking met meer dan 2 lampen zal dus zelden voorkomen en waar het beslist noodig is, zal in plaats van een gewone derde lamp steeds de later te bespreken balans-eindversterker beter effect geven.

Normaal is met transformatoren het werken met meer dan 2 gewone laagfrequenttrappen te ontraden.

**Het nut van eenig theoretisch inzicht. — Stroomen in condensator-
kringen. — Betere straling door open, dan door gesloten
kringen. — Een condensator is een elastisch vat. —
Wisselstroomweerstand van condensatoren. — Serie
en parallelschakeling.**

Ongetwijfeld is de radiotechniek een vak, waarvan men aan de hand der practijk het best op de hoogte komt. Ook zonder diepgaande theoretische kennis kan men met behulp van eenige leiding — zooals wij getracht hebben hier te geven, — daarin met vrucht constructief werkzaam zijn. Maar toch is voor het inzicht in de werking van meer ingewikkelde schema's eenige theorie, zoowel omtrent de verschijnselen van hoogfrequente wisselstroomen als omtrent de gebruikte lampen vrijwel onontbeerlijk.

Daarom lasschen wij hier eenige hoofdstukken in van meer theoretisch-bespiegelenden aard, alvorens met de ontwikkeling van verschillende ontvangsystemen verder te gaan.

Trillingen in den aether als die, waarmee men draadloos seint, gaan uit van elken geleiddraad, waarin veranderlijke stroomen loopen. Men kan zich dit zoo voorstellen, dat elke stroomstoot tevens een schok geeft aan den omringenden aether.

Nu heeft de opwekking van electriche stroomen gewoonlijk plaats in gesloten geleiders (fig. 78). Het laat zich echter gemakkelijk inzien, dat gesloten geleiders in het

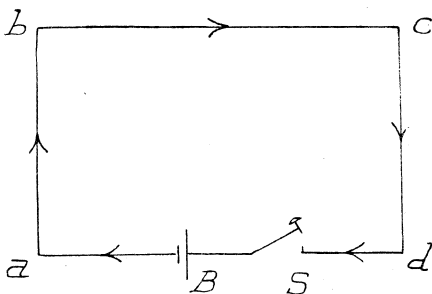


Fig. 78.

algemeen geen sterke afstandwerking kunnen geven. In de figuur zal, wanneer met den sleutel *S* de batterij *B* wordt verbonden, een stroomstoot door de geleiding gaan in de richting der pijltjes. In *ab* gaat de stroom naar boven als die in *cd* naar beneden gaat. Ook in *bc* en *ad* zijn de stroomrichtingen tegengesteld. Daardoor heffen de afstandwerkingen van elk paar tegenovergestelde zijden

van de geleiding elkaar grootendeels op, te meer als men zich verder verwijderd.

Intusschen zijn kortstondige stroomstooten ook mogelijk in niet geheel gesloten geleiders. Stel, dat wij in de geleiding ergens een condensator **C** aanbrengen, bestaande uit twee tegenover elkaar gestelde metalen platen, met lucht er tusschen (fig. 79). Als we dan een meter **A** van voldoende gevoeligheid in de geleiding plaatsens, zal bij neerdrücken van den sleutel **S** blijken, dat de meter heel even uitslaat. Dat komt, doordat de spanning der batterij een positieve electriche lading op de eene condensatorplaat drukt en de negatieve electriciteit op de andere plaat. De ladingen der twee platen trekken elkaar daarbij aan, (gelijknamige electriciteiten stooten elkaar af, ongelijknamige trekken elkaar aan). De condensator wordt door de batterij „geladen” en daarbij gaat gedurende een enkel moment een ladingsstroom door de geleiding. Het hangt van het bevattingsvermogen van den condensator af, hoe groot de lading bij een bepaalde batterijspanning zal worden. Brengt men de platen dichter bij elkaar,

dan wordt de aantrekking tusschen de electriciteiten sterker en het bevattingsvermogen van den condensator grooter. Zoo ook wanneer men het oppervlak der platen grooter maakt. Dit bevattingsvermogen van een condensator noemt men *capaciteit*. Zooals men de spanning eener batterij meet in volts, de stroomsterkte in ampères

en den weerstand van een draad in ohms, zoo wordt de capaciteit uitgedrukt in farads. (Deze eenheden zijn genoemd naar de natuurkundigen Volta, Ampère, Ohm en Faraday).

Ten einde de boven beschreven proef te doen, waarbij de ladingsstroom van een condensator zichtbaar wordt op een meter, kan men bijv. een batterij nemen van 4 volts spanning en een condensator van 2 microfarad, (2 millioenste deelen van een farad) wanneer men een meter heeft, die voor een milli-ampère (1 dui-

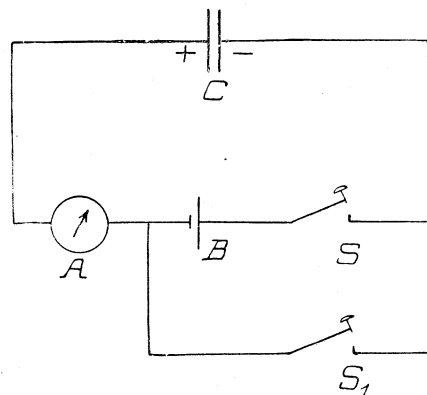


Fig. 79.

zendste van een ampère) een flinken uitslag geeft. De gewoonlijk in de radiotechniek voorkomende condensatoren zijn veel kleiner. Een normale draaicondensator van 43 platen is op maximum $\frac{1}{1000}$ microfarad (1000 micro-microfarad). Men zou 8000 Volt moeten gebruiken om voor dezen den ladingsstroom gelijk te maken aan dien van een 2 microfarad condensator met 4 Volt ¹⁾.

Is de condensator eenmaal geladen, dan wijst de meter geen stroom meer aan en zal ook een herhaald neerdrukken van den sleutel geen effect meer hebben, omdat de condensator bij gelijkblijvende spanning niet meer lading kan opnemen dan hij den eersten keer al heeft gekregen. Maar als men na de lading **S** loslaat en daarna **S**₁ sluit, dan zal de condensator zich „ontladen”, waarbij weer de meter **A** uitslaat, ditmaal in de tegengestelde richting; en daarna kan met **S** een nieuwe lading worden gegeven. Een condensator lijkt in dit opzicht op een elastisch vat, waar men onder druk iets in perst, dat er daarna weer uit gedrukt wordt.

Onze stroomkring intusschen heeft nu wel in de isolatie van den condensator een onderbreking, maar is overigens nog een gesloten kring.

Nu kunnen we evenwel de condensatorplaten verder van elkaar

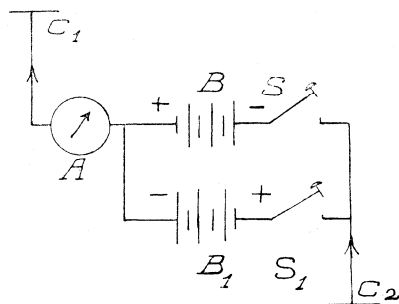


Fig. 80.

brengen, dus de onderbreking groter maken. Dan vermindert de capaciteit tusschen de platen en de ladingsstroom wordt zwakker. Doch door verhooging van de spanning der batterij kunnen we aan een condensator van kleinere capaciteit toch weer gelijke lading geven. Zoo kunnen we de condensatorplaten C_1 en C_2 — zooals in fig. 80 is gedaan — geheel in tegengestelde

richting uit elkaar buigen en toch nog met een voldoende hooge batterijspanning een merkbaaren ladingsstroom geven

¹⁾ Soms vindt men capaciteitswaarden ook opgegeven in een maat, die op theoretische gronden centimeter wordt genoemd; 900 centimeter is gelijk aan $1000 \mu\mu F$. Wegens de begripsverwarringen, waartoe de benaming „centimeter” aanleiding geeft, rekenen we liever met Farads en hun onderdeelen.

Bij de lading stroomt dan bijv. positieve electriciteit naar C_1 (zie het pijltje) en negatieve naar C_2 , maar dit laatste komt voor de stroomrichting op hetzelfde neer alsof positieve electriciteit van C_2 naar de batterij stroomde, dus ook hier in de richting van het pijltje. Dat beteekent, dat we in fig. 80 een toestand hebben verkregen, waarbij in de geheele leiding de stroom in één richting gaat.

Gingen we het volgend oogenblik den condensator ontladen, dan zou in den geheelen stroomkring een tegengestelde stroom loopen. Die kan nog versterkt worden, wanneer S_1 niet enkel voor ontlading wordt gebruikt, maar voor aansluiting eener tegengesteld geschakelde batterij B_1 , die de lading omkeert.

We krijgen dan bij beurtelings neerdrücken der sleutels voortdurende wisselingen der stroomrichting, maar op één zelfde oogenblik is de stroom steeds overal in de geleiding gelijk van richting, zoodat een veel grootere afstandwerking wordt verkregen dan met den kring van fig. 78 of 79.

In plaats van draden met groote condensatorplaten aan de einden, zou men ook volgens fig. 81 lange enkele draden of meervoudige dradennetten (als antennes) kunnen spannen. Want ook enkele draden bezitten capaciteit ten opzichte van elkaar, zij het ook, dat die capaciteit dan nóg kleiner gaat worden. En in plaats van de beurtelings aangesloten wordende tegengestelde batterijen, zou men een wisselstroomdynamo D kunnen gebruiken, die geregeld wisselende spanningen leverde. Zoo is het in fig. 81 geteekend.

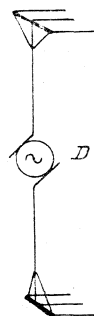


Fig. 81.

Na het voorafgaande zal men inzien, dat ook in zulk een open kring, die voor afstandwerking veel beter is dan een gesloten kring, werkelijk stroomen kunnen worden opgewekt, omdat die kring door de capaciteit der draden een condensatorkring blijft.

De toevoer van wisselstroom aan een condensatorkring komt hierop neer, dat de condensator geregeld geladen en weer ontladen wordt, en daardoor zal de condensator — die na den zeer kortstondigen ladingsstroom gelijk stroom tegenhoudt — wisselstroom schijnbaar doorlaten.

Wel biedt de condensator aan den wisselstroom een zekeren weerstand, en wel te meer naar mate de condensator kleiner is. En die weerstand is verschillend al naar mate van het aantal stroomwisse-

lingen per seconde van den wisselstroom (het aantal stroomwisselingen per seconde noemt men de frequentie van den wisselstroom). Hoe grooter het aantal wisselingen, dus hoe grooter de frequentie, des te vaker heeft de lading en ontlading plaats, des te meer stroom wordt dus doorgelaten. De wisselstroomweerstand van een condensator zal dus voor hogere frequenties kleiner zijn. De wisselstroomweerstand W_c in Ohms van een condensator met een capaciteit van C Farads, voor de frequentie n is:

$$W_c = \frac{1}{2\pi n C} \quad (\pi = 3.1416)$$

Is de condensator geschakeld in een kring, die een gewonen Ohmschen gelijkstroomweerstand van R Ohms bezit, dan is de totale wisselstroomweerstand niet de som van R en W_c maar:

$$W = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{2\pi n C}\right)^2}$$

Condensatoren kan men, zooals ons in vorige hoofdstukken al herhaaldelijk is voorgekomen, onderling parallel of in serie plaatsen. Het is van belang, te weten, hoe men in zulke gevallen de totale capaciteit van zulk een samenstel berekent.

Voor een aantal parallel geplaatste condensatoren C_1, C_2, C_3 enz. geldt, dat de totale capaciteit wordt:

$$K = C_1 + C_2 + C_3 + \text{enz.}$$

Voor een aantal met elkaar in serie geplaatste condensatoren is:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \text{enz.}$$

Zoodat voor twee condensatoren:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \text{dus } K = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

En als die twee gelijk zijn, dus $C_1 = C_2 = C$, dan is: $K = \frac{1}{2} C$.

Met behulp hiervan en van de formule voor de golflengte (1885 \sqrt{CL}) kan men den invloed van spoelen en condensatoren gemakkelijk berekenen, als de antenne-capaciteit bekend is. Formules voor de berekening der capaciteit van condensatoren en antennes en voor de berekening der zelfinductie van spoelen geven we later nog.

XXII.

De werking van zelfinductie. — Zelfinductie is een traagheidsverschijnsel. — Wisselstroomweerstand van zelfinductie. — Eigen frequentie van een geleider. — Spoelen in serie en parallel.

Bij onzen theoretischen opbouw eener zendingrichting hebben we nu nog iets anders in het oog te vatten.

Wanneer we voor de inrichting van fig. 81 een gewone wisselstroomdynamo gingen gebruiken, die de gebruikelijke 50 perioden (50 stroomwisselingen per seconde) levert, dan zou de stroom in de antenne heel gering blijven. De machine heeft n.l. telkens $\frac{1}{50}$ seconde noodig om eenmaal op volle positieve spanning te komen en eenmaal op volle negatieve spanning. De antenne evenwel neemt haar lading veel sneller aan en haar ontlading, zoodra de machine den stroom omkeert, gaat ook veel sneller en valt dus niet samen met het moment der tegengestelde lading door de machine.

De tijd, welken een condensatorkring of een open antennekring (wat in beginsel hetzelfde is) noodig heeft om geladen te worden, hangt in de eerste plaats af van de grootte der capaciteit. Bij grootere capaciteit duurt de lading langer. Maar die tijd hangt ook nog af van iets anders, van iets, dat men de *z e l f i n d u c t i e* noemt.

Zoodra in een draad stroom begint te loopen, wordt daardoor de omringende aether als het ware mede in beweging gebracht. Dit openbaart zich o.a. hierdoor, dat een op eenigen afstand van den geleider geplaatste magneetnaald gaat bewegen: er ontstaat een „magnetisch veld” rondom den draad. Dat in medebeweging brengen van den omringenden aether, dat ontstaan van een magnetisch veld, oefent een soort van remmende werking op de toeneming van den stroom in den draad. Die remmende werking is sterk afhankelijk van den vorm van den geleider. Is de draad tot een spoel opgerold, dan is het magnetisch veld van al die gelijk gerichte windingen sterker en daardoor biedt zulk een spoel ook meer tegenstand aan veranderingen in den stroom dan een rechte draad. Die eigenschap om een magnetisch veld te vormen, dat stroomveranderingen in den geleider tegenwerkt, noemt men

de zelfinductie van den geleider. De maat, waarin de zelfinductie wordt gemeten, heet H e n r y (genoemd naar den natuurkundige Henry); het duizendste deel daarvan: millihenry en het millioenste deel: microhenry.

De werking der zelfinductie is te beschouwen als een traagheidsverschijnsel: het in medebeweging brengen van den omringenden aether kost een zekeren arbeid van den electricen stroom, maar als door den geleider eenmaal stroom vloeit, dan tracht de medebewegende aether dien ook aan den gang te houden. Verbreekt men de geleiding, waarin stroom vloeit, dan springt een vonk over, omdat de stroom ook na de verbreking nog een oogenblik aanhoudt, hetgeen mede een gevolg is van de zelfinductie.

Evenals nu de capaciteit van den geleider maakt, dat voor de lading tijd noodig is, zal ook de zelfinductie dit doen, omdat deze belet, dat de ladingsstroom direct op volle sterkte komt. Evenzoo wordt ook de ontlading weer vertraagd.

De zelfinductie van een geleider zal bij het voeren van gelijkstroom door dien geleider alleen gedurende het eerste oogenblik van het op volle sterkte komen van den stroom, dezen tegenwerken; daarna ondervindt de constant geworden gelijkstroom geen invloed van de zelfinductie. Maar voor den voortdurend van richting en sterkte veranderenden wisselstroom zal de zelfinductie een weerstand vormen, evenals een condensator. Hier is die zelfinductieweerstand grooter, naar mate de zelfinductie grooter is en de frequentie van den wisselstroom hooger. De weerstand W_L in Ohms van een zelfinductie van L Henry voor een wisselstroom van frequentie n is:

$$W_L = 2 \pi n L \quad (\pi = 3.1416).$$

Een keten met Ohmschen weerstand R en zelfinductie L heeft een wisselstroomweerstand:

$$W = \sqrt{R^2 + (2 \pi n L)^2}$$

Wanneer echter in een keten behalve de Ohmsche weerstand niet alleen zelfinductie voorkomt, maar ook nog capaciteit, dan heffen de weerstanden van zelfinductie en capaciteit elkaar ten deele op en krijgen we:

$$W = \sqrt{R^2 + \left(2 \pi n L - \frac{1}{2 \pi n C} \right)^2}$$

Het verschijnsel van lading en ontlading van een geleider door wisselstroom, welks wisselingen de geleider juist kan volgen, kan men voorstellen door een kromme lijn als in fig. 82. In **a** begint een positieve lading, die eerst snel en daarna langzaam toeneemt

tot in **b**, waar het maximum wordt bereikt. Dan begint de ont-
lading, eerst langzaam, daarna sneller tot in **c**, waarna een nega-
tieve lading volgt (**d**) en opnieuw ontlading (**e**). In **e** is de

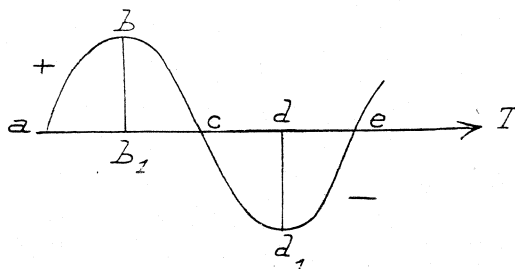


Fig. 82.

toestand weer dezelfde als in **a**; daarna herhaalt alles zich van
voren af aan. Daarom noemt men den tijd van **a** tot **e** een volledige
periode.

Aangezien capaciteit en zelfinductie van den geleider twee
factoren zijn, die de snelheid beheerschen, waarmee de verschijn-
selen van lading en ontlading plaats vinden, zal elke geleider een
voorkeur vertoonen voor het opnemen van wisselstroom van een
bepaald aantal perioden per seconde. Dat aantal perioden noemt
men de *eigenfrequentie* van den geleider.

Die „voorkeur” is gemakkelijk af te leiden uit de vermelde formule
voor den wisselstroomweerstand:

$$W = \sqrt{R^2 + \left(2\pi n L - \frac{1}{2\pi n C}\right)^2}$$

Deze weerstand wordt toch het kleinst als

$$2\pi n L - \frac{1}{2\pi n C} = 0$$

$$\text{of: } 2\pi n L = \frac{1}{2\pi n C}$$

$$n^2 = \frac{1}{4\pi^2 CL}$$

$$n = \frac{1}{2\pi \sqrt{CL}}$$

Dat is dus de vergelijking, die het verband aangeeft tusschen de
„eigenfrequentie” van een geleider en zijn capaciteit en zelfinductie,
C is hier uitgedrukt in Farads en L in Henry's.

Behalve dat de eigenfrequentie van een geleider een voorkeur beteekent voor het opnemen van wisselstroom van een met die frequentie overeenstemmend aantal perioden, heeft de van capaciteit en zelfinductie afhankelijke eigenfrequentie ook nog een andere beteekenis.

Wij hebben den condensator genoemd een elastisch (veerkrachtig) vat en de werking der zelfinductie een traagheidswerking. Veerkracht en traagheid zijn de twee eigenschappen, die een veer of snaar in staat stellen om trillingen uit te voeren. Brengt men de veer uit haar ruststand, dan wordt door de veerkracht arbeidsvermogen in de gebogen veer opgehoopt; laat men haar dus los, dan gaat ze uit zichzelf bewegen; door de traagheid gaat die beweging door den evenwichtsstand heen, tot de veer naar de andere zijde wordt gespannen; veerkracht en traagheid zijn de oorzaken, dat zij zich in trilling laat brengen.

Zoo zal ook de elektrische geleider, die capaciteit en zelfinductie bezit, na een enkele lading in elektrische trilling kunnen geraken, d.w.z. dat er heen en weer gaande wisselstroom in de eigenfrequentie in ontstaan.

Dit laatste zijn dan vrije trillingen. De wisselstroom, erin opgewekt door een uitwendige wisselstroombron, zijn opgedrongen trillingen. Zooals wij boven betoogden, worden opgedrongen trillingen ook het sterkst opgenomen, wanneer zij overeenstemmen met de frequentie der eigen-trilling.

Men vindt bijv. dat een draad van ongeveer 150 meter, in welks midden een wisselstroom-generator is geplaatst, een zoodanige capaciteit en zelfinductie bezit, dat hij maximum stroom opneemt, wanneer de duur van één periode 1/millioenste seconde wordt. De lading geschiedt dus het best met wisselstroom van 1 miljoen perioden, dat is wisselstroom van frequentie 1 miljoen. Op die frequentie is zulk een draad uit zichzelf „afgestemd”.

In fig. 81 is ondersteld, dat de draden ter weerszijden van de dynamo — elk 75 meter — gelijk en even lang zijn.

Waar de eigenfrequentie evenzeer afhankelijk is van C als van L , zou men in fig. 81 niets veranderen aan den toestand, wanneer men bijv. den óndersten draad meer capaciteit en evenredig minder zelfinductie gaf. Dat kan geschieden door den draad in te korten en te doen eindigen in een geleidenden kogel (fig. 83). Verkort

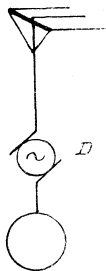


Fig. 83.

men den draad nog meer, dan moet de kogel grooter worden. Maakte men den ondersten draad oneindig kort, dan zou de kogel oneindig groot moeten worden om gelijken toestand te behouden. Zóó ongeveer is het, wanneer men niet ter weerszijden van den dynamo een draad uitspant, maar den ondersten draad weglaat en daarvoor in plaats een verbinding maakt met den enorm grooten aardbol. Deze redeneering kan het eenigszins aannemelijk maken, waarom de eigenfrequentie van het stelsel van fig. 81 dezelfde zal wezen als die van het stelsel van fig. 84: één draad van 75 meter en die aan aarde verbonden.



Fig. 84.

Evenals condensatoren, kunnen ook zelfinductie-spoelen in serie en parallel worden geschakeld. Terwijl echter de capaciteit door serieschakeling van condensatoren wordt verkleind en door parallelschakeling vergroot, is het bij zelfinducties juist omgekeerd.

Voor een aantal in serie geplaatste zelfinducties L_1, L_2, L_3 enz., die niet onderling gekoppeld zijn, geldt, dat de totale zelfinductie wordt:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 + \text{enz.}$$

Voor een aantal parallel geplaatste en niet-gekoppelde spoelen geldt:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \text{enz.}$$

Zoodat voor twee parallel geplaatste spoelen:

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad \text{dus } L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$$

En als die twee gelijk zijn, is $L = \frac{1}{2} L_1 = \frac{1}{2} L_2$.

Een bijzonder geval van combinatie van zelfinductie-spoelen vormt de *variometer*, waarbij de spoelen wél met elkaar gekoppeld kunnen worden. Door die koppeling ontstaat *wederszijdsche inductie*, waarvan de grootte afhankelijk is van den *koppelingsgraad*. Den koppelingsgraad noemt men 1 voor het theoretische geval, dat de spoelen volkomen zouden samenvallen. De koppelingsgraad k is dus practisch altijd kleiner dan 1, en bij in elkaar draaibare cilindrische spoelen hoogstens 0.6, bij bolvariometers meestal ongeveer 0.8.

Stelt M de wederzijdsche inductie voor, dan is voor twee spoelen L_A en L_B met koppeling k :

$$M = k \sqrt{L_A L_B}$$

Zijn de spoelen in serie geschakeld en gelijkgericht in elkaar draaid, dan is de totale zelfinductie:

$$L_I = L_A + L_B + 2 M$$

en tegengesteld gericht geheel in elkaar gedraaid:

$$L_{II} = L_A + L_B - 2 M$$

in den middenstand:

$$L_m = L_A + L_B$$

Zijn de variometerspoelen parallel geschakeld, en gelijk gericht in elkaar gedraaid, dan is weer de maximale zelfinductie bereikt:

$$L_I = \frac{L_A L_B}{L_A + L_B} + \frac{1}{2} M$$

en tegengesteld gericht geheel in elkaar gedraaid, wordt het minimum:

$$L_{II} = \frac{L_A L_B}{L_A + L_B} - \frac{1}{2} M$$

in den middenstand:

$$L_m = \frac{L_A L_B}{L_A + L_B}$$

Uit deze gegevens volgt, dat van een variometer in den minimumstand de zelfinductie nooit nul kan worden; verder dat bij koppelingsgraad 0.6 de serie- en de parallelschakeling juist bij elkaar aansluiten. In dat geval geven serie- en parallelstand elk een variatie van 1 op 4, samen dus van 1 op 16.

Bij bolvariometers met koppelingsgraad 0.8 krijgt men in serie- en parallelstand elk een variatie van 1 op 9, maar de variaties serie en parallel overlappen elkaar ten deele, zoodat zij te zamen een variatie 1 op 36 opleveren.

Dit alles geldt voor variometers, waarvan beide spoelen gelijke zelfinductie bezitten. In dat geval is steeds in elken stand bij de serieschakeling de zelfinductie precies 4 \times grooter dan in den overeenkomstigen stand bij parallelschakeling.

XXIII.

Frequentie en golflengte. — Voortplantingssnelheid der draadlooze golven. — De vonk voor trillingsopwekking. — Gedempte en ongedempte trillingen.

Er zijn slechts enkele draadlooze stations, waarbij inderdaad een machine direct den wisselstroom levert van de voor de antenne passende, zeer hooge frequentie. Dat geschiedt bijv. op het voor telegrafisch verkeer met Amerika gebruikte zendstation te Eilvese bij Hannover met de Goldschmidt-machine, die werkt met frequenties van ongeveer 30.000 en ongeveer 20.000.

Wordt de antenne op die wijze 30.000 maal per seconde afwisselend positief en negatief geladen, dan kan men zeggen, dat er per seconde 30.000 stooten worden gegeven aan den omringenden aether. In dien aether gaan dan van de antenne bolvormige golven uit, vergelijkbaar met kringen in een plas water, uitgaande van een punt, waar men met een plankje in het water slaat.

De snelheid, waarmee de aethergolven zich in de ruimte uitbreiden, is zeer groot en wel voor alle aethergolven even groot; de draadlooze trillingen verbreiden zich dus met gelijke snelheid als bijv. de lichttrillingen, n.l. met een snelheid van 300.000 kilometer (300 miljoen meter) per seconde. Wordt nu geseind met wisselstroom van de frequentie 30.000, dan gaan 30.000 stooten per seconde uit en is de eerste stoot $\frac{1}{30\,000}$ seconde op weg als de tweede stoot wordt gegeven. In $\frac{1}{30\,000}$ seconde legt de eerste stoot $\frac{1}{30\,000}$ deel van 300 miljoen meter af, dat is 10.000 meter. Dat beteekent, dat de golflengte, waarmede geseind wordt, 10.000 meter bedraagt. In het algemeen is:

$$\text{golflengte in meters} = \frac{300 \text{ miljoen}}{\text{frequentie}}$$

$$\text{en: frequentie} = \frac{\text{golflengte in meters}}{300 \text{ miljoen}}$$

Men vindt hieruit, dat de golflengte van Eilvese bij het werken met frequentie 30.000 gelijk is aan 10.000 meter, en dat voor frequentie 20.000 de golflengte 15.000 meter wordt..

Dit zijn zeer lange golven, veel langer dan de gewone „telefonie-golven”, welke in hoofdzaak tusschen 200 en 3000 meter liggen, dus tusschen de frequenties 1,5 miljoen en 100.000.

Aangezien elke geleider ten gevolge van zijn capaciteit en zelf-inductie uit zichzelf afgestemd is op zijn eigenfrequentie, kunnen we ook spreken van de *eigen golflengte* van een open of gesloten geleider. De golflengte laat zich aldus berekenen:

Golflengte in meters = $1885 \sqrt{C \text{ (in microfarad)} \times L \text{ (in microhenry)}}$

Wij vonden in het vorig hoofdstuk voor de frequentie n:

$$n = \frac{1}{2\pi \sqrt{CL}}, \text{ waar } C \text{ in Farads en } L \text{ in Henry's. Nu is volgens}$$

bovenstaande de golflengte, die met de Gr. letter λ (lambda) wordt aangeduid:

$$\lambda = \frac{n}{300 \text{ miljoen}}, \text{ dus } \lambda = 2\pi \times 300 \text{ miljoen} \times \sqrt{CL}$$

en als we C en L in microfarads en microhenry's nemen:

$$\lambda = 2\pi \times 300 \times \sqrt{CL} = 1885 \sqrt{CL}$$

Deze laatste formule is practisch de meest belangrijke van de geheele radiotechniek en geeft den sleutel tot alle berekeningen over den bouw van ontvangtoestellen.

Wij moeten thans nog iets verder in beschouwing treden over de wijze van opwekking der golven, welke de zendstations uitzenden.

De oudste methode van draadloos zenden is niet geweest, een machine in de antenne te plaatsen, die de passende wisselfrequentie voor die antenne opwekte, maar het gebruik van een natuurlijk

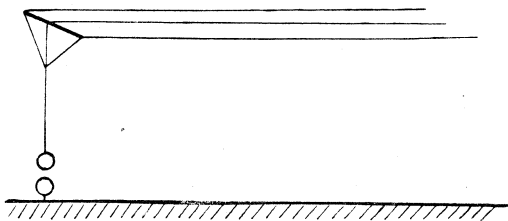


Fig. 85.

hulpmiddel voor het verkrijgen van die snelle stroomwisselingen: de elektrische vonk n.l.

Vervangt men de wisselstroommachine van fig. 84 door een vonkbaan in de antenne (fig. 85) en laat men daar met behulp

van een daarvoor geschikt toestel vonken overspringen, dan ontstaan v a n z e l f in de antenne wisselstroomtrillingen in de eigen frequentie van die antenne.

Ten einde n.l. een vonk te verkrijgen, moet eerst de antenne geladen worden tot zoo hooge spanning, ten opzichte van de aarde, dat de vonkbaan doorslaat. Op dit oogenblik heeft men hier het straks besproken geval van een trillingskring (de antenne), waaraan een enkele lading is medegedeeld, waarna de trillingskring in eigen-trilling geraakt. De antenne heeft door haar capaciteit een ladingsstroom kunnen opnemen. Bij het overspringen der vonk gaat zij o n t l a d e n en ontstaat in de antenne een aan den ladingsstroom tegengestelde ontladingsstroom. Nu moet men weer bedenken, dat de werking der zelfinductie zoeven door ons is genoemd een soort van traagheidsverschijnsel. Evenals een eenmaal in beweging gebrachte slinger zich niet vergenoegt met eenvoudig tot den evenwichtstoestand terug te keeren en dan stil te houden, maar tengevolge van de traagheid door den evenwichtsstand heen gaat en een tijd heen en weer blijft schommelen, zoo zal ook de ontladingsstroom in een antenne niet stoppen, als de antenne weer gelijke spanning heeft als de aarde, maar de stroom zal als gevolg van de zelfinductie der geleiding doorgaan tot de antenne een tegengestelde spanning heeft verkregen als de oorspronkelijk daaraan gegevene, zoodat weer electriciteit uit de aarde naar de antenne moet terugvloeien, dus een nieuwe ladingsstroom optreedt en het verschijnsel zich eenige malen herhaalt.

Evenals bij een slinger worden in dit elektrische geval de opeenvolgende stroomwisselingen geleidelijk zwakker. En dat ook die zwakkere trillingen een tijdlang telkens weer de vonkbaan overbruggen, is alleen mogelijk, omdat door het eerste inzetten van de vonk de lucht in de opening tijdelijk meer geleidend wordt (door ionisatie). De vonk, die wij als een kortstondig, enkelvoudig verschijnsel waarnemen, bestaat inderdaad steeds uit een aantal zeer snelle heen- en weergangen van electriciteit, uit een aantal o s c i l l a t i e s, zooals men dat noemt. Die snelheid der heen- en weergangen wordt bepaald door de eigen frequentie der geleiding. Bij een antenne, afgestemd op een golf van 5000 meter, is die frequentie bijv. 60.000 en als de geheele vonk $\frac{1}{30\ 000}^{\text{ste}}$ seconde duurt, bestaat die dus toch nog uit 20 oscillaties. Met behulp van een zeer snel draaienden spiegel heeft men dit oscillerend karak-

ter van de electriche vonk door de fotografie kunnen bewijzen.

Met een toestel, dat nu bijv. 500 vonken per seconde geeft, zal men 500 maal per seconde in de antenne 20 achtereenvolgende stroomwisselingen verkrijgen.

Zooals reeds opgemerkt, zijn dat echter wisselingen, die evenals de slingeren van een slinger in sterkte afnemen. Zulk een stroomverschijnsel zal dus den vorm hebben van fig. 86. Dat noemt men een g e d e m p t e t r i l l i n g. De afneming in grootte van de trillingen is de d e m p i n g. Deze hangt af van de ver-

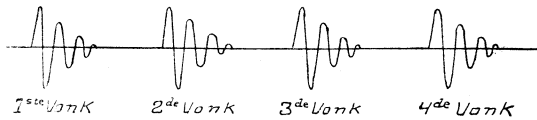


Fig. 86.

liezen, welke de stroom in den geleider ondergaat door weerstand en dergelijke oorzaken. Men spreekt daarom ook wel van de „demping van den geleider”.

Gedempte stroomtrillingen in een antenne geven aan den omringenden aether ook in sterkte afnemende stooten en de in den aether ontstaande golven zullen dus in dit geval ook g e d e m p t e g o l v e n zijn. Het golfverschijnsel, zooals dat tengevolge van één in de antenne overspringende vonk uitgaat, noemt men een g o l f t r e i n. Fig. 86 kan dus ook worden opgevat als een voorstelling van 4 zulke gedempte golftrains.

In tegenstelling met dezen vorm der verschijnselen bij het gebruik van een ouderwetschen vonkzender, zullen de stroomtrillingen in de antenne en de van die antenne uitgaande aether-



Fig. 87.

golven, wanneer zij met een machine-zender volgens Goldschmidt worden opgewekt, in teekening kunnen worden gebracht zooals gedaan is in fig. 87. Daar heeft men stroomtrillingen in den geleider, en golven in den aether, van gelijkblijvende grootte (amplitude). Die noemt men ook wel o n g e d e m p t e g o l v e n.

Behalve de machine-zender van Goldschmidt zijn er ook nog andere machine-zenders, die ongedempte golven opwekken, n.l. machines van Arco, Latour, Alexanderson en in den nieuwsten tijd die van Schmidt (Lorenz), waarmee zelfs golven van slechts 200 meter zijn te maken. Voorts kan opwekken van ongedempte golven van elke lengte geschieden met behulp van drie-electroden-lampen. Elke „genereerende” lamp verwekt n.l. ongedempte trillingen, die ook weer als aethergolven kunnen worden uitgezonden.

XXIV.

De afstemming van het ontvangtoestel. — Condensatoren parallel en in serie. — De condensatoren voor antenneafstemming.

Aethergolven hebben, al naar de golflengte korter of langer is, heel verschillende natuurkundige uitwerking.

De zeer snelle trillingen van uiterst geringe golflengte der Röntgenstralen werken scheikundig op de fotografische plaat, maar zijn niet waarneembaar voor het oog. Met de ultra-violette lichtstralen staat het evenzoo; zij hebben ook electriche werking, want zij ontladen in de lucht geplaatste negatief electricch gemaakte voorwerpen. De trillingen van het zichtbare licht maken op het oog verschillende kleurindrukken, naarmate de golflengte verschilt (violet kortste, rood langste golven). De donkerste roode stralen gaan geleidelijk bij grooter wordende golflengte over in trillingen, die de voorwerpen, waarop zij vallen, verwarmen (warmte-stralen). Dan eerst komen de nog veel langere golven der draadlooze telegrafie, die de eigenschap bezitten van electriche stroomen te doen ontstaan in geleiders, die door deze golven worden getroffen.

Hiervan maken we gebruik bij de draadlooze ontvangst.

De in de ontvangdraden opgewekte stroomen zijn wisselstroomen van gelijke frequentie (gelijk aantal perioden) als de frequentie der aankomende trillingen, dus van dezelfde frequentie als die der stroomen in de zendantenne, waaraan de aethergolven op hun beurt hun ontstaan dankten.

Met behulp van fig. 88 zal het spoedig duidelijk zijn, dat een gesloten geleider niet het meest aangewezen middel is voor ontvangst van aethertrillingen, evenmin als hij bijzonder geschikt bleek voor zenden. Wanneer het eerst aankomende deel van een aethergolftrein toch in het been **a-b** een naar beneden gericht stroom doet ontstaan, zal ook in **c-d** nagenoeg gelijktijdig een naar beneden gerichte stroom worden opgewekt. Die twee werken elkaar in het ontvangtoestel **O** tegen.

Daarom ligt, evenals voor zenden, óók voor de ontvangst het gebruik van een open kring (antenne) voor de hand. Die antenne hebben we leeren beschouwen als een condensatorkring met een

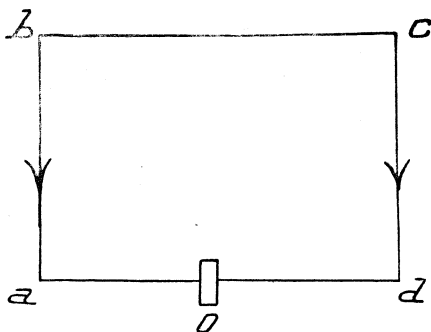


Fig. 88.

van capaciteit en zelfinductie afhankelijke eigenfrequentie. Het eerst aankomende deel van elken golftrein zal nu in de ontvangantenne een enkelen stroomstoot opwekken, die aanleiding geeft tot trillingen in de antenne in haar eigen trillingsfrequentie, precies als bij de lading eener zendantenne door een vonkzender. Bestond nu de aankomende golftrein uit slechts één halve slinging, die in de ontvangantenne slechts één stroomstoot in één richting opwekte, dan zou van enig afstemeffect geen sprake wezen. De ontvangantenne, hoe ook afgestemd, zou steeds in haar eigen frequentie worden a a n g e s t o o t e n. (Dat is wat feitelijk door luchtstoringen geschiedt).

Maar de golftrein, die aankomt, bestaat zelf uit een aantal trillingen. Elke volgende trilling geeft in de ontvangantenne weder een soortgelijken stroomstoot, die opnieuw uittrillingen in de antenne verwekt. Als nu de opeenvolgingsnelheid der uittrillingen van de antenne en die der trillingen van den aankomenden golftrein

niet met elkaar overeenstemmen, zullen de nieuw aan de antenne medegedeelde stooten en de uittrillingen in haar eigen frequentie elkaar meer en meer tegenwerken. Eerst wanneer er overeenstemming bestaat, dus gelijkheid van de eigenfrequentie der ontvangantenne met de frequentie der aankomende trilling, dan zal een maximaal effect optreden.

Men kan dit geheel vergelijken met hetgeen men opmerkt bij een schommel, dien men met onregelmatige stooten niet in sterke beweging kan brengen, maar wel met geregelde, juist in de frequentie van den schommel aangebrachte stooten. En dan moet zulk een schommel of slinger ook nog vrij kunnen slingeren en niet bijv. opgehangen zijn in stroop, die een grooten weerstand zou geven. Deze opmerking maken we, omdat ook een groote elektrische weerstand een antenne tot een slechteren trillingskring maakt en minder gevoelig voor een bepaalde frequentie.

In welke mate de Ohmsche weerstand der antenne invloed heeft op haar gevoeligheid voor een bepaalde frequentie, volgt uit de formule voor den wisselstroomweerstand:

$$W = \sqrt{R^2 + \left(2 \pi n L - \frac{1}{2 \pi n C} \right)^2}$$

Evenals toch voor gelijkstroom de stroomsterkte J afhankelijk is van de aangelegde spanning E en den weerstand R volgens de formule:

$$J \text{ amp} = \frac{E \text{ volt}}{R \text{ ohm}}$$

Zoo zal ook voor hoogfrequente wisselstroomen bij een spanning E de stroomsterkte worden.

$$J = \frac{E}{\sqrt{R^2 + \left(2 \pi n L - \frac{1}{2 \pi n C} \right)^2}}$$

Rekent men voor een kleinen weerstand R en waarden van n , L en C in een resonansgeval uit, welken invloed een kleine verandering van L of C heeft, dan vindt men een groote verandering van J . Dan is dus de kring voor afstemming heel gevoelig. Maar is R groot, dan is de invloed eener verandering van C of L zeer gering.

Wordt R grooter dan $\sqrt{\frac{4 L}{C}}$, dan kan de kring geheel niet meer in eigentrilling worden gebracht.

Het afstemmen van een antennekring op een bepaalde golf is

niets anders dan het in overeenstemming brengen van haar eigen frequentie met die der aankomende trilling. Bij gebruik eener zelfinductiespoel vergroot men daartoe meer of minder de zelfinductie in den antennekring. Uit de formule

$$\text{golfl.} = 1885 \sqrt{C L}$$

volgt, dat men de zelfinductie voor een $2 \times$ grootere golf 4 maal grooter moet maken; voor een $3 \times$ grootere golf 9 maal enz. (De eigen zelfinductie der antenne is tegenover die der spoel gewoonlijk zoo gering, dat men die voor de meeste practische gevallen bij ontvangst buiten rekening kan laten).

Met een parallelcondensator op de antennespoel vergroot men

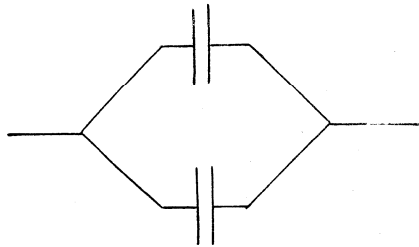


Fig. 89.

de golflengte nog meer, hetgeen men het eenvoudigst berekeneert op de volgende wijze.

Twee met elkaar parallel geplaatste condensators (fig. 89) bezitten samen een capaciteit, gelijk aan de som der capaciteiten.

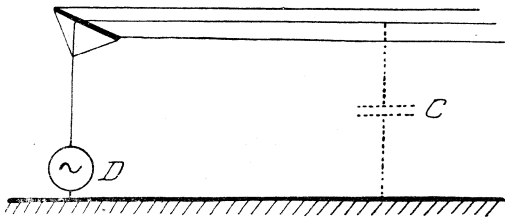


Fig. 90.

Parallelplaatsing van condensators is toch hetzelfde als vergrooting der platen van één ervan.

Nu kan men een antenne in hoofdzaak beschouwen als eenvoudig een condensator te vormen. In fig. 90 is de dynamo D eenerzijds

verbonden met de aarde, anderzijds met de boven aarde uitgespannen antenne; aarde en antenne zijn beide geleiders en ze zijn door lucht gescheiden. Men kan ze vervangen denken door den

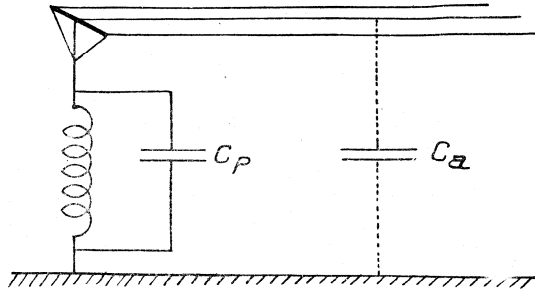


Fig. 91.

denkbeeldigen, gestippeld geteekenden condensator C in de figuur.

Heeft men nu, zooals in fig. 91, een antenne, waarin een spoel is geschakeld, met parallelcondensator C_p , dan ziet men, wanneer we weer de antenne-capaciteit als een denkbeeldigen condensator C_a teekenen, hoe de twee condensatoren feitelijk parallel staan aan elkaar en aan de spoel.

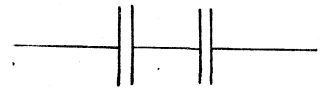


Fig. 92.

Ofschoon deze beschouwing streng genomen niet heelemaal juist is, is zij toch zelfs voldoende om er bij benadering bereke-

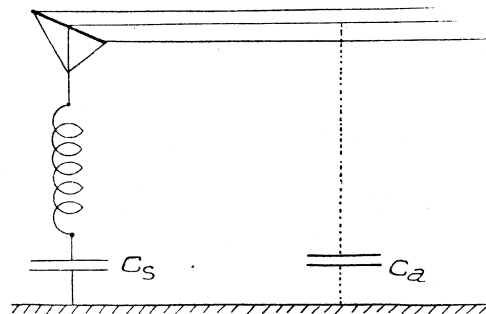


Fig. 93.

ningen omtrent den invloed van een parallelcondensator op de spoel op te gronden.

De seriecondensator in de antenne verkort de golf. Twee con-

condensatoren in serie met elkaar (fig. 92) bezitten kleinere capaciteit dan één der twee. Voor twee gelijke condensatoren is bijv. licht in te zien, dat tusschen de uiterste platen door de serieplaat-sing een dubbel zoo dikke isolatie komt, hetgeen de capaciteit op de helft brengt. In fig. 93 staat de in serie met de spoel geplaatste condensator Cs tevens in serie met de antenne-capaciteit Ca. De capaciteit van het geheele stelsel wordt dus verkleind.

XXV.

De detector-werking van kristallen. — Gelijkrichting. — Integreering. — Lange golfreinen.

De stroomen in een ontvangantenne zijn uiterst zwak. Signalen, die $\frac{1}{100\ 000}$ ^{ste} van een ampère opleveren, behooren al tot de vrij krachtige. Het gevoeligste instrument voor het waarnemen van zoo zwakke stroomen is de telefoon. Maar de ontvangen stroomen zijn hoogfrequente wisselstroomen, die, zelfs als men aanneemt dat de magneet-kernen van een telefoon die kunnen volgen, toch voor het oor onhoorbaar blijven omdat trillingen boven ongeveer 15.000 per sec. boven onze gehoorrens liggen.

Om nu toch iets waarneembaars in de telefoon te krijgen, maken we gebruik van één of anderen detector. De werking van alle moderne detectoren berust ten slotte hierop, dat zij wel stroom door-

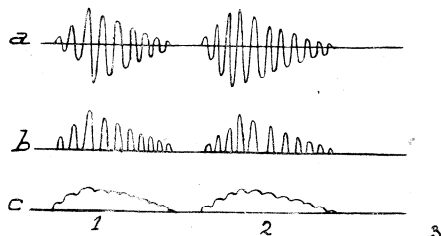


Fig. 94.

laten in de eene richting, maar niet in de andere. Van een wisselstroom worden bijv. alleen de positieve helften doorgelaten, maar niet de negatieve (of omgekeerd) en de inschakeling van een detector verandert dus den wisselstroom in een aantal

stroomstooten alle in één richting. M. a. w. de werking van den detector berust op gelijkrichting.

In fig. 94 is aangegeven, wat er in een ontvangtoestel terecht

komt van de golftrein-trillingen van een gedempten zender; **a** is het stroomverschijnsel in de antenne; **b** zijn de gelijkgerichte stroomstooten in één richting, die de detector hiervan doorlaat.

Zulk een serie stootjes in één richting, gevoerd door een telefoon, zal deze doen werken, omdat het geringe effect van elk voorafgaand stootje wordt versterkt door het volgende en de tegenwerkende invloed der negatieve stootjes er thans tusschen uit valt.

De samenwerking van al die stootjes van één golftrein in de telefoon wordt verbeterd door den telefoon-condensator. Deze neemt van elk stootje een gedeelte op en de lading van den condensator, daardoor verkregen, wordt in den tusschentijd tusschen elke twee stootjes aan de telefoon afgegeven. Hierdoor krijgt de stroom, die werkelijk door de telefoon gaat, een meer gelijkmatig, afgevlakt karakter, weergegeven in de figuur door **c**. De grootte van den telefoon-condensator is niet heel scherp aan een bepaalde waarde gebonden. Maakt men hem echter overdreven groot, dan worden de geluiden dof, omdat een condensator trillingen van hooge frequentie gemakkelijker doorlaat — dus als het ware om de telefoon heen voert — dan trillingen van lage frequentie; de lage tonen blijven dus alleen over. Voor telefonie-ontvangst moet hij daarom zoo klein mogelijk worden gehouden. Voor het afvlakken der hoogfrequente stootjes is hij gauw groot genoeg.

Het verschil in frequentie van de hoogfrequente trillingen in elken golftrein en van de geluidstrillingen, die in de telefoon hoorbaar worden, is in de figuur in beeld gebracht. Wat van de hoogfrequente trillingen overblijft, zijn de kleine golvingen in de in C voorgestelde stroomkrommen. Het geluid in de telefoon ontstaat door de achtereenvolging der onderbroken stroomdoorgangen 1, 2, 3 enz. als geheel. Elk dezer stroomdoorgangen is het gevolg van een geheel golftrein. Het effect van de verscheidene in één golftrein voorkomende trillingen wordt door de werking van detector en telefooncondensator telkens tot één geheel samengevoegd. Vandaar dat men op deze wijze werkende detectoren ook wel *integreerende detectoren* noemt (integreeren beteekent n.l. optellen of samenvoegen). In tegenstelling daarmee was de ouderwetsche coherer (buisje met metaalvijsel) een niet-integreerende detector. Dáár berustte de werking hierop, dat als de spanningen, door een golftrein opgewekt, een bepaalde waarde overschreden, de coherer geleidend werd voor den stroom eener hulpbatterij. De lengte van den golftrein deed er daarbij niet toe; van belang was

alleen de hoogste spanning, die in den golfrein werd bereikt. Maar bij de modernere detectoren, te beginnen met de kristaldetectoren, werken ook de zwakkere natrillingen in den golfrein mede tot het effect. Dat is het, wat men aanduidt als de „integreerende” werking. Daarom heeft nauwkeurige afstemming en gebruik van kringen met zoo gering mogelijke demping, en ook het uitzenden van lange, weinig gedempte golfreinen, bij de modernere detectoren veel meer effect dan bijv. eertijds bij den coherer.

De toon, die bij ontvangst van gedempte seinen (dus van een vonkzender bijv.) in de telefoon wordt gehoord, ontstaat doordat de stroom-doorgangen 1, 2, 3 enz. door de telefoon elk één uit- of inbuiging van de trilplaat geven en te z a m e n een trilling van de trilplaat veroorzaken in de frequentie dier stroomdoorgangen, die dezelfde is als de frequentie der golfreinen, dat is de vonkfrequentie van den zender. De ontvanger hoort dus geluid in denzelfden toon, als op het zendstation door de vonken wordt voortgebracht.

Dit moet natuurlijk een hoorbare frequentie zijn en aangezien ons oor het gevoeligst is voor trillingen van geluidsfrequenties 400—1200 (dus 400—1200 trillingen per seconde) kiest men voor de vonkzenders gewoonlijk de vonkfrequentie binnen die grenzen (fluitvonkzenders), al werken er ook nog steeds met minder vonken per seconde (knal-, kraak- en bromvonkzenders met frequenties 12—100).

In tegenstelling met de zeer h o o g e frequentie der elektrische trillingen in den golfrein, waarvan de golflengte afhankelijk is, noemt men de golfrein-frequentie (het aantal stroomstooten per seconde, dat in de telefoon wordt verkregen en geluid geeft) een l a a g f r e q u e n t verschijnsel. Men spreekt ook wel van radio-frequentie (van de hoog-frequente trillingen) en audio-frequentie (hoorbare toonfrequentie).

Men kan dus zeggen, dat aan den detector hoogfrequente elektrische trillingen worden toegevoerd, die bij gedempte golven reeds in laagfrequente groepen (golfreinen) zijn verdeeld. De groepsfrequentie bepaalt den toon in de telefoon.

Hierbij is te bedenken, dat zelfs op den korten duur van een enkele punt altijd reeds eenige golfreinen komen. Een streep bestaat uit een grooter aantal golfreinen.

Op de toonfrequentie hebben de gelijkrichting en integreerende werking van den detector geen invloed.

Daardoor dan ook, dat men bij de ontvangst van ongedempte golven, die wij nu gaan beschouwen, er met de detectorwerking alléén niet kan komen en een gewone kristaldetector ongedempte signalen niet hoorbaar maakt.

Fig. 95 toont in **a** een aankomende ongedempte trilling, in **b** de gelijkrichting en in **c** het stroomeffect, dat mede door de werking van den condensator door de telefoon gaat. Daaruit blijkt, dat als men enkel gelijkrichting toepast, de telefoon, zoolang de aankomende trilling aanhoudt, een constanten stroom toegevoerd krijgt, die de trillplaat dus meer of minder spant, maar de plaat niet in trilling brengt en geen geluid doet geven.

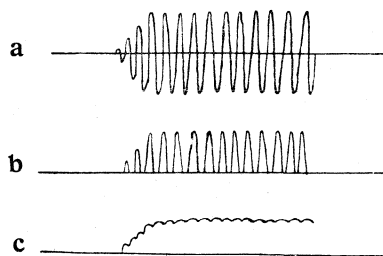


Fig. 95.

Om geluid in de telefoon te krijgen, moeten in het verschijnsel kunstmatig onderebrekingen worden aangebracht.

Dit kan men mechanisch bewerkstelligen door een zgtikker in de antenne te plaatsen, een soort van electrisch belwerk, zelf volkomen vonkloos en dat een afzonderlijk contact in de antenne aanhoudend sluit en verbreekt. Die altijd wat onregelmatige verbrekingen veroorzaken bij ontvangst van ongedempte golven een sissend geruisch.

Een bijzondere vorm van tikker is de sleeppraddetector, in hoofdzaak bestaande uit een snel draaiend, gepolijst nikkelen schijfje, waarop met zachten druk een dun draadje van zilver of platina sleept. Het sleeprad geeft geen volkomen verbrekingen, maar het contact tusschen schijfje en draad is veranderlijk en geeft een veranderlijken weerstand, die ook al voldoende is om de sterkte der trillingen zoodanig te doen varieeren, dat ook dit instrument ongedempte golven hoorbaar maakt als een geruisch. Men noemt het sleeppraddetector, omdat het ook tegelijk den detector kan vervangen. Bij goede instelling werkt het contact n.l. tevens gelijkrichtend. Het instrument wordt dan op de plaats van den gewonen detector op een ontvangtoestel ingeschakeld.

Maar dit zijn verouderde hulpmiddelen, die we alleen vermelden ter verduidelijking van hetgeen noodig is bij ontvangst van ongedempte signalen. De lampdetector heeft een veel mooier middel

aan de hand gedaan om ongedempte golven in één of andere toonfrequentie hoorbaar te maken. Hoe die daarbij werkt, zullen we ook spoedig verklaren.

XXVI.

Nadere beschouwing van de gelijkrichting door kristaldetectoren. — De detector-karakteristiek. — Hulpspanning. — Carborundum.

Wanneer men de gelijkrichtende werking van detectorcontacten nader onderzoekt, dan blijkt die werking niet te berusten op algeheele onderdrukking van één stroomrichting, maar op betere geleiding in de eene richting dan in de andere.

Dit onderzoek kan geschieden met gelijkstroom, maar men moet een hulpmiddel hebben om zeer fijn regelbaar geringe spanningen aan den detector te kunnen aanleggen van dergelijke waarden als in een ontvangtoestel werkelijk optreden. Eén accucel levert al dadelijk 2 volt en om nu ook over kleinere spanningen te kunnen beschikken, moet men een spanningsregelaar toepassen, zooals we reeds bij de kristalontvangers hebben ontmoet en die ook wel potentiometer wordt genoemd, zijnde een spoeltje van weerstanddraad met een glijcontact.

In fig. 96 stelt **Sp** den spanningsregelaar voor, waarop de

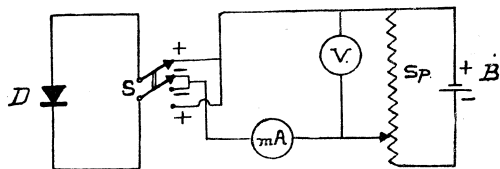
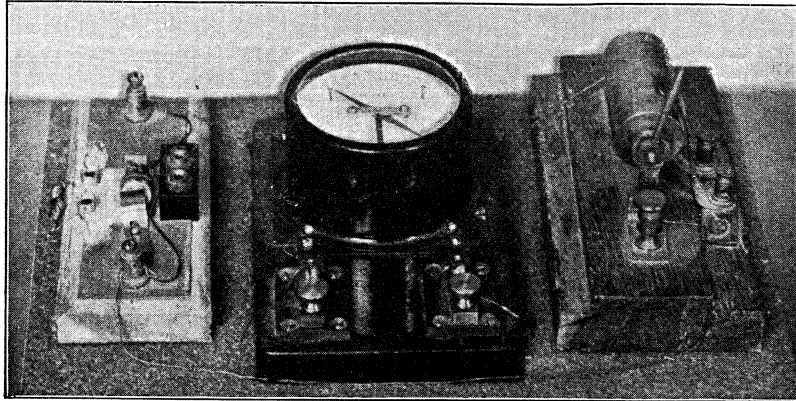


Fig. 96.

batterij **B** is aangesloten. Men kan voor het spoeltje nickeline draad gebruiken, liefst geëmailleerd. Zulk draad heeft bij een dikte van 0.1 m.M. ongeveer een weerstand van 60 Ohm per meter. Men wikkelt het in één laag op een staafje van 0.5 c.M. diameter (op een potlood of op een stuk van een penhouder). De totale weer-

stand kan 200 à 900 Ohm bedragen. Met 10 M. nickelledraad van 0.1 m.M. kan men dus volstaan, maar het spoeltje moet in elk geval niet te dik wezen, daar het liefst een centimeter of tien lang moet worden om een voldoende fijne regelbaarheid te verkrijgen.

Schakelt men tusschen één einde van het spoeltje en het glij-



Inrichting voor de beproeving der gelijkrichting door kristallen.

contact een voltmeter **V** met hoogen weerstand, dan zal men op den voltmeter kunnen zien, dat aan diens klemmen de spanning verandert naarmate men het glijcontact verschuift. De spanning aan de voltmeter-klemmen laat zich regelmatig olopend (continu) van 0—2 Volt variëren als **B** 2 Volt geeft.

Voor ons doel schakelen we nu verder volgens het schema der figuur een zeer gevoelligen milli-ampèremeter **mA** in en een dubbelschakelaar **S** als poolwisselaar, waaraan ten slotte de detector **D** wordt verbonden.

Teekent men voor een aantal verschillende spanningen den stroom aan, dien de detector in de verschillende richtingen doorlaat, dan vindt men waarden, die

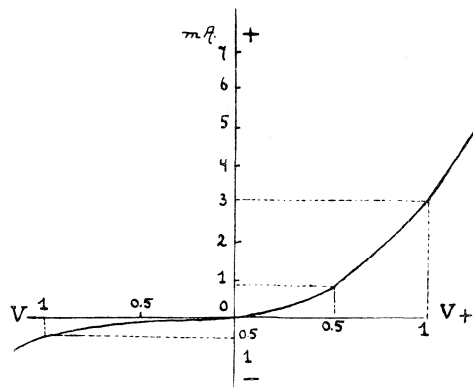


Fig. 98.

men kan weergeven in een grafische voorstelling als die van fig. 97, die de z.g. gelijkstroom-karakteristiek van een zinkiet-koperpyriet-detector weergeeft.

De spanningen, aangelegd met pluspool aan het koperpyriet zijn aangeteekend op de horizontale lijn naar rechts en de bijbehorende stroomsterkten op de verticale lijn naar boven; de spanningen met pluspool aan het zinkiet zijn aangeteekend naar links en de bijbehorende stroomsterkten naar beneden. Zoo zijn de verschillende punten gevonden van de karakteristieke kromme lijn.

Men ziet, dat de detector bij 0.5 Volt wisselspanning ongeveer $\frac{3}{4}$ m.A. doorlaat in de eene en bijna niets in de andere richting; het gelijkrichteffect is dan ook bijna 0.75 m.A.

Bij het aanleggen van wisselstroom, die 1 Volt spanning aarde detector geeft, wordt van de eene helft 3 m.A. en van de andere 0.5 m.A. doorgelaten. Het gelijkrichteffect zou bij die spanning $3 - 0.5 = 2.5$ m.A. bedragen.

Nu bestaan er andere kristal-detectors, zooals bijv. carborundum met stalen punt, die een anders verloopende karakteristiek geven aangeduid in fig. 98.

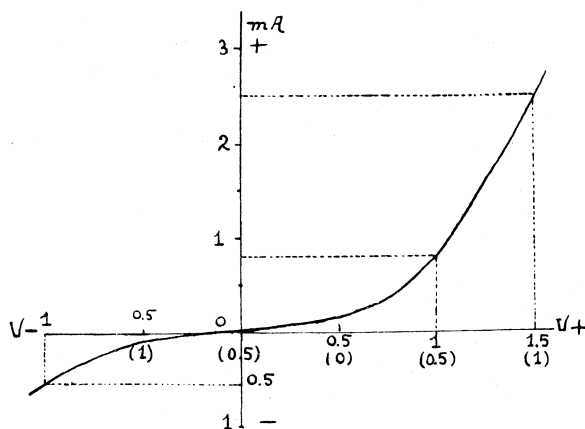


Fig. 98.

Hier levert een spanning van 1 Volt slechts 0.75 m.A. in de eene en 0.5 in de andere richting; gelijkrichteffect is dus slechts 0.25 m.A. En een spanning van 0.5 Volt levert hier vrijwel geen effect. Dit is dus een ongevoelige detector, en wel buitengewoon ongevoelig juist voor zwakke signalen.

De oorzaak dier ongevoeligheid is uit de karakteristiek dadelijk te zien. Zij ligt daaraan, dat de karakteristieke lijn eerst bij + 0.5 Volt merkbaar naar boven buigt.

Maar deze opmerking voert ons ook tevens tot een methode om de gevoeligheid van carborundum te verbeteren.

Als wij n.l. op het ontvangtoestel ook eens een spanningsregelaar aanbrenge en aan het carborundum 0.5 Volt positieve hulpspanning geven (pluspool aan het carborundum) dan verplaatsen we als het ware het nulpunt van de karakteristiek, zóó dat we nu voor aankomende spanningen het punt, waar 0.5 staat, als nul moeten beschouwen. We krijgen dan den toestand aangegeven door de in fig. 98 tusschen haakjes geplaatste cijfers.

Bij een wisselspanning van 0.5 Volt komt nu in de positieve richting aan het kristal te liggen $0.5 + 0.5$ hulpsp. = 1 Volt, stroomdoorgang 0.75 m.A. en in de negatieve richting: 0.5 Volt hulpsp. — 0.5 = 0, stroomdoorgang nul. Gelijkrichtheffect $0.75 - 0 = 0.75$ m.A.

En bij een wisselspanning van 1 Volt: in de positieve richting $0.5 + 1 = 1.5$ Volt, stroomdoorgang 2.5 m.A., negatieve richting $0.5 - 1 = -0.5$ Volt, stroomdoorgang bijna nul, gelijkrichtheffect 2.5 m.A.

Met hulpspanning wordt carborundum dus voor deze spanningen even gevoelig als zinkiet-koperpyriet. Voor zeer groote signaalsterkten kan het effect zelfs belangrijk sterker worden dan voor zinkiet-koperpyriet.

De verbetering van het nuttig effect als gelijkrichter door het aanleggen van hulpspanning wordt verkregen, doordat wij als het ware met de hulpspanning het nulpunt verlegden naar het in de fig. bij 0.5 Volt gelegen punt, dat is het punt van scherps te buiging in de karakteristieke lijn. Dat is het beste gelijkrichtpunt van de karakteristiek.

Ofschoon zinkiet-koperpyriet, silicon-staal, loodglans-potlood en zulke combinaties een hulpspanning niet bepaald noodig hebben, omdat daar het scherpste buigpunt in de karakteristiek bijna samenvalt met het nulpunt, kan men ook deze detectoren met zeer zwakke hulpspanning nog wel iets verbeteren.

XXVII.

De lampdetector met twee electroden. — Electronen als stroomdragers door het luchtledig. — Volmaakte gelijkrichting. — Toch verbetering der detectorwerking door hulpspanning.

Voor het verkrijgen van inzicht in de werking van lampdetectoren levert het voorafgegene over de werking van kristaldetectoren een noodzakelijken grondslag.

Aanvankelijk zijn, als detector, lampen gebruikt met enkel gloeidraad en plaat (twee-electrodenlampen), zooals die nu in grooteren vorm wel in gelijkrichters voor acculaden voorkomen.

Hoe het mogelijk is, dat een lamp stroom doorlaat tusschen gloeidraad en plaat, laat zich het best voorstellen aan de hand der *electronen-theorie*. Volgens deze bestaan de kleinste deeltjes der gewone stof (atomen) zelf uit nog weer kleinere (electriche) deeltjes, n.l. een zeker aantal negatieve *electronen*, in wentelende beweging rondom een positieve kern in het atoom. Dat sommige stoffen geleiders zijn voor electriciteit en andere niet, komt, doordat in de atomen van enkele stoffen sommige der electronen lossen met het atoom zijn verbonden dan bij andere stoffen. Een stof, waarvan de atomen los verbonden electronen bevatten, is geschikt om electriciteit te geleiden. Dit geschiedt doordat bij het aanleggen eener batterijspanning aan den geleider uit de eerste laag van atomen electronen worden uitgeslingerd, die in een volgende laag van atomen terecht komen, daar het evenwicht verstoren en oorzaak worden, dat ook daar electronen worden uitgeslingerd enz. De losse electronen van de atomen van een geleider worden aldus de dragers van hetgeen wij den electriche stroom noemen.

In het luchtledige glazen hulsel eener gloeilamp zijn echter geen electronen aanwezig. Het luchtledig is in gewone omstandigheden als een volkomen isolatie te beschouwen.

Maar als men den gloeidraad in een lamp (steeds een draad van geleidende stof) verhit, dan zullen de electronen in den draad door de warmte in extra heftige beweging geraken, zóó heftig, dat een zeker aantal electronen geheel uit den draad de ruimte in worden geslingerd. Die in de lampruimte uitgestooten negatieve

electronen vormen daar een negatieve ruimte-lading. De electronen die de ruimte-lading vormen, stooten de verder nog uit den gloeidraad geslingerde electronen af (ze zijn alle negatief en gelijke ladingen stooten elkaar af). Zoodra dus de ruimtelading zekere waarde heeft bereikt, treedt een evenwichtstoestand in, waarbij alle verder nog uit den draad tredende electronen weer daarheen worden teruggeworpen.

Is intusschen in de lamp ook nog een plaalectrode aangebracht, dan zal deze, wanneer zij positief geladen wordt gehouden, electronen aantrekken en dan zal een voortdurende electronenstroom door de lamp gaan (fig. 99). De naar de plaat getrokken negatieve electronen neutraliseeren daar een deel der positieve lading, maar de batterij vult die positieve lading weer aan. De milli-ampèremeter mA in de batterijleiding zal dus een naar de plaat gerichten positieven stroom aanwijzen.

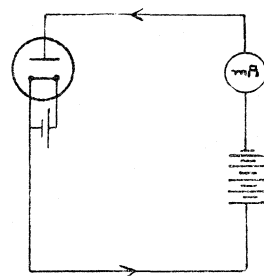


Fig. 99.

Er kan ook altijd slechts stroom gaan in die eene richting, omdat de electronen uitsluitend aan den gloeidraad kunnen uit treden. De lamp is dus een volmaakte gelijkrichter, die niet slechts den stroom in de eene richting beter geleidt dan in de andere, maar in één richting geheel niet.

Toch is die „volmaakte gelijkrichting” voor het gebruik als detector niet altijd beter dan die van een kristal.

Wanneer men voor verschillende plaatsspanningen de plaatstromen noteert, kan men de waarden samenstellen tot de voorstelling van fig. 100. Volgens die karakteristiek geeft de desbetreffende lamp pas bij aanleggen van 2,5 Volt wisselstroom een gelijkgerichten stroom van 2.5 milli-Ampère.

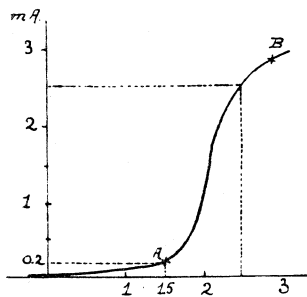


Fig. 100.

Legt men echter een hulpspanning aan van $+ 1.5$ Volt, dan werkt de lamp in het punt **A**. Volmaakt is de gelijkrichting nu niet meer, want bij 1 Volt wisselspanning bijv. geeft nu de positieve phase een stroomvermeerdering van 0.2 tot 2.5 m.A. = 2.3 m.A. en de negatieve phase een stroomvermindering van 0.2 m.A. tot

0.1 m.A. = 0.1 m.A., zoodat het gelijkricht-effect 2.2. m.A. wordt voor 1 Volt wisselspanning.

Wij leggen er nadruk op, dat ondanks de principieel volmaakte gelijkrichting van zulk een lamp, toch door het aanleggen der hulpspanning de negatieve phase van den wisselstroom weer zekere uitwerking verkrijgt, dus de volmaaktheid der gelijkrichting verdwijnt. Maar het gelijkricht-effect in ons voorbeeld is voor 1 Volt wisselspanning = 2.2. m.A., terwijl het zonder hulpspanning voor 1 Volt maar 0.15 m.A. zou zijn geweest. Het effect is door de hulpspanning dus toch veel beter geworden. Dat komt doordat het steilere gedeelte der karakteristiek beter wordt benut.

Voor spanningen, die een in verband met de karakteristiek der lamp aanzienlijke waarde bereiken, geldt die verbetering van effect door een hulpspanning niet. De karakteristiek toch buigt bij **B** om. Voor hogere spanningen dan 3 Volt treedt in het voorbeeld onzer figuur geen vermeerderde stroomsterkte meer op. (In werkelijkheid was dit in de Fleminglampen bij ongeveer 20 Volt het geval). Dat komt, omdat bij deze plaatspanning alle door den gloeidraad uitgestooten electronen reeds door de plaat worden aangetrokken. Nog meer kan de gloeidraad er niet geven, tenzij men den draad veel te heet maakt. Daardoor is de maximale stroom, die door een lamp kan gaan, steeds beperkt. Men spreekt hier van *verzadiging*-stroomsterkte.

Men kan ook niet een voor detector bruikbare 2-electroden-lamp,

die hoogstens een paar m.A. doorlaat, als gelijkrichter voor acculaden gebruiken. Gelijkrichterlampen dáárvoor zijn speciale lampen met zwaardereren gloeidraad. En dan bezigt men wisselspanningen van zoodanige grootte, dat een hulpspanning geen verbetering zou kunnen geven. Als gelijkrichter voor acculaden kan een lamp dus ook in werking als „volmaakte” gelijkrichter functioneeren.

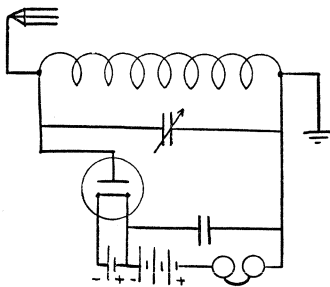


Fig. 101.

Maar bij detectorlampen zal het gelijkrichteffect voor de allerkleinste wisselspanningen aanzienlijk verbeteren door een hulpspanning. Een schema voor het gebruik van zulk een lamp met hulpspanning geven we in fig. 101. Een vergelijking met fig. 29

zal de groote overeenkomst met den kristalontvanger toonen.

Een twee-electrodenlamp als detectorlamp komt evenwel bijna niet meer voor. Wij bespraken die alleen om eenige theoretische punten duidelijk te maken, die verder ook bij de drie-electrodenlamp een rol spelen.

XXVIII.

Drie-electrodenlampen. — Karakteristieken. — Steilheid, spanningsversterking en inwendige weerstand — De grondwetten der drie-electrodenlampen.

Ook bij de drie-electrodenlampen zijn allerlei belangrijke gegevens omtrent de werkingsvoorwaarden af te leiden uit de karakteristieken.

Ofschoon nu die karakteristieken gelijkenis vertoonen met die van kristallen of twee-electrodenlampen, zijn zij toch inderdaad iets geheel anders. Ook de werking der drie-electrodenlamp is een gansch andere.

Een meetinrichting voor het opnemen der karakteristieke lijnen van zulk een lamp geeft figuur 102. De plaatspanning, welke men hier altijd aanlegt, wordt gemeten met den Voltmeter V_1 en deze spanning is regelbaar door inschakeling van meer of minder batterijtjes, desnoods met telkens 4 Volt tegelijk. De plaatstroom wordt gemeten met een gevoelige milli-Ampère-meter **m.A.** Een spanningsregelaar met poolwisselaar is aangebracht om verschillende roosterspanningen te kunnen aanleggen, afleesbaar op den Voltmeter V_2 . Een micro-Ampère-meter μA dient voor het meten van den roosterstroom.

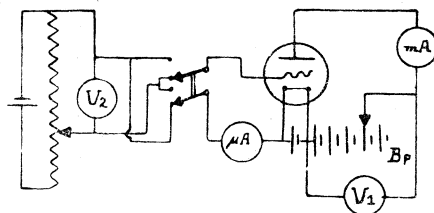


Fig. 102.

Men is gewoon, in de eerste plaats de plaatstroomsterkten op te nemen, die bij de normale, gedurende de meting gelijkblij-

vende plaatspanning optreden, wanneer de r o o s t e r spanningen worden veranderd en krijgt dan waarden, die zich laten voorstellen door een kromme lijn als lijn I in fig. 103.

De werking van het tusschen plaat en gloeidraad geplaatste rooster is toch de volgende: Is het rooster negatief geladen, dan zal het de uit den gloeidraad tredende electronen, die naar de positieve plaat getrokken worden, terugstooten, zoodat een kleiner aantal electronen de plaat bereikt. De plaatstroom neemt af. Is

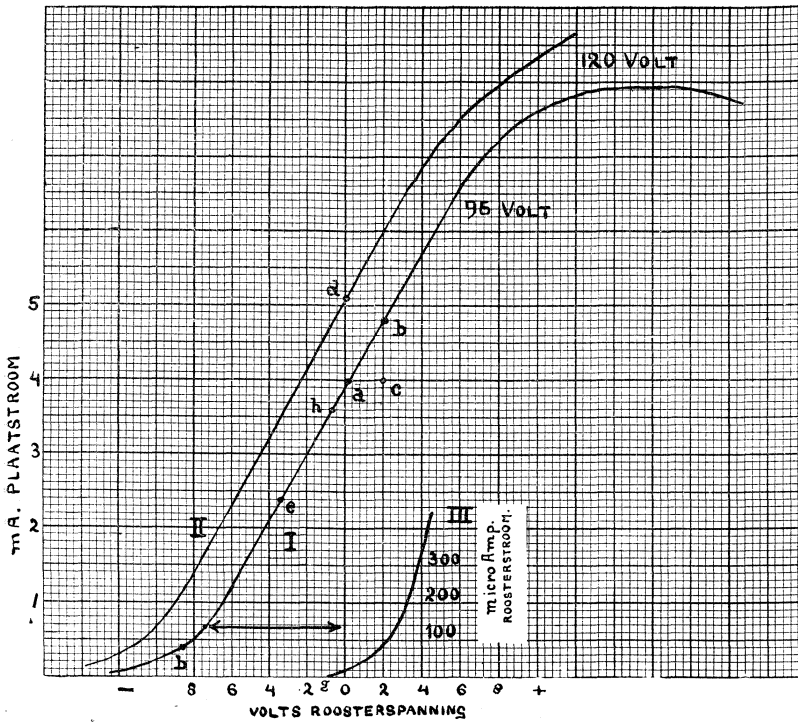


Fig. 103.

het rooster positief, dan gaat het zelf electronen aantrekken; ze krijgen grootere snelheid en de electronen die niet op het rooster terechtkomen, vliegen er met grootere vaart doorheen naar de plaat, zoodat de plaatstroom toeneemt.

Wordt het rooster ten slotte z e e r sterk positief gemaakt, dan vangt het zelf zoo veel electronen weg, dat de plaatstroom na het bereiken van een zeker maximum weer afneemt. Men ziet

dit in de figuur aan lijn I boven rechts. Dit verschijnsel valt echter buiten het gebied van practische werking der lamp.

Men lette er op, dat het „verzadigingspunt”, aldus gevonden bij een drie-electrodenlamp, niet dezelfde beteekenis heeft als bij de twee electrodenlamp. Nemen we een nieuwe karakteristiek op met 24 Volt hogere plaatspanning (lijn II fig. 103) dan vinden we de verzadiging bij grotere stroomsterkte. De absolute verzadiging ligt gewoonlijk bij plaatspanningen boven de practisch toegepaste.

Aan de kennis van dien veelal door de fabrieken opgegeven verzadigingsstroom eener lamp heeft men heel weinig. Wel is het van belang, voor de maximaal toegelaten plaatspanning den nuttigen plaatstroom bij nul roosterspanning te kennen, ook wel aangeduid als ruststroom bij nul roosterspanning, in ons voorbeeld in fig. 103 aangegeven door het punt *d* bij 5.1 m.A. op de 120-Voltskarakteristiek. Verder is vooral van belang het verloop der kromme *l i n k s* van dat punt en wel in het bijzonder de vraag, hoe ver die kromme naar beneden vrijwel als een rechte lijn blijft verlopen.

Zooals in de figuur is aangegeven, is toch een groot deel der karakteristiek als volkomen recht te beschouwen en loopen bij niet al te zeer uiteenliggende plaatspanningen de rechte gedeelten der verschillende karakteristieken nagenoeg evenwijdig.

Wij komen nu tot het bepalen uit de karakteristiek van de drie voornaamste eigenschappen, welke de werking eener lamp, vooral als versterker, beheerschen; dat zijn:

1. de steilheid der karakteristiek;
2. de spanningsversterkingsfactor;
3. de inwendige weerstand der lamp voor stroomveranderingen.

De steilheid is de helling van het rechte deel der karakteristiek, welke in een cijfer wordt uitgedrukt, door aan te geven het aantal milli-ampères, dat de plaatstroom toeneemt bij 1 Volt roosterspanning. Vatten we het rechthoekige driehoekje *a c b* in het oog, dan zien we, dat *b c*, overeenkomende met 0.9 m.A., de plaatstroomverandering voor 2 Volt roosterspanningverandering (*a c*) is. De steilheid is dus hier:

$$S = \frac{0.9}{2} = 0.45 \text{ m.A. per Volt.}$$

Men merke op, dat de steilheid van het rechte deel der karakteristiek het grootst is en dat dus S de maximale steilheid aangeeft.

De spanningsversterking volgt uit een beschouwing van het resultaat eener verhooging van de plaatspanning. Uit fig. 103 blijkt, dat als bij nul roosterspanning de plaatspanning van 96 op 120 Volt wordt gebracht, dus met 24 Volt wordt verhoogd, de stroom toeneemt van a tot d , d.w.z. met ongeveer 1.1 m.A. Nu 0.45 m.A. De voor die zelfde variatie benodigde plaatsspanningsverandering zou geweest zijn: $\frac{0.45}{1.1} \times 24 = 10$ Volt. Dat wil zeggen, dat 1 Volt roosterspanning dezelfde uitwerking heeft als 10 Volt plaatspanning. In dat geval is de spanningsversterking: $g = 10$.

Men zal inzien, dat men voor deze bepaling, na het opnemen van lijn I, eigenlijk maar één punt van lijn II noodig heeft.

De inwendige weerstand. Wanneer in een stroomkring door een spanning E een stroom I wordt veroorzaakt, is de weerstand in dien kring volgens de wet van Ohm: $R = \frac{E}{I}$ (R in Ohms, als E in Volts en I in Ampères is uitgedrukt).

In ons geval nu hebben we met spanningsveranderingen en stroomveranderingen te doen, waarvoor echter dezelfde wet geldt.

Nu geeft volgens hetgeen we te voren hebben afgeleid, het cijfer g de plaatsspanningsverandering aan, benodigd om een stroomverandering ter grootte van S m.A. te veroorzaken, dat is dus $\frac{1}{1000}^{\text{ste}}$ S Ampère. De inwendige weerstand der lamp voor stroomveranderingen is dus geheel als boven, volgens de wet van Ohm:

$$R_i = \frac{g}{\frac{1}{1000}^{\text{ste}} S} = \frac{10}{0.00045} = 22.000 \text{ Ohm,}$$

of $R_i = \frac{1000 g}{S}$ (1ste grondwet).

Hiermede is tevens het bewijs geleverd voor het bestaan dezer

onverbrekelijke betrekking tusschen R_i , g en S , de grondwet der drie-electrodenlamp.

Aangezien voor S een maximale waarde is gevonden, stelt R_i een minimale waarde voor.

Men moet goed bedenken, dat R_i niet den gewonen weerstand der lamp voor den plaatstroom voorstelt, maar den weerstand voor stroomveranderingen in het steilste deel der karakteristiek. De gewone weerstand voor den plaatstroom is in het punt d van fig. 103, waar $E = 120$ Volt en $I = 5,1 \cdot 10^{-3}$ Ampère:

$$R = \frac{120}{5,1 \cdot 10^{-3}} = 23,500 \text{ Ohm en in het punt } a, \text{ waar } E = 96$$

$$\text{Volt en } I = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Amp.: } R = \frac{96}{4 \cdot 10^{-3}} = 24,000 \text{ Ohm, waarden,}$$

die telkens verschillend zijn en steeds grooter dan R_i .

Uit de karakteristiek is nog een andere betrekking af te leiden, die wij als de tweede grondwet der lamp zouden willen aanduiden.

Speciaal voor het gebruik der lamp als versterker is van veel belang het z.g. roosterspanningsbereik van het rechte deel der karakteristiek. We zien in fig. 103, dat het rechte deel links van de lijn voor roosterspanning nul zich bij plaatsp. 96 Volt uitstrekt tot ongeveer — 7.5 Volt. Dit is het roosterspanningsbereik, dat we met $E_r \text{ max.}$ zullen aanduiden, terwijl we de plaatspanning E_a noemen.

Nu weten we, dat de plaatstroomvermindering, welke ontstaat door E_r Volts neg. roosterspanning aan te leggen, ook zou ontstaan door de plaatspanning E_a met $g \times E_r$ te verminderen (als g weer de spanningsversterkingsfactor is).

Steeds moet dus $g \times E_r \text{ max.}$ kleiner zijn dan E_a , hetgeen we aldus schrijven:

$$g \times E_r \text{ max.} < E_a \text{ (2de grondwet)}$$

waaruit volgt:

$$E_r \text{ max.} < \frac{E_a}{g}$$

Als men dus van een lamp niets weet dan anodespanning en versterkingsfactor, dan is daaruit reeds een denkbeeld te vormen van het roosterspanningsbereik.

Men ziet toch, dat bij een lamp met gegeven waarde voor g (die bij een bepaalde lamp onveranderlijk is) het roosterspanningsbe-

reik een zeer bepaalde grens heeft, die alleen is te v e r r u i m e n door verhooging van plaatspanning.

Ook verhooging van plaatspanning helpt in dit opzicht alleen, zoolang de ruststroom bij nul roosterspanning nog niet ongeveer gelijk is aan den verzadigingsstroom I_s .

De hoogste plaatspanning E_s , die in dit opzicht nut kan hebben voor een lamp, waarvan de verzadigingsstroom I_s is en waarvan de ruststroom I_a bedraagt bij anodespanning E_a , is:

$$E_s < \frac{I_s}{I_a} \cdot E_a.$$

De grootst mogelijke verruiming door verhooging van plaatspanning brengt het roosterspanningsbereik tot:

$$E_{rs} < \frac{I_s}{I_a} \frac{E_a}{g}.$$

Men merke op, dat volgens het bovenstaande uit de karakteristiek I reeds zonder het opnemen van een punt eener tweede karakteristiek een idee is te vormen van den versterkingsfactor, want we hebben ook:

$$g < \frac{E_a}{E_{r \max.}}$$

Dus in ons geval:

$$g < \frac{96}{7.5}, \text{ dus } < 12.8.$$

XXIX.

De drie-electrodenlamp als detector. — Plaatkringgelijkrichting. — Roosterkringdetectie met weerstand. — Met roostercondensator en lek.

Komende tot de bespreking der werking van de drie-electrodenlamp als detector en als versterker, moeten we eerst nog de aandacht vestigen op de in fig. 103 mede afgebeelde r o o s t e r s t r o o m k a r a k t e r i s t i e k (lijn III).

In het vorig hoofdstuk werd al opgemerkt, dat het rooster, als het positieve spanningen krijgt, zelf electronen gaat aantrekken. Nu is in fig. 103 aangegeven hoe dit inderdaad in geringe mate al kan beginnen bij zwakke n e g a t i e v e roosterspanningen, n.l.

in ons geval bij — 0.8 Volt. Dat is niet bij alle lampen het geval. Bij verschillende lampen ligt het punt, waar roosterstroom begint te loopen, tusschen 1.5 Volt negatief en 0.5 Volt positief. De roosterstroomen zijn aanvankelijk zeer gering en de schaal is dan ook gesteld in micro-Ampères.

Die zwakke roosterstroomen spelen evenwel in de geheele werking der lamp een zeer overwegende rol en wel omdat het stroomen zijn, die door het aankomende en gelijk te richten of te versterken signaal zèlf geleverd moeten worden en niet, zoals de plaatstroomen, aan de batterij worden ontleend.

In dit verband is het van belang, erop te letten, dat zoowel bij den kristaldetector (zie bijv. fig. 29) als bij de twee-electrodenlamp als detector (fig. 101) de stroomvariatiën, welke de telefoon toegevoerd krijgt, direct ontleend zijn aan de hoogfrequente stroomen in de ontvangkringen. Hetgeen na gelijkrichting van het aankomende signaal overblijft, moet zèlf de energie leveren om de telefoon geluid te doen geven.

Te dien opzichte is er principieel verschil met de werking der drie-electrodenlamp, waar in elk geval nooit het signaal zelf den stroom voor de telefoon levert.

Beschouwen we van de 3 elektrodenlamp eerst alleen de detectorfunctie, dan is licht in te zien, dat een gelijkrichteffect voor aankomende trillingen op verschillende manieren kan worden verkregen.

a. Schakelen we volgens fig. 104 een lamp aan een ontvangspoel en brengen we een roosterspanningbatterij R_s aan, alsmede een potentiometer P voor fijnregeling van de roosterspanning, dan kunnen we, door negatieve roosterspanning te geven, onderstellende dat we met de lamp hebben te doen, waarvan fig. 103 de karakteristiek weergeeft, die lamp doen werken in elk punt dier karakteristiek beneden a. In het algemeen zal met deze schakeling, zoolang we in het rechte, steilste deel der karakteristiek blijven, dus bijv. in punt e, geen gelijkrichting, dus geen detectie optreden. Kleine roosterwisselspanningen geven dan toch in den plaatkring evengroote stroomvermeerderingen als stroomverminderingen en de gemiddelde plaatstroom blijft constant. Wel krijgen we in den plaatkring stroomwisselingen, geheel in de pas met de spanningswisselingen op het rooster, maar als dit hoogfrequente wisselingen van een aankomend signaal zijn, blijven ze onhoorbaar.

Geven we echter meer negatieve roosterspanning, n.l. voor de lamp van fig. 103 ongeveer $8\frac{1}{2}$ Volt, zoodat we werken in f (in de figuur is bij vergissing beneden weer een b gezet) waar we in het gebogen deel der plaatkarakteristiek zijn gekomen, dan ziet men, dat een wisselspanning van 1 Volt bijv. een stroomvermeerdering geeft van 0.5 m.A. en een stroomvermindering van slechts 0.2 m.A., zoodat tijdens een golfrein de gemiddelde plaatstroom stijgt, in dit geval met 0.3 m.A. Elke golfrein met wisselspanningen van 1 Volt geeft dus een stroomstoot van die sterkte aan de telefoon, die hierop aanspreekt.

Men noemt dit *plaatkringgelijking* of *plaatkringedetectie*, omdat het effect ontstaat door de kromming in de plaatkarakteristiek.

Practisch wordt deze soort van detectie, die zeer veel overeenkomst vertoont met die door een kristal (maar waarbij geheel geen stroom wordt onttrokken aan den ontvangkring, omdat men in een gebied werkt, waar geen roosterstromen kunnen optreden) be-

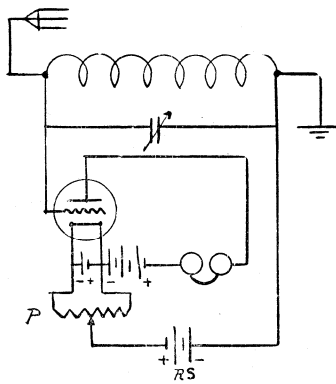


Fig. 104.

trekkelijk weinig toegepast, ofschoon zij voordeelen bezit, waarop we nog terugkomen.

Reden voor dit gering gebruik is, dat er een meer gevoelige methode bestaat. De mindere gevoeligheid van plaatkringedetectie is voor een deel gelegen in het feit, dat men van de karakteristiek niet het steilste deel kan benutten, waar de stroomvariaties het grootst zijn. Men moet er liefst lampen voor hebben, welke karakteristiek bij f een zeer scherp „knik” vertoont.

b. Wanneer we in het schema van fig. 104 de roosterspanning eens terugbrengen op nul, zoodat de lamp gaat werken in punt a der plaatkarakteristiek, dan zullen we kunnen ervaren, dat de lamp ook in dien toestand zwakke gelijkrichting vertoont. Dat komt dan, doordat ongeveer bij nul roosterspanning voor meer positieve spanningen roosterstroom begint te loopen (zie kromme III). Van een op het rooster aankomende wisselspanning zullen de positieve fasen dus bij werken in punt a roosterstroom

eroorzaken. Daardoor wordt de spanning in het algemeen gedrukt. Inderdaad lopen de spanningen aan het rooster hierdoor in de positieve fasen iets minder hoog op dan in de negatieve en krijgt men dus in den plaatkring kleinere stroomvermeerderingen dan stroomverminderingen. De gemiddelde plaatstroom daalt tijdens een aankomenden golftrein. Deze vorm van detectie is evenwel zeer ineffectief.

Verbetering is te verkrijgen, wanneer men volgens fig. 105 ongeveer bij nul rooster spanning en lekweerstand L_w van 0.5 à 2 megohm inschakelt.

Wanneer in de positieve fasen der aankomende wisselspanning roosterstroom gaat lopen, moet die roosterstroom L_w passeren. Gaan we daarbij de richting van den positieven stroom na, dan is die stroom gericht van a naar b, waarbij b negatief wordt ten opzichte van a. De spanningsval in den weerstand gaat dus af van de signaalspanning en het rooster krijgt positief aannerkelijke lagere spanningen dan negatief.

Dit is een vorm van roosterkringdetectie, n.l. roosterkringdetectie met weerstand, waarbij de gelijkrichting berust op de roosterkarakteristiek, terwijl van de plaatkarakteristiek de maximale steilheid wordt benut. Toch is de methode volstrekt niet belangrijk effectiever dan de plaatkring-gelijkrichting.

c. De gebruikelijke schakeling van een drie-electrodenlamp als detector is die met roostercondensator en lekweerstand.

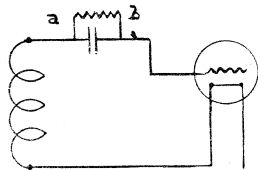


Fig. 106.

Wanneer men daarbij de schakeling toepast als aangeduid in fig. 106, met den weerstand parallel aan den condensator, dan is het duidelijk, dat voor een gedeelte ook de onder b beschreven detectie-verschijnselen daarbij een rol moeten spelen. Wat dat

betreft, is de schakeling van fig. 107 eenigszins anders; daarbij levert de weerstand op zichzelf geen gelijkrichting.

De detectie met roostercondensator is het best te verklaren, wanneer men eerst eens bedenkt, wat er zal gebeuren, als men

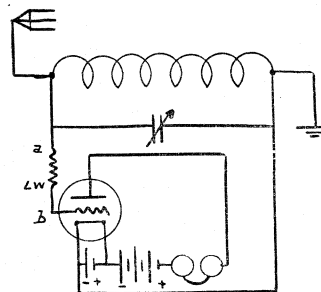


Fig. 105.

enkel den condensator heeft, zonder lek. De inschakeling van een condensator vóór het rooster volgens fig. 108 zal voor de lamp van fig. 103 ten gevolge hebben, dat — aangezien geen rooster-

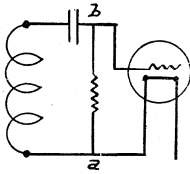


Fig. 107.

stroom meer kan lopen — de lamp zich instelt op het punt van nul roosterstroom, d.w.z. op het punt der roosterkarakteristiek, overeenkomende met punt h der plaatkarakteristiek. De rustspanning van het rooster wordt dus niet nul, maar regelt zich naar de ligging van het punt g, die voor verschillende lampen zeer uiteenloopt. In elk geval is dit het punt,

waar voor positieve spanningen roosterstroom begint op te treden.

Treedt nu aan de spoel in fig. 108 een spanning op, waarbij n negatief is en p positief, dan wordt zijde a van den roostercondensator positief en door statische inductie b negatief, terwijl een even groote positieve lading wordt afgestooten naar het rooster; dit zou dus een positieve spanning aannemen, maar dit heeft onmiddellijk het optreden van een roosterstroom (toevloed van neg. electronen naar het rooster door aantrekking) ten gevolge, zoodat het rooster terugkeert tot de rustspanning, waarbij géén roosterstroom vloeit.

Is de aan de spoel optredende spanning een geleidelijk toenemende spanning zooals die in de positieve phase van een wisselverschijnsel, dan zal, wanneer de roostercondensator niet al te groot is, nagenoeg geheel geen plaatstroom-vermeerdering ontstaan. Want tusschen n en p heerscht elk oogenblik een spanning, waartegen vrijwel geheel opweegt de in de keten tegengesteld gerichte spanning, welke aan a b optreedt door de lading van den condensator.

Men kan het geval ook aldus bezien, dat in fig. 108 voor de phase, waarin p positief is, de ruimte gloeidraad-rooster van de lamp een geleiding door een hoogen weerstand vormt, zoodat men eenvoudig een condensatorlading krijgt over een hoogen weerstand. Daarbij werkt, wat de potentiaal van het rooster r betreft, de condensatorlading tegengesteld aan de spanning tusschen n en p.

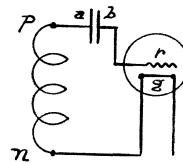


Fig. 108.

Zou nu enkel die laatste spanning weer geleidelijk tot nul dalen, dan zou toch de lading van den condensator blijven bestaan, want de ruimte g r kan in omgekeerde richting de lading niet weer laten

afvloeien (is slechts geleidend in één richting). Na wegvallen der spanning tusschen n en p zou dus de condensatorlading een negatieve roosterspanning geven, in voltage gelijk aan de tusschen n en p bestaan hebbende positieve opwekspanning, nu gepaard gaande met een overeenkomstige plaatstroomdaling.

Verdere wisselspanningen aan de spoel zouden dan de rooster-spanning alleen nog doen heen en weer slingeren om dezen nieuwen rusttoestand, want noch de positieve, noch de negatieve phase zou ons opnieuw in het roosterstroomgebied brengen.

Maar ook na afloop van het signaal zou de roostercondensator haar lading niet weer kunnen kwijt raken. De lamp zou zonder de aanwezigheid van eenig lek direct dichtslaan.

Dit laatste is de reden, waarom een lekweerstand moet worden aangebracht, òf volgens fig. 106, òf volgens 107.

Nu zal èn door de beperkte grootte der roosterstroomen, èn door de aanwezigheid van het lek in werkelijkheid de volledige condensatorlading niet reeds in de eerste positieve halve periode van de aankomende wisselspanning tot stand komen. Er zal in werkelijkheid maar een gedeeltelijke lading van den condensator kunnen ontstaan, waaraan elke volgende positieve phase weer een kleinigheid toevoegt, zoodat ten slotte gedurende een golfrein een geleidelijke daling van de gemiddelde roosterspanning optreedt, die als uiterste waarde de boven omschreven grootte heeft, welk maximum evenwel door de aanwezigheid van het lek ook nooit ten volle bereikt zal worden.

Dat een roostercondensator niet al te groot moet zijn, volgt uit het boven opgemerkte, dat deze wegens de kleinheid der roosterstroomen anders te lang noodig zou hebben om op spanning te komen (een grootere cond. heeft daarvoor grootere lading noodig). Een te kleine condensator daarentegen zou aan de hoogfrequente trillingen een te grooten weerstand bieden en dus tot verzwakking voeren. Vandaar dat practisch een grootte van 250 à 300 $\mu\mu F.$ voor den condensator en 1 à 3 megohm voor den lekweerstand het gunstigst werkt. Heel scherp bepaald zijn de waarden niet.

XXX.

**Nadere beschouwing der detectie met roostercondensator. —
Lekweerstand aan min of plus gloeidraad. — Potentiometer-
regeling.**

De roosterkringelijkriching met condensator en lek is een onderwerp, waaromtrent het van belang is, zich iets meer dan vage voorstellingen te vormen.

Het verloop dezer gelijkrichting kunnen we in beeld brengen, zooals gedaan is in fig. 109. Daar stelt a een trein van ongedempte

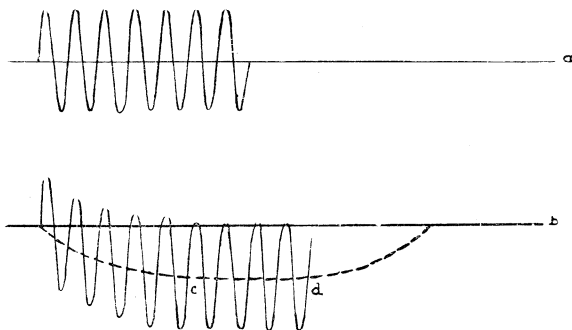


Fig. 109.

trillingen voor, zooals die door een aankomend signaal in de ontvangspoel worden opgewekt. Daaronder, in b, is het verloop geteekend van de roosterspanningen, zooals die bij den detector met lekken roostercondensator onder invloed van het signaal zullen optreden. De lijn b geeft het niveau der rustspanning van het rooster. Doordat elke positieve phase iets toevoegt aan de negatieve lading van den roostercondensator, daalt de gemiddelde roosterspanning volgens de stippellijn.

Is bij c eenmaal een waarde bereikt, waar de positieve phasen het rooster nog maar juist zóó ver in het gebied van roosterstroom brengen, dat de daardoor telkens nog bijkomende ladingen precies tegen de verliezen door den lekweerstand opwegen, dan blijft de gemiddelde roosterspanning verder constant, tot het einde van den golfrein, waar bij d de wederontlading door den lekweerstand volgt, zoodat de spanning van het rooster weer stijgt tot b.

In fig. 110 is hetzelfde voorgesteld voor gedempte golftreinen. Daarbij zullen de laatste, steeds kleiner wordende uittrillingen van een golftrein met hun toppen niet meer het niveau bereiken, waar roosterstroom vloeit, dus aanvulling der condensatorlading plaats heeft, zoodat de ontlading daar al inzet bij c, vóór het einde van den golftrein.

Nu vallen nog enkele dingen over de detectie met roostercondensator op te merken, die voor elken toestelbouwer en -gebruiker van direct practisch belang zijn.

Bij de behandeling der lampkarakteristiek aan de hand van fig. 103 werd reeds aangeduid, dat de roosterkarakteristieken van verschillende lampen in het algemeen niet juist bij nul rooster-spanning beginnen.

In het algemeen zal het aanbrengen van een lekweerstand daardoor niet alleen een ontladingsmogelijkheid voor den roostercon-

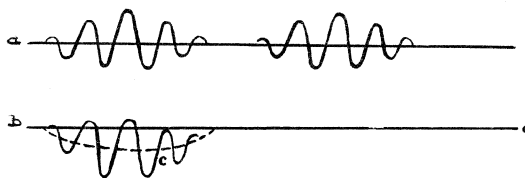


Fig. 110.

densator scheppen, maar tevens een voor elke waarde van lekstand verschillende rooster-rustspanning aan de lamp toebedel-

In fig. 111 zijn eenige gevallen geteekend, die zich hierbij kunnen voordoen. Evenals in fig. 103 zijn horizontaal de roosterspanningen uitgezet, terwijl de kromme lijnen hier de roosterstroomkarakteristieken voorstellen.

Nemen we geval A—, dan zal men licht kunnen inzien dat bij deze roosterstroomkromme, die al bij neg. spanning begint, het aanbrengen van een lek tusschen rooster en min gloeidraad ten gevolge heeft, dat de lamp zich ergens tusschen a en b instelt.

Is i_e de roosterstroom, behorende bij een bepaalde rooster-spanning e , dan zal steeds $\frac{-e}{R} = i_e$ moeten zijn (daar e hier steeds negatief is, wordt $-e$ steeds positief).

M. a. w., de lamp stelt zich op zoodanig punt in, dat $\frac{-e}{i_e} = R$. Bij verbinding van den lekweerstand aan min gloeidraad kan

men alleen in het negatieve deel der roosterkarakteristiek werken.

In de figuur geeft K aan, waar men met kleinen lekweerstand terecht komt, en g het punt met grooten weerstand.

Bezien we geval B —, waar geen negatief deel der roosterkarakteristiek aanwezig is, dan zal bij zulk een lamp elke weerstand ons doen werken in het punt van nul roosterspanning.

Met lekweerstand aan een positieve spanning zijn er meer mogelijkheden. Beschouwen we het geval A + dan is allereerst van belang om in te zien, dat het verbinden van den weerstand

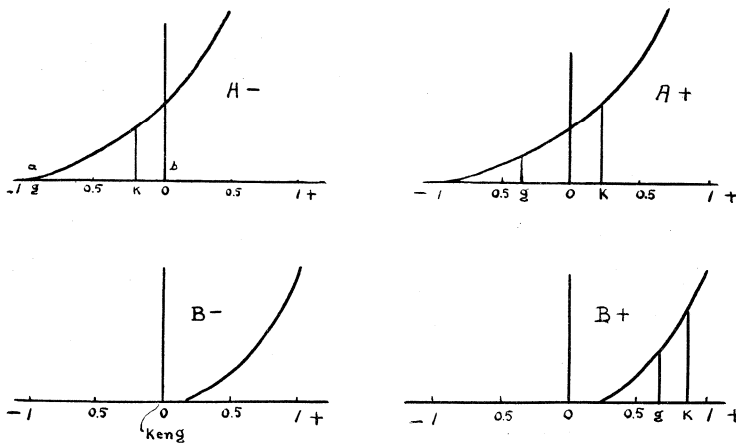


Fig. 111.

aan een positieve spanning nog niet altijd beteekent, dat ook het rooster positief wordt.

Stelt P de positieve spanning voor ten opzichte van min gloei-draad, waaraan de weerstand wordt verbonden en i_e weer den roosterstroom bij roosterspanning e (welke spanning positief en negatief kan zijn) dan zal hier $\frac{P - e}{R} = i_e$ moeten zijn.

Met een bepaalden weerstand R stelt de lamp zich zoodanig in, dat: $\frac{P - e}{i_e} = R$.

Is e negatief dan telt de getalwaarde zich bij P op. Hebben we dus zeer groote R aan pos. spanning, dan kunnen we daarmee in het negatieve deel der karakteristiek komen, waar het rooster

werkelijk nog neg. spanning heeft. Dit is bij A + in fig. 111 het geval g (grootte weerstand).

Bij de karakteristiek B + blijven we steeds in het gebied van positieve rooster spanning.

Wat beteekent dit alles voor de detectie ?

Het komt daarop neer, dat we met een lekweerstand nooit in het punt zullen werken, waar de roosterstroom nul is en juist begint. We komen altijd in een werkingpunt, waar reeds eenige roosterstroom loopt. Dat is dus een soortgelijke toestand als bij een kristal met hulpspanning of een twee-electroden-lamp met hulpspanning.

Ook hier zullen we door keuze der grootte van den weerstand en regeling van de spanning, waaraan die weerstand ligt, de lamp kunnen brengen in een meer of minder gunstig punt van de karakteristiek — ditmaal van de roosterstroomkarakteristiek. Het gunstigste punt is weer dat, waar de buiging het sterkst is.

Uit fig. 111 en het daarbij beredeneerde zal men kunnen afleiden, dat men met den lekweerstand aan een positieve spanning de

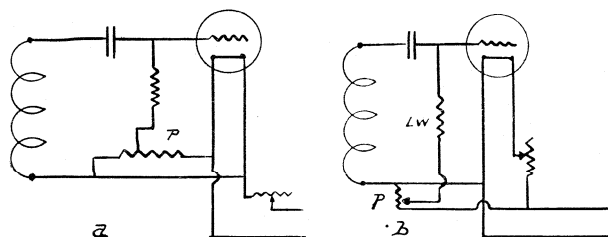


Fig. 112.

zekerheid bezit, elke lamp (zoowel geval A als geval B) in een gunstig punt harer karakteristiek te kunnen brengen, wat voor de overigens minder voorkomende lampen van type B niet het geval is met een weerstand aan min gloeidraad.

Om een instelbare positieve spanning te hebben, kan men een potentiometer schakelen over de accu-klemmen van het toestel, of over den gloeidraad van de detectorlamp, en den lekweerstand aan het glijcontact leggen. Dit is aangegeven in fig. 112, a en b. In het algemeen is a het meest aan te bevelen (schakeling parallel aan den gloeidraad) omdat dan, als men met den gloeistroomweerstand de accu uitschakelt, gelijktijdig de accu wordt afgeschakeld van

den potentiometer. In fig. 112b blijft de potentiometer stroom nemen, ook na uitdraaien van den gloeistroomweerstand.

Het opmerkelijke van de detectie met roostercondensator is, dat hierbij tot de gemiddelde roosterspanningsdaling zoowel door de positieve als door de negatieve fasen van de aankomende wisselspanning wordt meegewerkt. Vandaar de gevoeligheid der methode.

Tevens ligt echter voor de hand, dat in deze detectie extra vervormingsmogelijkheden verscholen zitten door traagheid in de afvloeijing der ladingen van den roostercondensator.

XXXI.

Beteekenis der terugkoppeling. — Verklaring der te bereiken versterking. — Dempingsreductie. — Genereeren en gillen van de lamp. — Sissend ontvangen van gedempte seinen. — Telefonie-ontvangst. — Doode gang in de terugkoppeling.

Aan de hand der figuren 109 en 110 kunnen we nu het effect der toepassing van terugkoppeling in een lamschema behoorlijk overzien.

De stroomverschijnselen in den plaatkring eener lamp, aan welks roostercondensator door aankomende golfreinen hoogfrequente wisselspanningen optreden, zullen geheel van gelijken aard zijn als de spanningswisselingen aan het rooster, dus den vorm hebben van fig. 109 b en 110 b. Daarbij zien we, dat in den plaatkring stroomvariatië optreden van twee verschillende soorten, 1° totaalvariatië van den gemiddelden plaatstroom, optredende in de frequentie der aankomende golfreinen, dus laagfrequente variatië, die de telefoon doen aanspreken, maar ten 2° ook nog trillingen, die als het ware geënt zijn op de totaalvariatië, welke trillingen de frequentie bezitten van de aankomende golftrillingen en die dus hoogfrequent zijn. Men noemt dit hoogfrequente trillingen, die gesuperponeerd zijn op de laagfrequente variatië. De laagfrequente variatië zelf zijn gesuperponeerd op den plaatkringgelijkstroom.

Wat zal nu bij terugkoppeling geschieden ?

Hadden we in den plaatkring een telefoon geplaatst zonder telefoon-condensator, dan zouden de hoogfrequente variaties van den plaatstroom in de zelfinductie der telefoonspoeltjes een zóó hoogen weerstand vinden, dat die hoogfrequente variaties zeer verzwakt zouden worden. Alleen de laagfrequente variaties zouden hun werk doen in de telefoon. Nu bezit de condensator parallel met de telefoon evenwel voor hoogfrequente wisselstroomen een zeer geringen weerstand. Die condensator zal dus hier dienen om de hoogfrequente variaties in den plaatkring onverzwakt te doen doorgaan. (Bij gebruik van een lang telefoonsnoer kan de capaciteit van dit snoer alléén hiervoor al voldoende zijn).

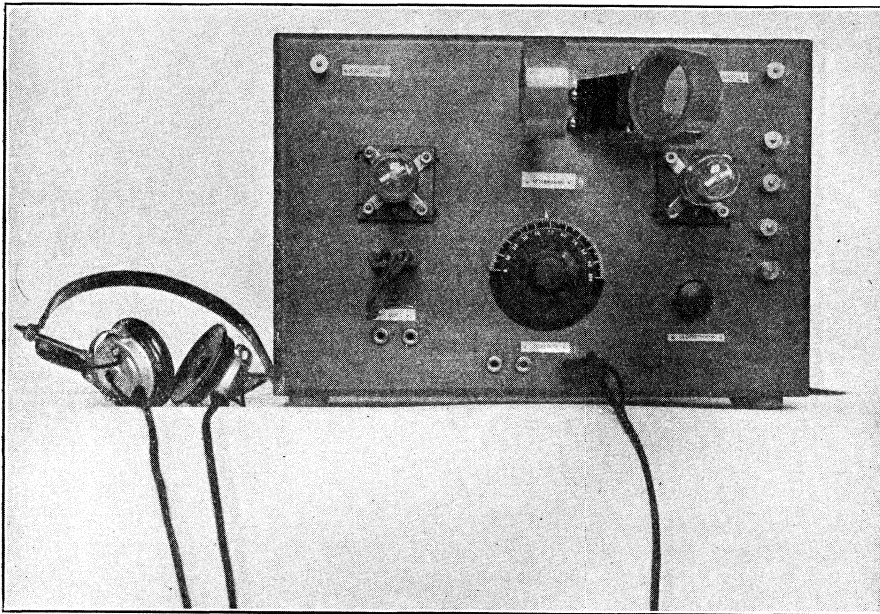
Door de terugkoppelspoel passeeren dus hoog- en laagfrequente variaties.

Het brengen van de terugkoppelspoel in de nabijheid van de eigenlijke ontvangspoel zal ten gevolge hebben, dat stroomvariaties in de terugkoppelspoel weer stroomvariaties induceeren in de ontvangspoel. De gelijkstroom in den plaatkring, die ook de terugkoppelspoel doorloopt, heeft geen effect, want alleen v e r a n d e r l i j k e stroomen induceeren. Alleen de laagfrequente en hoogfrequente s t r o o m - v a r i a t i e s in de terugkoppelspoel kunnen dus door inductie op de ontvangspoel werken. Die inductie is bij ijzerlooze spoelen onbeteekenend wat de laagfrequente variaties betreft, maar de hoogfrequente variaties worden aan de ontvangspoel ten deele „terug”-gegeven. Vandaar het woord „terug”-koppeling. De vastheid der koppeling reguleert d e m a t e, waarin energie wordt teruggegeven aan den ontvankring.

Bij zwakke terugkoppeling en aankomst van een gedempten golftrein in den ontvankring, zal nu het volgende gebeuren. De eerste trilling van den golftrein doet ook in den plaatkring een trilling ontstaan. Door inductie uit de terugkoppelspoel wordt daarvan iets overgedragen aan de ontvangspoel, op het oogenblik, dat daarin de tweede trilling van den golftrein optreedt. De aankomende golftrein veronderstelden we een gedempte trilling te zijn, waarvan dus elke volgende trilling zwakker was dan de vorige. Maar nu wordt door de inductie van de terugkoppelspoel bij elke volgende trilling in de ontvangspoel iets bijgevoegd. Het hangt van de stroomrichting door de terugkoppelspoel af, of dat in de ontvangspoel geïnduceerde iets daar de volgende trilling zal versterken of verzwakken. Men maakt nu òf de aansluitingen aan de terugkoppelspoel, òf den stand der terugkoppelspoel zelf

zoodanig, dat de teruggeïnduceerde trilling in de ontvangspoel de aankomende trillingen versterkt. Een gedempte golfrein zal dan in den ontvangkring minder snel uitdooven, de afneming der trillingen geschiedt minder snel en men krijgt een effect als of men een minder gedempten, langeren golfrein had ontvangen, die meer energie aanvoerde. Het ontvangen signaal wordt door de terugkoppeling dus sterker. Wegens die vermindering der demping van de trillingen, die als gevolg van een aankomenden golfrein ontstaan, noemt men de werking der terugkoppeling in dit opzicht ook wel dempingsreductie.

Men moet wel beseffen, dat de versterking, door het toepassen



Frontplaattoestel met honingraatspoelen.

van terugkoppeling verkregen, alléén optreedt door de tusschenkomst der versterking, welke de lamp geeft en waarbij aan de plaatbatterij de noodige energie wordt ontleend, die men aan het oorspronkelijk aankomend signaal toevoegt. Bij een kristaldetector kan men dus bijv. géén terugkoppeling toepassen.

Eenigszins sterke terugkoppeling voert nu bij een lamp nog tot meer verrassende verschijnselen, ook zonder dat men van buiten af iets ontvangt. Zoodra men dan toch de batterij aansluit,

zal een eerste stroomstoot gaan door den plaatkring, dus door de terugkoppelspoel. Die eene stroomstoot — dit ontstaat van den gelijkstroom — heeft ten gevolge, dat even een spanning wordt geïnduceerd in de ontvangspoel. Ofschoon toch gelijkstroom, die eenmaal op volle sterkte is, niets induceert, zal een ontstaande gelijkstroom (dat is een stroomverandering) momenteel wèl een spanning in een gekoppelde keten opwekken. Die geïnduceerde spanning in de ontvangspoel, welke deel uitmaakt van een trillingskring, zal aanleiding geven tot een zwakke uittrilling in den ontvangkring in de eigen frequentie van den kring. D.w.z. dat in dien kring een zwakke gedempte trilling wordt opgezet. Maar die trilling doet door de werking der lamp een versterkte trilling optreden in den plaatkring. En de terugkoppeling draagt van die versterkte trilling weer iets over aan den ontvangkring, zoodat de daar oorspronkelijk optredende trillingen, die uit zichzelf uitdooven, hun energie aangevuld krijgen. Bij voldoende sterke terugkoppeling kan die aanvulling voldoende wezen om de aanvankelijke trilling niet alleen langer te doen duren, maar blijvend te onderhouden en zelfs te doen aangroeien tot grootere sterkte (opslingeren). Het resultaat is dan, dat in de kringen ongedempte trillingen optreden, of, zooals men dat noemt: het stelsel genereert.

Elke genereerende detectorlamp richt tevens een deel harer eigen trillingsenergie gelijk. Deze gelijkrichting neemt bij gebruik van een roostercondensator steeds den vorm aan van een verzwakking van den gelijkstroom in den plaatkring; daardoor zal men het begin van genereren der lamp dan kunnen constateeren met een milli-ampèremeter in den plaatkring. Deze daalt, als de lamp gaat genereren.

In de telefoon hoort men het genereren zelf niet, want hoogfrequente trillingen zijn onhoorbaar. Maar als het genereren begint, waarbij de plaatstroom plotseling daalt, geeft dit even een dof klikje in de telefoon. En als men met den vinger de ontvangspoel aanraakt aan de zijde waar het rooster is verbonden, slaat door die verbinding met de capaciteit van ons lichaam de lamp af om bij loslating weer te genereren. De variaties in den plaatgelijkstroom, welke bij dit aan- en afslaan optreden, geven ook een klokkend geluid, dat voor den toestand van genereren kenmerkend is.

Bij buitengewoon sterke terugkoppeling van een ontvanglamp

met roostercondensator ontstaat ten slotte een verschijnsel, dat men het gillen van de lamp noemt, omdat daarbij een harde toon in de telefoon optreedt, die alle ontvangst overstemt. Dit gillen ontstaat doordat de zelfgegeneerde trillingen zóó sterk worden, dat de lamp telkens na een korte periode „dichtslaat”. Het rooster krijgt zoo hooge negatieve ladingen, dat de lamp even ophoudt te werken. Die ladingen lekken evenwel weg, de lamp gaat weer werken en slaat opnieuw dicht. Dit geschiedt in een frequentie, die van de sterkte der terugkoppeling afhankelijk is. Hoe sterker de terugkoppeling, des te langer duurt het herstel der dichtgeslagen lamp en des te lager wordt dus de giltoon. Deze kan dalen tot een laag brommen of klokkend getik. Door den roosterlekweerstand wordt het gillen voor normale terugkoppelingen voorkomen.

Ontvangt men gedempte golven met genereerende lamp, dan verdwijnt de karakteristieke vonktoon van het seinend station en hoort men de teekens sissend, als met een sleeprad-detector. Men kan zich voorstellen, dat dit komt, doordat de achtereenvolgende golftreinen in elkaar loopen.

In het algemeen zal men gedempte seinen liever ontvangen met een terugkoppeling, die de lamp nog juist niet doet genereren; maar heel zwakke signalen, die men op deze wijze niet meer neembaar kan krijgen, worden soms met genereerende lamp sissend, wel nog neembaar; het nadeel is, dat luchtstoringen en seinen dan gelijk klinken.

Voor telefonie-ontvangst mag de lamp nooit tot genereren worden gebracht.

Bij een ontvangtoestel met terugkoppeling komt het vaak voor, dat bij instelling der terugkoppeling totdat het genereren begint, de lamp met een goed hoorbaren „klap” aan het genereren „slaat”. Genereert zij eenmaal, dan kan men de terugkoppeling weer veel lossen maken, voordat de lamp afslaat. Hierdoor wordt het instellen juist op den rand van genereren, zooals speciaal voor ontvangst van zeer zwakke telefonie noodig kan zijn, buitengewoon lastig. In zulk een geval zegt men, dat er „doode gang” is in de terugkoppeling.

Op een goed toestel moet bij versterkt wordende terugkoppeling de lamp heel geleidelijk van niet-genereren in genereren overgaan en bij hetzelfde punt der terugkoppeling aan- en afslaan.

De zoo lastige doode gang kan ontstaan door fouten in het

toestel, die aan de kringen veel demping geven: te hooge weerstand, kortgesloten windingen, lekke condensatoren. Maar ook een te kleine telefooncondensator of al te kleine roostercondensator kunnen oorzaak zijn. Verandering van den lekweerstand of den roostercondensator kan verbetering geven. Verder kan te hooge of te lage plaatspanning en ook te lage gloeispanning het verschijnsel veroorzaken.

XXXII.

Verklaring der zwevingsontvangst van ongedempte seinen. — Verstemmingspercentage. — Afzonderlijk zwevingsapparaat. — Ontvangst met zwevingsapparaat en dempingsreductie. — Stations met contra-sein.

Van een genereerende ontvanglamp maakt men gebruik om ongedempte telegrafische signalen hoorbaar te maken.

Zoals in fig. 95 is aangeduid, kan de enkele gelijkrichting door een detector een ongedempt signaal niet hoorbaar maken in de telefoon. Daarvoor zijn ook nog onderbrekingen noodig in den ongedempten golftrein.

Die ontstaan nu automatisch, wanneer men met een genereerende lamp ontvangt en het toestel wordt afgestemd niet precies op de aankomende golf, maar op een zeer weinig daarvan verschillende golf. In dat geval krijgt men in het ontvangtoestel de aankomende trillingen in golflengte λ_0 en de zelf-gegenereerde trillingen in golflengte λ_1 . Fig. 112 geeft een voorstelling van die twee afzonderlijke stroomtrillingen, waarvoor hier golflengten zijn aangenomen, die zich verhouden als 4 : 5. We zullen zien, dat men in de practijk veel kleinere verschillen gebruikt, maar deze verhouding is gekozen voor het gemak bij de teekening.

Als die twee stroomverschijnselen gelijktijdig in het ontvangtoestel optreden, dan is het gezamenlijk effect te vinden, als men voor elk oogenblik de waarden der stroomen bij elkaar telt. Dit is in de figuur uitgevoerd. Daar zijn bijv. **ab** en **cd** ongeveer gelijk en gelijkgericht en leveren samen **ef**. Maar **gh** en **kl** zijn ongeveer gelijk en tegengesteld gericht en leveren dus samen nul.

Zoo zijn alle punten der trillingen A en B in C bij elkaar geteld. Het gelijktijdig aanwezig zijn in een kring van A en B geeft dus een effect als van een trilling volgens kromme C.

Deze aldus ontstaande toe- en afnemende trillingsverschijnselen in de ontvangketen noemt men *zwevingsverschijnselen* en elke aanzwelling en afneming heet een *zweving*. Men kan aan-

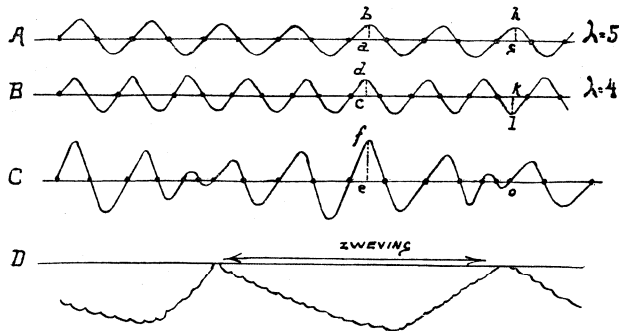


Fig. 113.

toonen, dat twee frequenties n en n_1 te zamen steeds $n - n_1$ zwevingen per seconde geven. De wisselwerking tusschen twee trillingen, waardoor zij samen een zweving leveren, heet *interferentie*.

Het door de gelijkrichting optredende effect in den plaatkring der lamp (fig. 113 D) is nu een stroomvariatie in zwevingsfrequentie en als men die laat vallen binnen de hoorbare frequenties, zal de telefoon het ongedempte signaal zuiver muzikaal weergeven.

Een golf van 10,000 meter (freq. 30,000) zal hoorbaar worden in toon 1000 door in het ontvangtoestel frequentie 29,000 of 31,000 te laten ontstaan, dus af te stemmen op golflengten 10,345 of 9677 meter (verstemming $3\frac{1}{3}\%$).

Een golf van 1000 meter (freq. 300,000) wordt hoorbaar in toon 1000 door in het ontvangtoestel frequentie 299,000 of 301,000 te laten ontstaan, dus af te stemmen op golflengten 996,6 of 1003,3 meter (verstemming $\frac{1}{3}\%$).

In het algemeen is de verstemming in procenten, noodig om toon 1000 te verkrijgen (regel van Ir. de Voogt):

Verstemmingspercentage = $\frac{1}{3}$ golflengte in kilometers.

Het aantal meters golflengte, dat men moet verstemmen,

is evenredig met het kwadraat der golflengte. Voor 20,000 meter golf is het 1300 meter ($1/1$), 10.000 meter golf 330 meter ($1/4$), 1000 meter golf 3,3 meter ($1/100$), 500 meter golf 0,8 meter ($1/1600$), enz.

Uit deze beschouwing volgt, dat aan de zwevingsontvangst met genereerenden, verstemden detectorkring door terugkoppeling speciaal voor de lange golven een nadeel is verbonden. Deze zwevingsontvangst eischt bij de lange golven, dat men naar verhouding verder buiten afstemming ontvangt dan bij korte golven. Dus: men stemt zijn ontvangtoestel niet meer precies af en ook niet ten naasten bij precies, maar men ontstemt een heel eind.

Daardoor moet de ontvangst zwakker worden dan die bij absoluut juiste afstemming z o u k u n n e n z i j n.

Er bestaat dan ook een methode van zwevingsontvangst z o n d e r verstemming van den ontvangkring. Daarbij gebruikt men een a f z o n d e r l i j k z w e v i n g s a p p a r a a t.

Ten einde toch behalve de aankomende trillingen van een signaal ook nog de locale, eenigszins in golflengte verschillende zwevings-trillingen te verkrijgen, is het niet bepaald noodig, die locale trillingen met de reeds als detector werkzame ontvanglamp op te wekken, maar men kan dit doen met een afzonderlijk toestel. Het zwevingsapparaat is in

zijn samenstelling een ontvangtoestel met lamp en terugkoppeling, maar zonder primaire. Een schema geeft fig. 114. Zoowel de spoel **S** als de terugkoppelspoel **T** kunnen met aftakkingen of glijcontacten uitgevoerd zijn. De draaicondensator **C** dient voor nauwkeurige instelling. Op de plaats, waar bij een ontvanger de telefooncondensator en telefoon zijn aangebracht, bij

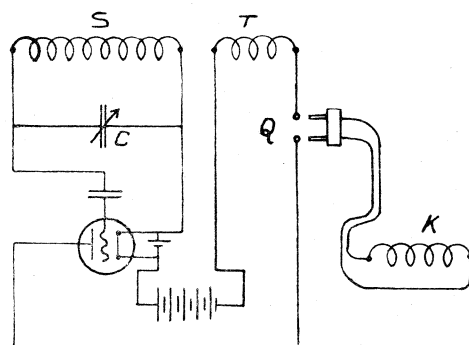


Fig. 114.

(Een lekweerstand dient hier nog te worden aangebracht.)

Q, bevindt zich hier een stopcontact, waarin met een steker een koppelspoeltje **K** wordt aangesloten, bevestigd aan een snoer, zoodat het spoeltje in de nabijheid van het eigenlijke ontvang-

toestel kan worden gebracht en daarmee inductief gekoppeld, liefst met de secundaire spoel van den ontvanger.

Dit spoeltje krijgt voor een honingraat-ontvanger den vorm van fig. 114a. Een houten klosje van den in de figuur in millimeters aangegeven maten, in het midden wat uitgedraaid, is omwikkeld met draad van bijv. 0.2 m.M. Dit klosje past in de midden-opening van normale honingraatspoelen en wordt in de *secundaire* van het ontvangtoestel gestoken. Voor kortere golven dient men nog een tweede dergelijk koppelspoeltje te maken met dikkeren draad en veel minder windingen.

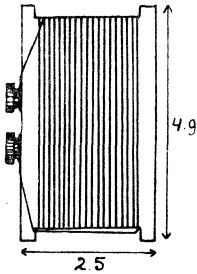


Fig. 114a.

Men laat de lamp van het zwevingstoestel genereeren. Dan zal **K** de hier opgewekte trillingen overdragen op den ontvanger en deze kan nu voor ontvangst van ongedempten dienen, zonder dat de detectorlamp behoeft te genereeren. Men kan zelfs met behulp van een zwevingstoestel ongedempten ontvangen op een kristal-ontvanger.

In deze gevallen wordt het zwevingstoestel eenigszins ten opzichte van de aankomende golf verstemd. Het ontvangtoestel daarentegen kan precies worden afgestemd.

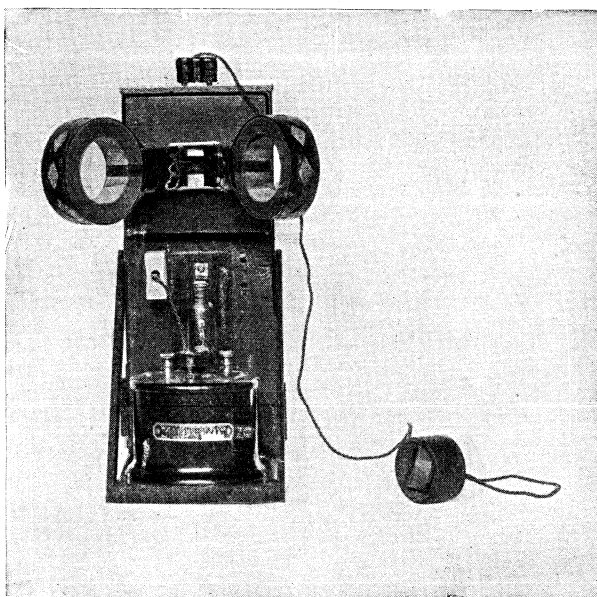
Wanneer men echter daarbij de terugkoppeling op een lamp-ontvanger zou weglaten, dan is de ontvangst met zwevingstoestel toch altijd iets *zwaaker* dan die op een gewonen ontvanger met terugkoppeling. Zelfs voor heel lange golven weegt het voordeel van de nauwkeurige afstemming van den ontvanger n.l. niet op tegen het gemis van de dempingsreductie, die men met de terugkoppeling der ontvanglamp bereikt.

Maar men kan met afzonderlijk zwevingsapparaat werken en dan toch nog terugkoppeling der ontvanglamp toepassen. Evenals bij ontvangst van gedempten en telefonie moet de ontvanglamp dan juist *niet* genereeren. Genereeren beide lampen, dan geven zij samen een doorgaanden interferentie-toon. Maar bij zeer nauwkeurige afstemming van den ontvanger, primair zoowel als secundair, en bij instelling der terugkoppeling van den ontvanger juist op den rand van genereeren, ontstaat een zeer aanmerkelijke versterking. Die versterking is van te meer waarde, omdat zij buitengewoon selectief is, d.w.z. dat zij alleen geldt voor het signaal, waarop men is afgestemd. Voor storende stations, die

slechts even buiten afstemming liggen, treedt deze versterking niet op.

Deze ontvangst met zwevingsapparaat en dempingsreductie gecombineerd, levert resultaten, die voor de ontvangst op antenne van Amerikaansche seinen of uit Indië almede het beste geeft, dat met twee lampen bereikbaar is. Men bedenke evenwel, dat dit alles enkel geldt voor ontvangst van telegrafische teekens en niet voor telefonie.

Op de beschreven wijze kunnen bij toch niet zeer groote antenne de groote Amerikaansche telegrafie-stations tot een sterkte worden gebracht, dat zij vele meters van de op tafel gelegde telefoon hoorbaar zijn, terwijl ook bijv. Bandoeng neembaar blijft met de



Zwevingstoestel.

telefoon een meter van het oor. De instelling der toestellen bij deze wijze van ontvangst eischt echter veel routine om er het uiterste uit te halen. Het is noodzakelijk, de capaciteit in den secundairen kring zeer fijn variabel te maken door fijnregeling op den draai-condensator.

Het zwevingstoestel kan evenals een laagfrequentversterker op dezelfde batterijen worden aangesloten als de ontvanger. Terwijl

een ontvanger met genereerende, teruggekoppelde lamp bij verstemming een anderen toon levert voor het signaal, dat men ontvangt, heeft de ontvangst met zwevingstoestel de aangename bijzonderheid, dat verstemming van den ontvanger geen toonverandering levert, zoodat men bij het afstemmen gemakkelijker weet, of men het zelfde station blijft hooren. Het zwevingstoestel kan evenals een golfmeter nauwkeurig zijn geijkt, dus vooraf worden ingesteld en ook als golfmeter gebruikt.

Bijzonder voordeel levert de ontvangst met zwevingsapparaat op voor telegrafiestations met z.g. c o n t r a - s e i n. Er zijn n.l. nog altijd ongedempte zenders, die met booglampgeneratoren werken en die niet seinen door volledige onderbreking van den stroom, dien ze in de zendantenne opwekken, maar door met den sleutel de uitgezonden golf iets te verstemmen. Zij zenden dus gedurende het werken voortdurend golven uit, maar als zij met den sleutel een teeken geven, is de golf bijv. iets langer of korter dan de doorgaande „rustgolf”. Bij zwevingsontvangst geven zulke stations twee zwevingstonen; de rustgolf geeft een toon en de

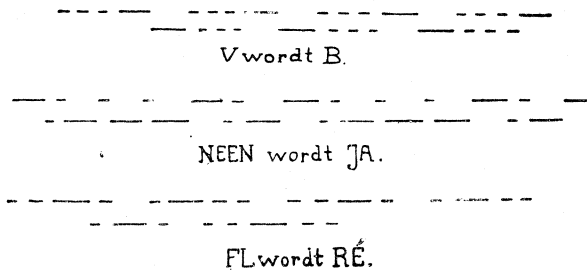


Fig. 115.

teekens komen als toonveranderingen door. Soms is het heel moeilijk, bij terugkoppelingsontvangst, daar de juiste letters uit te halen. Door verkeerde instelling kan men den toon, die in de tusschenruimten tusschen de teekens doorkomt, soms harder maken dan de eigenlijke seinen. Ons oor hoort dan het „contra-sein”, waaruit vaak ook weer letters zijn te maken. In fig. 115 geven we een voorbeeld van seinen en contra-seinen en hoe die verwarring kunnen stichten.

Met het zwevingstoestel is het in den regel veel gemakkelijker, het goede teeken naar voren te halen, dan met enkele terugkoppeling.

De ontvangst met zwevingstoestel noemt men *heterodyne-ontvangst* (d.w.z. met vreemde, van buiten toegevoerde hulp-energie), het werken met genereerende lamp in terugkoppeling heet *autodyne-ontvangst* (met eigen energie).

XXXIII.

De lamp als hoogfrequent-versterker. — Ter overkoming van den „drempel” in de detectorwerking. — Negatieve roosterspanning. — Economie in een radiotoestel. — Kan hoogfrequentversterking vervorming geven? — Bezwaren van groote selectiviteit voor telefonie-ontvangst.

Wanneer men bedenkt, dat alle detectorwerking steeds berust op het werken in een punt eener gebogen karakteristiek, dus op het gebruik maken van de steilheidsverandering van die karakteristiek in het werkingpunt, dan vloeit daaruit direct voort, dat een zekere drempelgevoeligheid bij de detectie is te verwachten. Men verstaat daaronder, dat de detectie eerst bij een zekere signaalsterkte (hoe gering dan ook) tot stand komt en dat voor zéér zwakke signalen feitelijk geen gelijkrichting zou optreden. Dit volgt hieruit, dat een oneindig klein stukje eener kromme lijn, dus van een karakteristiek, steeds als practisch recht is te beschouwen, dus als een stukje zóó klein, dat daarin van een verandering der steilheid niets merkbaar wordt.

In elk geval staat vast, dat naar verhouding voor zeer zwakke signalen de detectie hierdoor zeer veel slechter moet worden dan voor sterke, zoodat zwakke signalen meer en meer te loor moeten gaan in het steeds op den achtergrond aanwezige gegons van verwijderde storingen, die wegens hun grootere sterkte beter gedetecteerd worden. Ook al zou men die signalen dan na de detectie laagfrequent versterken, dan zou de door de detectie ongunstiger geworden verhouding blijven bestaan en de teekens zouden dus niet leesbaar zijn te maken.

Het is hier vooral, dat hoogfrequentversterking haar diensten gaat bewijzen. Bij ontvangst van zwakke telefonie zal trouwens hoogfrequentversterking steeds de instelling van een toestel ver-

gemakkelijken zonder dat men overdreven behoeft terug te koppelen om de sterkte op te voeren.

Na de uitvoerige behandeling der detectie is het gemakkelijk, de voorwaarden voor goede versterkerwerking eener lamp aan te geven. Men moet n.l. daarbij zorgen, dat de lamp werkt in het rechte, steilste deel harer karakteristiek en dat zij niet gelijkrichtend werkt. Men moet dus blijven buiten het gebied der karakteristiek waar roosterstroom optreedt. Nemen we nogmaals de lamp van fig. 103 ten voorbeeld, waarvan de 96-Volts karakteristiek in fig. 116 opnieuw ten deele is afgebeeld, dan komt alles hierop neer, dat de lamp moet werken in het deel der plaatkarak-

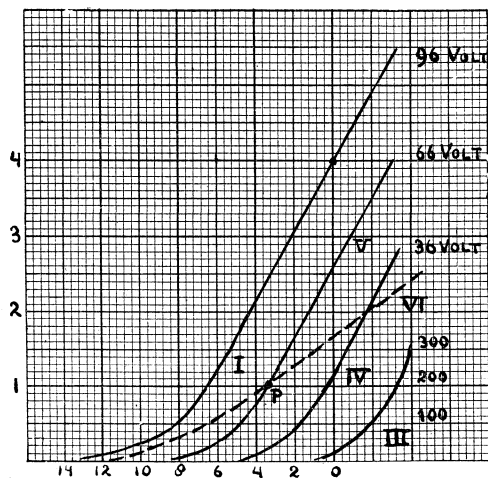


Fig. 116.

teristiek tusschen ongeveer 0 en $-7,5$ Volt roosterspanning, in het algemeen het rechte stuk links van de nul-roosterspanningslijn. In ons geval moet men zelfs liefst ook het gedeelte tusschen 0 en $-0,5$ Volt roosterspanning niet gebruiken, omdat reeds daar eenige roosterstroom optreedt.

Men moet dus voor de lamp als versterker altijd met negatieve roosterspanning werken. Dat geldt voor hoog- en laagfrequentversterking beide.

Nemen we aan, dat de lamp van fig. 116 tusschen $-0,5$ en $-7,5$ Volt veilig is te gebruiken, dan moeten we de roosterhulp-

spanning precies op het midden van dat gebied instellen, dus op — 4 Volt, als we denken het geheele gebied noodig te hebben.

Ter weerszijden van het punt in bij — 4 Volt mogen de rooster-
spanningen 3.5 Volt stijgen en 3.5 Volt dalen, dan zullen in de
plaatkring volkomen evenredige stroomvaria-
ties optreden. Dat moet voor het verkrijgen van onvervormde
versterking steeds het doel zijn, bij hoog- zoowel als laagfrequent-
versterking. De lamp, door ons als voorbeeld gekozen, kan dus
wisselspanningen verwerken, zooals men dat noemt,
met een topspanning van 3.5 Volt. Het totale daarvoor benodigde
rooster-
spanningsbereik is 7 Volt.

Uit het hier beredeneerde, in verband met de vroeger afgeleide
2de grondwet der drie-electrodenlamp, vinden we als gunstigste
rooster-
spanning voor volledige benutting van de lamp, dat steeds:

$$\text{neg. rsp.} < \frac{1}{2} \frac{E_a}{g}$$

waarin E_a de plaatspanning en g den versterkingsfactor voorstelt.

Ook deze regel kan van veel belang zijn om zich snel voor elke
bepaalde lamp bij benadering een idee te vormen van de daarbij en
bij de gebezigde plaatspanning passende rooster-
spanning.

Voor een hoogfrequentversterker is het intusschen wel nooit
noodzakelijk dat men rekent op zoo groote aankomende spanningen
op het rooster als in ons voorbeeld gesteld. Men heeft daar in den
regel meer te doen met spanningen, die duizendste deelen tot
tiende deelen van één Volt bedragen.

Voldoende negatieve rooster-
spanning voor een hoogfrequentlamp
wordt dan ook meestal reeds verkregen, wanneer men den gloei-
stroomweerstand in de negatieve leiding zet en den spanningsval
van gewoonlijk meer dan 0.5 Volt aan dien weerstand als negatieve
rooster-
spanning benut. Zoo is het bijv. ingericht in onze schema's
figuren: 50—54.

Men werkt dan zoo hoog mogelijk in het bruikbare deel der
karakteristiek.

Intusschen zou men precies even goed resultaat verkrijgen met
bij de lamp van fig 116 bijv. 7 Volt negatieve rooster-
spanning
aan te leggen en dus geheel beneden in het rechte deel te werken,
waar de plaatstroom veel kleiner is. Het hangt er maar van af, of
men plaatstroom wil sparen, dan wel de roosterbatterij wil uit-
sparen, welken weg men hier zal kiezen.

We kunnen trouwens met een vrij ruime lamp, als de tot

voorbeeld genomene, de economie nog op betere wijze betrachten door een veel lagere plaatspanning te gebruiken.

Onze lamp bezat 10-voudige spanningsversterking. Dat wil zeggen, dat als we 60 Volt lagere plaatspanning aanleggen, de geheele karakteristiek nagenoeg evenwijdig over $\frac{60}{10} = 6$ Volt

langs de roosterspanningsschaal naar rechts verschuift. Kromme I schuift dus naar IV, welke karakteristiek nog een bruikbaar roosterspanningsbereik bezit van 1 Volt bij — 1 Volt rooster-spanning.

Vindt men een aparte aftakking voor de plaatspanning te lastig, dan volgt uit ons betoog, dat bij behoud der 96 Volt plaatspanning de meest economische weg is: het aanleggen van — 7 Volt rooster-spanning, zolang men toch maar heel kleine wisselspanningen te versterken heeft.

De j u i s t e cijfers in elk voorkomend geval moet men zelf zien af te leiden uit de karakteristieken der dan gebruikte lampen.

Men kan zich afvragen, welk kwaad er eigenlijk uit voortvloeit, wanneer een hoogfrequentlamp n i e t met passende roosterspanning wordt gebruikt. In een laagfrequentversterker geeft dit, zooals reeds bij de practische schemas is opgemerkt, en nog nader zal worden verklaard, aanleiding tot geluidsvervorming. In een hoogfrequentversterker is dit niet zoo direct het geval, maar onjuiste roosterspanning vermindert in de eerste plaats de versterking, en de gedeeltelijke gelijkrichting, welke van onjuiste roosterspanning het gevolg is, kan ook overigens wel degelijk de ontvangkwaliteit minder goed maken.

Een veel ernstiger mogelijkheid van vervorming van telefonie bij hoogfrequentversterking zit in de overdreven groote afstem-scherpte, welke bij opeenvolgende hoogfrequentversterkingstrap-pen vooral door terugkoppelingen kan ontstaan.

Om dit in te zien, moet men bedenken, dat een g e m o d u - l e e r d e d r a a g g o l f van een telefoniezender steeds kan worden voorgesteld als een combinatie van de zuivere draaggolf van fre-quentie n , met andere golven, die zich laten voorstellen door $n - q$ en $n + q$, wanneer q de geluidsfrequentie is van den toon, waarmee de draaggolf is gemoduleerd. Voor spreken en muziek,

waarin vele tonen voorkomen, verandert q elk oogenblik. De geluidsfrequenties liggen in hoofdzaak tusschen 100 en 10,000 per seconde.

Heeft men nu een telefoniezender op 3000 meter golflengte, dan is de draaggolffrequentie 100,000. Daarnaast worden ook alle mogelijke andere frequenties tusschen 90,000 (100,000—10,000) en 110,000 (100,000 + 10,000) uitgezonden. Wil men alle geluidsfrequenties even goed weergegeven krijgen, dan mag het hoogfrequentie deel van het ontvangtoestel niet enkel de golflengte 3000 meter versterken, maar het moet alle golflengten van 2700—3300 meter (freq. 110,000—90,000) even goed versterken.

Men ziet hieruit, dat een telefonie-ontvanger nooit bijzonder selectief mag zijn. Naar mate hij selectiever wordt gemaakt, komen de golven, die het meest van de draaggolf verschillen (dat zijn de dragers der hoge tonen) meer en meer in het gedrang. De lage tonen komen dan het meest naar voren en het geluid wordt „hol”. Dit ervaart men ook al met een enkele lamp, als het toestel te dicht op rand van genereeren komt. De daardoor ontstaande dempingsreductie en overmatige afstem-scherpte doet dan ook de hoge tonen in het gedrang komen. Bij meervoudige hoogfrequentieversterking wordt dit gevaar steeds grooter.

Nu berekenden we hierboven, dat voor telefonie op een draaggolf van 3000 meter de beide bij modulatie ontstaande zijbanden (zooals men die groepen van naastliggende frequenties noemt) ter weerszijden van de draaggolf wel 10 % uitmaken.

Op de langere golven wordt dat percentage steeds grooter. Voor 10,000 meter is de frequentie 30,000 en frequentieverschillen van 10,000 ter weerszijden maken dan al 33 % uit. Langere golven worden hierdoor voor telefonie ongeschikt.

Op de kortere golf van 300 meter, frequentie 1 miljoen, maakt een frequentieverschil van 10,000 slechts 1 % uit en behoeft ook de onscherptheit der afstemming maar 1 % te bedragen. En hoe korter verder de golflengte is, des te gunstiger wordt deze situatie.

XXXIV.

Hoogfrequentversterking met afgestemde kringen, weerstanden, smoorspoelen of transformatoren. — Gunstigste waarden. — Parasitaire capaciteiten. — Moeilijkheden bij afdaling tot korte golven. — Hoe een afgestemde kring als weerstand voor trillingen kan werken.

In de tot dusver behandelde praktische schema's hebben wij op het gebied van hoogfrequentversterking alleen de enkele hoogfrequentlamp van het schema-Koomans leeren kennen, waarbij een afgestemde kring wordt toegepast in den plaatkring der eerste lamp om de trillingen over te dragen aan het rooster der volgende lamp.

Waar wij in het vorige hoofdstuk bij de bespreking der negatieve roosterhulpspanning voor de hoogfrequentlamp hebben aangeduid, dat de plaatstroomvariatië volkomen evenredig moesten zijn met de aankomende roosterspanningen, wenschen wij er nadruk op te leggen, dat de stroom-variatië in een tusschentrap van een versterker feitelijk nooit het eigenlijke doel vormen. Wat men zich ten doel stelt, is het brengen van zoo groot mogelijke spanning-variatië tusschen gloeidraad en rooster der volgende lamp.

Behalve een afgestemden kring kan men nu — evenals bij een laagfrequentversterker — ook hoogfrequent een weerstand, smoor-

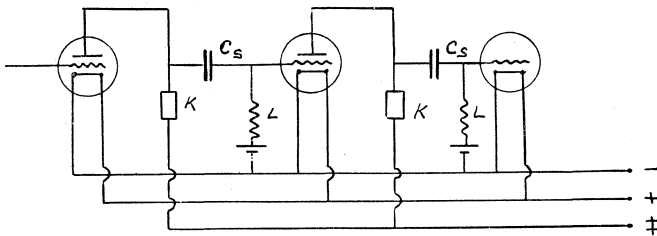


Fig. 117.

spoel of transformator voor de koppeling tusschen de lampen gebruiken. Laten we den transformator een oogenblik er buiten, dan kunnen we zeggen, dat het altijd een of andere vorm van weerstand voor stroomtrillingen is, dien men aanbrengt. Steeds ontstaat dan iets soortgelijks als het schema van fig. 117, geheel

overeenkomende met hetgeen we vroeger voor laagfrequentversterkers al hebben aangegeven. Het volgende rooster is hier aan de plaatszijde van den koppelingsweerstand k (smoorspoel of kring) aangesloten over een condensator. Die dient hier enkel om te zorgen, dat de hooge positieve plaatspanning niet ook op het rooster komt te staan en daardoor de volgende lamp onwerkzaam maakt.

De condensator C_s is hier enkel scheidingscondensator. Dat hij geen gelijkrichting bewerkt, zooals de roostercondensator eener detectorlamp, wordt verkregen door het volgende rooster met zijn lekweerstand niet aan plus gloeidraad te verbinden, maar aan een negatieve roosterspanning. Dan blijft men buiten het roosterstroomgebied (zie hoofdstuk XXX) en is gelijkrichting buitengesloten. De voornaamste eisch, aan den scheidingscondensator te stellen, is zeer goede isolatie, terwijl hij aan den anderen kant zóó groot moet wezen, dat hij weinig weerstand biedt aan de trillingen. Die weerstand is voor frequentie n gelijk aan $\frac{1}{2\pi n C}$ Ohm. Voor hoogfrequente trillingen behoeft hij daarom niet zoo héél groot te zijn. Waarden van 300 tot 2000 $\mu\mu F.$ zijn bruikbaar.

Aangezien de koppelingsweerstand is verbonden met plus der hsp.-batterij, waarvan de minpool weer verbonden is aan de accu, dus aan den gloeidraad van elke lamp, staat die koppelingsweerstand inderdaad, behalve in den plaatkring der vorige lamp, ook geschakeld tusschen rooster en gloeidraad der volgende lamp.

Het ligt nu voor de hand, dat men door den koppelingsweerstand grooter te maken, kleinere veranderlijke stroomen in den plaatkring zal krijgen, maar aangezien de spanningsval aan een weerstand gelijk is aan het product van weerstand \times stroom, zal de aan het rooster der volgende lamp overgedragen spanning bij vergrooting van weerstand toch nog stijgen.

Voor een weerstandversterker is dit zeer eenvoudig te becijferen. In den plaatkring der voorgaande lamp heeft men behalve den koppelingsweerstand R_k ook den inwendigen weerstand R_i van de lamp. Is e de aan het rooster der eerste lamp aankomende wisselspanning en g haar spanningsversterkingsfactor, dan zijn de veranderlijke spanningen in den plaatkring gelijk aan $g \times e$ en de veranderlijke stroomen worden $\frac{g \times e}{R_i + R_k}$

De spanningen aan den weerstand R_k , overgedragen aan de volgende lamp, worden dus:

$$g \times e \frac{R_k}{R_i + R_k}$$

Nu is $\frac{R_k}{R_i + R_k}$ altijd kleiner dan 1, maar hoe grooter R_k is ten opzichte van R_i , des te meer nadert de waarde der breuk tot 1; des te grooter wordt dus het nuttig effect der spanningsoverdracht.

Is $R_k = 4 R_i$, dan is het effect $\frac{4}{1 + 4} = 80 \%$.

$R_k = 9 R_i$, 90 %.

Met nóg hogere waarden voor R_k is oogenschijnlijk niet veel meer te winnen, n.l. hoogstens nog 10 %, waarvan men op het gehoor niets zou bemerken, behalve misschien als deze winst in drie of meer opvolgende trappen te behalen ware. Er is intusschen een fout in deze beschouwing, waardoor althans bij laag frequentweerstandversterking wél hogere koppelingsweerstandenvoordeel geven. De inwendige lampweerstand R_i blijft toch, als men door een uitwendigen weerstand $R_k = 4 \text{ à } 9 R_i$ de effectieve plaatsspanning al zóó veel verlaagt, niet constant, maar wordt zelf grooter. Daardoor moet men — om de gedachte versterking te verkrijgen — den koppelingsweerstand nóg weer veel meer vergrooten. (Zie ook hoofdstuk XXXV). Daardoor komt men dan tot waarden van 1 à 3 meghom. Maar voor hoog frequentversterking, in het bijzonder voor niet zeer lange golven, heeft het — zooals we zien zullen — geen nut zover te gaan.

Bij den hoogfrequentweerstandversterker valt te bedenken, dat de roostergloeidraadcapaciteit der volgende lamp, waaraan men de spanningen overdraagt, een condensatortje vormt, parallel aan het samenstel van koppelings- en lekweerstand. Dat „condensatortje” heeft voor de frequenties der telefoniegolven een schijnweerstand van h o o g s t e n s 300,000 Ohm. Hoe hoog men dus ook de waarde van den koppelingsweerstand maakt, de effectieve waarde van het koppelingsysteem als geheel blijft voor hoogfrequentie altijd kleiner dan 300,000 Ohm.

Stellen we het totaal der capaciteiten, die feitelijk parallel aan den weerstand staan, op $50 \mu \mu F.$, hetgeen practisch ongeveer klopt, dan is voor stroomen eener frequentie n de capacatieve weerstand $\frac{10^{12}}{2 \pi n \times 50}$ Ohm. Voor $n = 100.000$ (golf. 3000 meter) is dan die weerstand ongeveer 32.000 Ohm; voor golf. 300 meter slechts 3200 Ohm; voor golf. 100 meter 1100 Ohm.

Deze verhoudingen brengen mede, dat het geen zin heeft, voor hoogfrequentversterking weerstanden boven 100,000 à 150,000 Ohm toe te passen, terwijl voor golven beneden 3000 meter de schijnweerstand der roostergloedraadruimte van de volgende lamp nadert tot en ten slotte kleiner wordt dan de inwendige plaatkring weerstand der vorige lamp, zoodat nog maar de halve spanningsversterking (en voor kortere golven minder) bereikbaar is, vergeleken met langere golven.

Hoe kortere golven men wil ontvangen, des te grooter zorg is ook te besteden aan de vermindering van parasitaire capaciteiten, n.l. de capaciteiten der metalen kapjes, en veerende houders van de weerstanden, verbindingsdraden, enz., die alle de schadelijke parallelcapaciteit aan het koppelingselement vergrooten.

Beschouwen we den smoorspoelversterker op soortgelijke wijze als we den weerstandversterker hebben gedaan, dan weten we, dat de zelfinductie der smoorspoel ook voor veranderlijke stroomen als een weerstand werkt. Ook hier zal door vergrooting van de zelfinductie der smoorspoel de spanningsoverdracht aan de volgende lamp verbeteren, maar nog veel meer dan bij den weerstandversterker is hier voor hoogfrequente stroomen te letten op den invloed van parasitaire capaciteit.

Een smoorspoel met een zelfinductie van L Henry heeft voor wisselstroomen van frequentie n een weerstand van $2\pi nL$ Ohm, terwijl de totale weerstand in de plaatketen eener lamp met inwendigen weerstand R_i de waarde $V \sqrt{R_i^2 + (2\pi nL)^2}$ verkrijgt. Zoodat voor een lamp met versterkingsfactor g , als de op het rooster aankomende spanning e is, de aan de volgende lamp overgedragen spanning wordt:

$$g \times e \frac{2\pi nL}{V \sqrt{R_i^2 + (2\pi nL)^2}}$$

Voor $2\pi nL = R_i$ is het effect al 70 %
 $2\pi nL = 2R_i$, 90 %.

Dit geldt evenwel alleen, zoolang de eigen capaciteit van de smoorspoel en de parallel staande parasitaire capaciteiten verwaarloosbaar klein zijn. R_i behoudt bij inschakeling van een smoorspoel vrijwel dezelfde waarde, daar de smoorspoel niet zoo veel weerstand bezit, dat de plaatspanning merkbaar verandert.

Vergrooten we de smoorspoel en daarmee ook de eigen-capaciteit steeds verder, dan naderen we eerst het punt, waar de smoorspoel in afstemming komt met de frequentie der te versterken

trillingen. De werking wordt dan zeer gunstig. Maar komen we met de smoorspoel op een grootere afstemming, dan valt de werking buitengewoon snel af. Bovendien kunnen we in dat geval in een toestel met terugkoppeling een omkeering der terugkoppeling krijgen. Oorzaak van dit verschijnsel is, dat terwijl de stroomen in een kring met zelfinductie, die op kleinere golf is afgestemd dan die der aankomende trillingen, bij de spanning na-ijlen, zij in een op grootere golf afgestemden kring, evenals in een condensator, juist voorijlen. Er ontstaat dus wat men noemt een phase-omkeering.

Dezelfde verschijnselen doen zich voor, wanneer wij niet de smoorspoel vergrooten, maar de frequentie der aankomende trillingen verhoogen, d.w.z. wanneer wij met den zelfden versterker steeds kortere golven trachten te ontvangen.

Dat men ook een afgestemden kring als koppelings-element voor hoogfrequentversterking kan gebruiken, klinkt misschien eenigszins eigenaardig, waar wij vroeger hebben afgeleid, dat bij afstemming de wisselstroomweerstand van een kring voor de desbetreffende frequentie juist nul wordt.

Men moet evenwel zich goed voorstellen, hoe dit is op te vatten. In fig. 118 vormt de kring CL een gesloten kring op zichzelf, waarvan de weerstand inderdaad tot nul nadert voor rondgaande stroomen in den kring, als die stroomen de frequentie hebben, waarop de kring is afgestemd. Maar de kring CL maakt ook nog

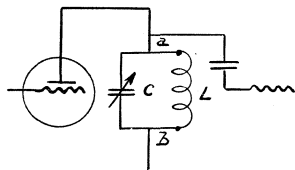


Fig. 118.

deel uit van de plaatketen der eerste lamp. Wisselspanningen in die plaatketen, ook in dezelfde frequentie, zullen de rondgaande stroomen in den kring CL tot een aanzienlijke waarde opvoeren, maar daardoor zal juist de stroom in de plaatketen niet tot ontwikkeling komen.

De kring CL vormt dus in de plaatketen een element, dat zich als een zeer hooge weerstand gedraagt voor stroomen in de afstemmingsfrequentie. En daardoor ontstaat een groot spanningsverschil tusschen de punten a en b, evenals aan een echten weerstand, en kan de kring dienen voor het overdragen van spanningen aan de volgende lamp.

De werkzame weerstand, dien de kring CL in de plaatketen vertegenwoordigt, is des te grooter, naarmate de kring CL

m i n d e r Ohmschen weerstand bezit en de rondgaande stroomen dus sterker worden.

Noemt men den hoogsten wisselstroomweerstand, die door afstemming van kring CL in de plaatketen wordt gebracht, W en is R_i weer de inwendige weerstand der lamp, dan wordt aan het volgende rooster een spanning overgedragen:

$$e \times g \cdot \frac{W}{W + R_i}$$

Aangezien W de volle waarde pas verkrijgt bij nauwkeurige afstemming en even naast de afstemming dadelijk kleiner wordt, zal bij gebruik van een lamp met hoogen inwendigen weerstand (grootte R_i) de spanningsoverdracht pas de moeite waard worden, als men den kring CL heel nauwkeurig instelt, terwijl dan voor slechts weinig van de afstemming verschillende golven, waarvoor W een kleinere waarde heeft, de overdracht heel gering zal zijn. De inrichting wordt dan zeer selectief.

Een afgestemde kring als koppeling achter een lamp met hoogen inwendigen weerstand wordt zéér selectief, maar die kring moet dan ook van zeer goede kwaliteit zijn (moet weinig Ohmschen weerstand in de spoel hebben). Achter lampen met kleineren inwendigen weerstand wordt de afstemscherpte geringer.

Een transformator voor hoogfrequentversterking kan zeer verschillende vormen hebben. Een voorbeeld van zulk een transformator vormen de spoelen K en S in fig. 54. Dit kunnen verwisselbare spoelen zijn in een draaibaren spoelhouder. Maar ook kunnen het spoelen zijn, die op kleinen afstand van elkaar op één koker zijn gewonden; dan is dus de koppeling onveranderlijk, ofschoon nog tamelijk los. Daarbij wordt veelal de secundaire afgestemd, terwijl dit bij de primaire wordt nagelaten om de neiging tot spontaan genereeren der voorgaande lamp te verminderen.

Ook worden hoogfrequenttransformatoren gebezigd met direct over elkaar heen gelegde wikkelingen, op houten of ebonieten kern. Bij zoo vaste koppeling wordt meestal geen afstemming toegepast. De inrichting dient dan echter altijd maar voor beperkt golfbereik. Metaalkernen in hoogfrequentversterkers worden wel aangebracht om door vergroote demping zelfgenereeren tegen te gaan.

Voor lange golven, boven 3000 meter, worden ook hoogfrequent wel transformatoren met ijzerkern toegepast, speciaal als het transformatoren zijn met vaste afstemming (zie later bij superheterodyne-toestellen).

Het doel van versterking met transformatoren ligt eigenlijk in

spanningsopvoering, waardoor de spanningsversterking per trap, die bij andere methoden altijd kleiner blijft dan de spanningsversterking der voorafgaande lamp, kan worden opgevoerd (vermenigvuldigd met de transformatie-verhouding). Bij hoogfrequenttransformatoren komt daarvan alleen in de gunstigste gevallen iets terecht. De niet-afgestemde hfr. transformatorpjes met op elkaar gelegde wikkelingen geven in dit opzicht zeker niets. Hoogstens kan dan de volledige scheiding van vorigen plaatkring en volgenden roosterkring, zonder condensator er tusschen, eenig voordeel hebben boven andere koppelingen.

XXXV.

Vervlaking der karakteristiek door weerstand in den plaatkring. — Constructie der vervlakte kromme. — Dynamische karakteristiek. — Afleiding daarvan voor smoorspoel en afgestemden kring.

Verschillende gegevens omtrent de instelling eener lamp als versterker, speciaal wat de hulpspanning voor het rooster betreft, werden door ons afgeleid uit de karakteristiek. Wat we als zoodanig tot dusver leerden kennen en in de figuren 103 en 116 is afgebeeld, noemt men de statische karakteristiek, welke de uitkomst is van metingen, waarbij in den plaatkring der lamp enkel een m.A. meter was opgenomen met zoo gering mogelijken eigen weerstand.

Bij elke schakeling eener versterkerlamp komt evenwel — zooals we gezien hebben — in den plaatkring een of andere Ohmsche of inductieve weerstand voor, waaraan men een spanningsval laat ontstaan om weer spanningsoverdracht aan een volgende lamp te verkrijgen.

Hebben we met een weerstandversterker te doen, dus een lamp, die een hoogen Ohmschen weerstand in haar plaatkring heeft, dan is het duidelijk, dat we met ingeschakelden weerstand een heel andere karakteristiek verkrijgen dan de op de gewone wijze opgenomene.

We kunnen als volgt tot de afleiding dier karakteristiek geraken uit de statische karakteristieken I en V in fig. 116.

Stel, dat we een weerstand van 30,000 Ohm in den plaatkring hebben. Als daar eens 1 m.A. doorheen vloeit, ontstaat aan den weerstand een spanningsval $e = R \times i = 30,000 \times \frac{1}{1000} = 30$ Volt

Heeft dit plaats terwijl de totale spanning der plaatbatterij 96 Volt is, dan blijft dus op de plaat van de lamp maar $96 - 30 = 66$ Volt staan.

Met 96 Volt plaatbatterij zal dus bij ingeschakelden weerstand het punt der nieuwe karakteristiek, waarbij de plaatstroom 1 m.A. is, hetzelfde punt zijn, waar op de statische karakteristiek van 60 Volt die stroom wordt bereikt. Dat is het punt p in fig. 116.

Zoo kan men meer punten bepalen. Het punt, waar de plaatstroom nul wordt, en waar dus geen spanningsval op den weerstand ontstaat, zoodat de volle 96 Volt op de plaat der lamp overblijft, is het punt, waar ook voor de statische 96-Volts karakteristiek de stroom nul wordt.

Daaruit volgt, dat de gestippelde lijn VI in onze figuur ongeveer de gezochte karakteristiek aangeeft met 30,000 Ohm in den plaatkring, bij 96 Volt plaatspanning.

Dit is nu een nieuwe „gelijkstroomkarakteristiek”, maar aangezien een weerstandversterker zich voor roosterwisselspanningen geheel gedraagt als voor gelijkspanningen, zal deze nieuwe karakteristiek tevens de wisselstroomkarakteristiek of *d y n a m i s c h e* karakteristiek van den weerstandversterker zijn.

Men ziet uit de figuur, hoe deze dynamische karakteristiek voor den weerstandversterker een *a f g e v l a k t* karakter verkrijgt. Voor zeer hooge weerstanden wordt het schijnbaar bijna een geheel rechte lijn. Wat uit fig. 116 intusschen als meest belangrijke punt naar voren treedt, is wcl, dat het totale roosterspanningsbereik bij gelijkblijvende plaatspanning volkomen gelijk blijft, ook als men een weerstand inschakelt.

In het vorig hoofdstuk wezen we op het verschijnsel, dat intusschen door inschakeling van eenigszins grooten weerstand in den plaatkring ook de *i n w e n d i g e* weerstand der lamp voor veranderlijke stroomen wordt vergroot. Bringen we eens een weerstand van 200,000 Ohm aan, dan gaat reeds bij 0.4 m.A. plaatstroom een spanning van 80 Volt in den weerstand verloren. Het punt der dynamische karakteristiek voor 0.4 m.A. ligt dan bij 96 Volt batterijspanning op de 16-Voltskarakteristiek, 0.3 m.A. op de 36-Volts karakteristiek, 0.2 m.A. op de 56-Voltskarakteristiek enz. Maar de punten voor die kleine stroomsterkten liggen niet in het rechte deel der bedoelde karakteristieken, doch beneden de onderste bocht, waar de steilheid heel gering is en de inwendige weerstand veel grooter dan de normale R_i .

In alle andere gevallen dan die van den weerstandversterker is de dynamische karakteristiek iets geheel anders dan de gelijkstroomkarakteristiek en moeilijker af te leiden.

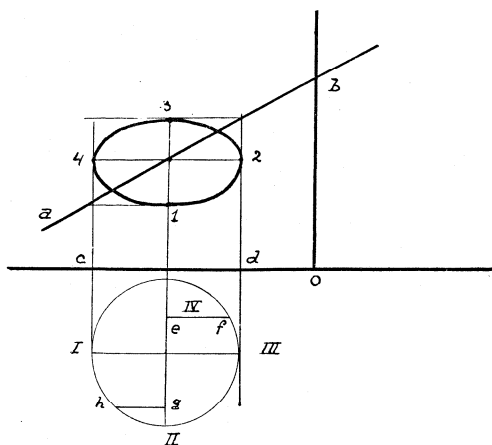


Fig. 119.

De lijn ab stelt voor het rechte deel der statische karakteristiek. De wisselspanningen aan het rooster loopen heen en weer tusschen c en d , zoodat in den daaronder geteekenden cirkel de lijnen ef , gh enz. voor elk oogenblik de grootte der wisselspanning aangeven. Is de na-ijling nu $\frac{1}{4}$ periode (geen weerstand) dan zal de stroomverandering, behoorende bij spanningstoestand I, pas optreden als de spanning reeds in toestand II verkeert; voor den stroom vinden we dus het punt 1 waarvan de stroomsterkte past bij roosterspanning I, maar optredende gelijktijdig met spanningstoestand II. Zoo ook zal de stroomwaarde 2, behoorende bij II, gelijktijdig optreden met III enz. We zien hoe de dynamische karakteristiek 1, 2, 3, 4 hierdoor een ellipsvormige kromme wordt.

Dit is in 't algemeen ook waar voor zelfinductie met weerstand, waarbij de ellips smaller wordt, naderende tot een rechte lijn en lager ten opzichte van de statische karakteristiek, evenals kromme VI in fig. 116, naarmate de weerstand grooter is.

Een bijzonder geval vormt een afgestemde kring in de plaatketen. Is deze als weerstandsloos te beschouwen, dan gedraagt hij zich voor den wisselstroom, waarop hij is afge-

Brengt men een smoorpoel of primaire van een transformator in den plaatkring der lamp, dan brengt men weerstand en zelfinductie aan. De stroomveranderingen ondergaan dan een vertraging ten opzichte van de spanningsveranderingen. Zij zijn na-ijlend, zooals de wisselstroomtheorie dat noemt en wel hoogstens $\frac{1}{4}$ periode als de weerstand nul is, anders minder.

Een idee van hetgeen daarbij gebeurt, is in fig. 119 gegeven voor het geval van weerstand nul.

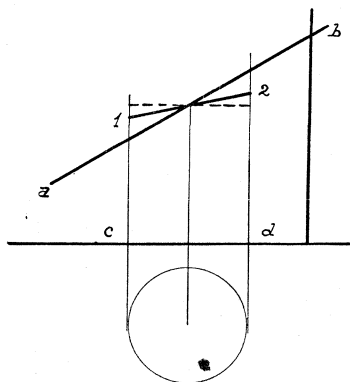


Fig. 120.

stemd, toch juist als een weerstand, die evenwel de statische karakteristiek niet vervormt en de dynamische karakteristiek nadert dan tot een lijn als 1.2 in fig. 120. Het volkomen ideale geval zou zijn, de horizontale stippellijn in deze figuur, d.w.z. totaal géén stroomvariatie in den plaatkring. In het vorig hoofdstuk is kort aangeduid, hoe men dit practisch onbereikbare, maar theoretisch ideale geval moet begrijpen.

XXXVI.

De lamp als laagfrequentversterker. — Benodigde roosterspanningsruimte der lampen. — Bezwaren van versterkt-onversterkt schakelingen. — Sterkteregeling met weerstand.

Het meeste van hetgeen gezegd is over de lamp als hoogfrequentversterker, past geheel ook op den laagfrequentversterker. De hoofdstukken XXXIII en XXXIV moeten daarom beslist vooraf worden gelezen.

Afgezien van het feit, dat hier wisselspanningen van lagere frequentie te versterken zijn, waardoor men in andere grootten van condensatoren en zelfinducties vervalt (de laatste daardoor ook nagenoeg altijd met ijzerkern) zijn de voornaamste verschillen deze:

1. de laagfrequentversterker heeft in 't algemeen hogere wisselspanningen te verwerken;
2. hier kunnen in 't algemeen geen afgestemde ketens worden gebruikt voor koppeling; voor telefonie-ontvangst moet juist het geheele gebied der hoorbare frequenties zooveel mogelijk gelijkmatig worden versterkt; alleen voor telegrafie-ontvangst kunnen min of meer op één toon afgestemde versterkers nut hebben;
3. bij den laagfrequentversterker moet althans de laatste lamp altijd in staat zijn, een eenigszins aanmerkelijke energie af te geven, n.l. aan een luidspreker.

Het eerste punt doet de vraag opkomen, of men voor laagfrequentversterking persé andere, ruimere lampen noodig heeft dan voor hoogfrequentversterking.

Men verkrijgt den besten kijk op deze aangelegenheid door die van achter af te beredeneeren.

De ruimste eindversterkerlampen, welke aan de gewone ontvangspanningen zijn aangepast, bezitten een roosterspanningsbereik van niet ten volle 40 Volt. Uit onze „tweede grondwet” weten

we dadelijk, dat zulk een lamp, wil zij 5-voudige spanningsversterking bezitten, met minstens $5 \times 40 = 200$ Volt anodespanning moet werken (voorbeeld de RE 504 van Telefunken). Stelt men als eisch, dat een lamp zoo ruim zal zijn bij slechts 120 Volt anodespanning, dan kan zij hoogstens $\frac{120}{40} = 3$ -voudige spanningsversterking hebben (voorbeeld Philips' B 403).

Uit die tweede grondwet kunnen we ook afleiden, dat ruimere eindlampen wel niet meer denkbaar zijn, tenzij voor veel hogere plaatsspanningen.

Geeft nu de voorafgaande versterkertrap slechts een effectieve spanningsversterking, die 10-voudig is, dan behoeft de rooster-spanningsruimte van de voorlaatste lamp slechts $\frac{40}{10} = 4$ Volt te bedragen en in alle dáár nog aan voorafgaande lampen heeft men genoeg aan ruimten, welke fracties van 1 Volt bedragen. Vooropgesteld is hierbij, dat de roosterhulpspanningen alle nauwkeurig zoo worden geregeld, dat men de roosterspanningsruimten der lampen ten volle kan benutten.

Eigenlijk zou men dus, behalve de eindlamp, nergens lampen noodig hebben met een grootere roosterspanningsruimte dan 4 Volt. Uit metingen staat toch vast, dat een 10-voudige spanningsversterking per trap heelemaal geen overdreven praestatie is en zoowel met weerstand-versterkers als met transformatorversterkers gemakkelijk wordt bereikt; de smoorspoelversterking staat om nader te noemen redenen practisch iets ten achter. We zullen trouwens in volgende hoofdstukken nader zien, dat de lampenkeuze voor de verschillende soorten van versterkers toch nog uiteenloopt.

Richt men trouwens een toestel in met een versterker volgens het hier opgemerkte omtrent de lampenkeuze, dan moet wel worden bedacht, dat wanneer men wegens groote sterkte der signalen minder versterking wil toepassen, het afschakelen der laatste lamp en het gebruiken der voorlaatste lamp als eindlamp een zeer gebrekkige methode wordt. Die voorlaatste lamp, met kleine rooster-spanningsruimte, is dan toch een lamp, die lang niet dezelfde energie kan verwerken en afgeven als de laatste lamp. Men moet zich dan beslist met minder eindgeluid tevreden stellen. Oogen-schijnlijk beter is het daarom, niet de laatste lamp uit te schakelen, maar liever de eerste versterkerlamp, zooals dat bijv. volgens de schema s figuren 66 en 71 ook mogelijk is. Dat heeft dan weer

het bezwaar, dat men bij een transformatorversterker achter de detectorlamp den 2den transformator gaat gebruiken en we zullen zien, dat juist goede aanpassing van den transformator aan de voorafgaande lamp een belangrijk punt is voor mooie ontvangst.

Een volkomen goede oplossing van deze moeilijkheid is op twee manieren te verkrijgen.

In de eerste plaats kan men in den transformatorversterker, die in den regel uit niet meer dan 2 lampen zal bestaan, twee g e l i j k e lampen bezigen, dus beide van het eindlamptype. Men kan dan zoowel volgens schema 66, als volgens 72 en 77 de laatste lamp afschakelen. Het eenige bezwaar is onnoodig groot plaatstroomverbruik en kleine versterkingsfactor der voorlaatste lamp als men ze allemaal gebruikt.

De tweede oplossing is, dat men heelemaal geen versterkt-onversterkt schakelaars aanbrengt — wat een groote vereenvoudiging is — en de sterkte-regeling laat plaatshebben met een regelbaren weerstand van 500 tot eenige tienduizenden Ohms parallel op de primaire van den eersten transformator of (wat nog beter is) door reeds in het hoogfrequentgedeelte van het toestel een verzwakking aan te brengen door liefst de koppeling van de antenne met de eerste lamp te verminderen. Dan voorkomt men ook overbelastingen van de detectorlamp.

XXXVII.

De laagfrequentweerstandversterker. — Beschouwing over de waarden der weerstanden en condensatoren. — Bezwaren van al te groote waarden. — De negatieve roosterspanning, over een lekweerstand aangelegd.

Omtrent den laagfrequentweerstandversterker kan men geheel dezelfde beschouwingen opzetten als omtrent den hoogfrequentversterker. Te bedenken is alleen bij den laagfrequentversterker steeds, dat hij gelijktijdig zeer uiteenlopende frequenties, van 100 tot 10.000 ongeveer, zoo gelijkmatig mogelijk moet verwerken.

Het koppelingselement bestaat weer evenals in fig. 117 uit een koppelingsweerstand K, scheidingscondensator Cs en aan neg. roosterspanning te verbinden lekweerstand L.

Condensator Cs moet hier laagfrequente trillingen doorlaten naar het rooster. Aangezien nu een groote condensator van 1 μ F.

voor trillingen van frequentie 100 altijd nog een weerstand bezit van ongeveer 1600 Ohm, zou men kunnen meenen, dat C_s ook minstens wel in de genoemde grootte-orde moest vallen. Dat is evenwel niet noodig. Stelt men zich volgens fig. 121 voor, dat de weerstanden eens niet aanwezig waren, dan blijft over cond. C_s en de rooster-gloeidraad-ruimte der volgende lamp, die als een heel klein condensatortje C_1 is op te vatten, in serie met C_s . Nu is het doel, zoo groot mogelijke spanningen tusschen gloeidraad en rooster te brengen, dus op het condensatortje C_1 , dat hoogstens

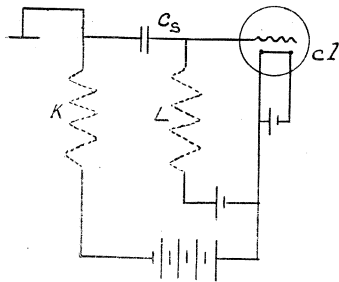


Fig. 121.

op $150 \mu \mu F.$ is, te schatten. Bij schakeling van 2 condensatoren in serie verdeelen de spanningen over die condensatoren zich omgekeerd evenredig met hun grootte. Is C_s tien maal grooter dan C_1 , dan komt voor elke frequentie al nagenoeg volle 100 % der spanningen op C_1 te staan. Uit dezen hoofde behoeft C_s dus niet zeer groot te zijn en zou $500 \mu \mu F.$ voldoende wezen.

De aanwezigheid der weerstanden maakt evenwel, dat men toch niet al te kleine C_s moet nemen. Het denkbeeldige condensatortje C_1 , dat de rooster-gloeidraadruimte der volgende lamp voorstelt, staat in werkelijkheid parallel met den lekweerstand en het wordt dus meer de verhouding tusschen den wisselstroomweerstand van C_s en de Ohmsche waarde van den lekweerstand, die het aandeel der volgende lamp in de totale spanning bepaalt. Zorgt men evenwel maar, dat de wisselstroomweerstand van C_s voor frequentie 100 in elk geval aanmerkelijk kleiner is dan de waarde der weerstanden K en L , dan behoeft men er zich verder geen zorg over te maken. Voor hogere frequenties is toch de weerstand van C_s evenredig kleiner. (Wisselstroomweerstand $= \frac{1}{2 \pi n C}$. Ohms als C in Farads is uitgedrukt).

Zooals vroeger in hoofdstuk XXXI uiteengezet, moet nu weerstand K voor goede spanningsoverdracht vele malen grooter worden genomen dan de inwendige weerstand R_i van de lamp. Toen, waar het over hoogfrequentversterking ging, hebben wij opgemerkt, dat de invloed van parasitaire capaciteitjes het vrij

doelloos maakte, grootere koppelingsweerstanden te bezigen dan 100,000 Ohm. Bij laagfrequentversterking, waar men te maken heeft met frequenties, die 10 à 1000 maal lager zijn, spelen parasitaire capaciteiten een evenredig kleinere rol. Voor de koppelingsweerstand K kan men hier waarden kiezen tusschen 100,000 en 5 miljoen Ohm, terwijl weerstand L_w bij voorkeur aanzienlijk grooter is dan K. Waarden van 1 en 3 of 3 en 5 miljoen Ohm (megohm) voldoen practisch heel goed. Daartegenover mag C_s dan gerust een wisselstroomweerstand hebben die voor de laagste tonen, bijv. frequentie 100, een waarde aanneemt van eenige honderduizenden Ohms, d.w.z. hij mag $0.005 \mu F.$ of zelfs kleiner zijn, zonder dat er eenig merkbaar verschil ontstaat in de versterking voor lage en hooge tonen. Ja, bij de grootste weerstanden, zooeven genoemd, kan $0.001 \mu F.$ ($1000 \mu \mu F.$) nog zonder ernstig bezwaar dienst doen.

Gebruikt men kleinere weerstanden, dan is men verplicht de condensatoren grooter te nemen. Maar ook met $K = 100,000$ en $L = 500,000$ behoeft C_s toch niet grooter dan $0.01 \mu F.$ te wezen om practisch vervormingvrijheid te waarborgen. Intusschen spreekt de in het vorig hoofdstuk besproken vergroting van den inw. weerstand der lamp, zoodra men een koppelingsweerstand inschakelt, voor **g r o o t e** koppelingsweerstand.

Het kan gemakkelijk zijn, een klein overzicht te hebben van den wisselstroomweerstand van condensatoren voor verschillende frequenties. Het staatje geeft de weerstanden in Ohms:

	$n = 100$	$n = 1000$	$n = 10,000$	$n = 100,000$	$\lambda = 3000$	$\lambda = 300$
$2 \mu F.$	800	80	8	0.8	0.08	
$1 \mu F.$	1600	160	16	1.6	0.16	
$0.1 \mu F.$	16000	1600	160	16	1.6	
$1000 \mu \mu F.$	1,600,000	160,000	16000	1600	160	
$500 \mu \mu F.$	3,200,000	320,000	32000	3200	320	

De veiligste weg om zowel de grootst mogelijke versterking te bereiken alsook gelijkmatige versterking van alle frequenties, is oogenschijnlijk **g r o o t e** weerstandwaarden te combineeren met **g r o o t e** scheidingscondensatoren.

Te bedenken is evenwel, dat groote condensatoren meer kans hebben op onvolmaakte isolatie, terwijl toch de isolatie van den scheidingscondensator van overwegende beteekenis is, aangezien er altijd een aanzienlijk deel der spanning van de plaatbatterij op

staat. Verder bestaat tegen de combinatie van groote weerstanden en groote condensatoren het bezwaar, dat ladingen, welke op die condensatoren optreden, zeer aanmerkelijk kunnen worden en door de groote weerstanden slechts langzaam afvloeien.

Met een versterker met condensatoren van $0.15 \mu F$. en weerstanden van 3 en 5 megohm hebben we de ervaring opgedaan, dat de ladingen, bij het ontsteken der lampen dadelijk optredende, den versterker telkens bij begin wel gedurende een halve minuut onwerkzaam maakten. Elke verandering van gloeistroomweerstand of plaatspanning, of zelfs van de afstemming, gaf opnieuw zulk een nawerking, zoodat men nooit direct het effect eener veranderde instelling kon beoordeelen. Ook deed zich het verschijnsel voor, dat wegneming der roosterspanning of van een lekweerstand eerst na vrij geruimen tijd zich in onzuiver worden van het geluid openbaarde. In den tusschentijd had de condensator aan de roosterzijde der lamp genoeg lading om minuten lang de juiste roosterspanning te blijven leveren. Zelfs kwam het ook bij afwezigheid van alle toevallige lekken voor, dat men een koppelingsweerstand kon wegnemen zonder dat men het direct bemerkte. De condensator had aan de plaatszijde der vorige lamp dan voldoende positieve lading om zelfs den plaatstroom korten tijd te onderhouden! Dit zijn heel interessante verschijnselen, maar ze kunnen voor de practijk lastig wezen en verwarrend werken.

Bij weerstanden van 3 en 5 megohm geven wij hierom de voorkeur aan condensatoren van hoogstens $5000 \mu \mu F$.

In den handel bestaan zeer goede, in bakeliet ingegoten micacondensatortjes met twee stel veerende klips er op vast gezet, waarin men uitwisselbaar de weersstandjes kan aanbrengen. Ook die weerstanden zijn nu in vele goede soorten verkrijgbaar.

Veranderlijke hooge weerstanden bevelen we voor dit doel beslist niet aan. Uitwisselbare vaste weerstanden zijn veel beter, vooral als zij bestaan uit een dun metaalneerslagje op glas, in een luchtledig buisje.

Er bestaan ook wel draadweerstandes tot waarden van 250,000 Ohm en oogenschijnlijk zou men die solieder kunnen achten. Maar er is ernstig op te letten, dat weerstanden van die soort door de groote hoeveelheid opgewikkeld fijn draad geen aanmerkelijke eigencapaciteit hebben verkregen, waardoor de hooge tonen bij de versterking niet tot hun recht zouden komen. Bovendien is $\frac{1}{4}$ megohm in verband met onze vorige beschouwingen zeer laag te

achten en alleen aan te bevelen als men met verhoogde spanningen wil werken, waardoor de verhooging van den inw. lampweerstand wordt te niet gedaan en de verhouding weer gunstiger wordt. Bij koppelweerstand van 250.000 Ohm passen condensatoren van minstens 5000 $\mu\mu$ F. en spanningen boven 150 Volt.

Bij den hoogfrequentweerstandversterker gaven we aan, dat parasitaire capaciteiten enkel een vermindering der versterking opleverden, erger wordende voor de hoogere frequenties. Bij den laagfrequentversterker gaan parasitaire capaciteiten eerst een rol spelen, als ze veel grootere waarden hebben, maar dan vervormen ze ook tevens het geluid, want hier moeten hooge en lage geluidsfrequenties g e l i j k t i j d i g en evenveel versterkt worden; komen nu de hoogere door parasitaire capaciteiten in het gedrang (voor hoogere frequenties vormen die capaciteiten als het ware een lek, omdat de weerstand van een condensator voor de hoogere frequenties kleiner wordt) dan gaan de lagere tonen in muziek en spreken te veel naar voren treden en maken het geluid dof.

Het ligt voor de hand, dat men in een weerstandversterker, ten einde een behoorlijke versterking per trap te verkrijgen, lampen met zoo groot mogelijken spanningsversterkingsfactor moet bezigen. De versterking per trap blijft toch altijd kleiner dan de lampfactor aangeeft. Lampen met $g = 5$ zouden nooit meer dan 4 à 5-voudige versterking per trap leveren. Alleen wanneer men lampen neemt met $g = 15$ à 30, wordt de methode behoorlijk loonend. Dit zijn dan lampen, die volgens de 2de grondwet maar een beperkt spanningsbereik bezitten; bij 120 volt plaatspanning slechts juist voldoende en nauwkeurige regeling der roosterspanning is dus noodig.

Gewoonlijk komt de vraag op, wat er van de roosterspanning van enkele Volts terecht komt, wanneer men die aanlegt via een lekweerstand van eenige megohms; treedt dan in dien weerstand niet een spanningsval op, die maakt, dat de spanning op het rooster eigenlijk nul wordt? En moet men daarom niet veel hoogere neg. roosterspanning aanleggen, dan men wil gebruiken?

Het antwoord luidt: neen. Men brengt de lamp in een punt, waar geen roosterstroom loopt. Zoodra de roosterspanning zich heeft ingesteld, wordt de weerstand stroomloos en daardoor ontstaat in dit geval in dien weerstand geen spanningsval. Men legt dus een even hooge batterijspanning aan, alsof de weerstand heelemaal niet bestond en komt daarmee volkomen uit.

Ten einde parasitaire capaciteiten te vermijden, zorge men bij den bouw van een weerstandversterker voor korte verbindingen naar platen en roosters. Men houde die verbindingen afzonderlijk en uit elkaar en verwijderd van de batterijleidingen. Deze laatste kan men alle dicht bij elkaar brengen, mits goed geïsoleerd.

Een bezwaar kan bij weerstandversterkers zijn gelegen in het feit, dat ook hoogfrequente trillingen erin doordringen en versterkt worden. Is de plaatkring der detectorlamp reeds door een weerstand gekoppeld met den verderen versterker, dan zal dit euvel vrij zeker zich voordoen. Het heeft vooral twee onaangename gevolgen. In de eerste plaats kan de voorlaatste lamp in den versterker, als dit weer een met weerstand gekoppelde lamp is met hooge g, en klein roosterspanningsbereik, die toch al maar juist ruim genoeg zou wezen, heel licht overbelast worden. Maar bovendien komen de hoogfrequente trillingen versterkt tot in het luidsprekersnoer en kan het zijn, dat nadering van dit snoer tot de antenne of tot een spoel, een capacatieve terugkoppeling oplevert, waardoor de laagfrequentversterker hoogfrequent kan genereeren. Hierdoor ontstaan verschijnselen, die een weerstandversterker voor dengene, die hier geen remedie tegen kent, tot een volslagen onbruikbaar instrument kunnen maken.

Voor een deel laat deze misère zich opheffen door een klein condensatortje parallel op den eersten koppelingsweerstand (in den plaatkring der detectorlamp), bijv. 50 à 100 $\mu\mu$ F., waardoor de laagfrequentversterking zelfs voor de hoogste tonen nog weinig zal worden aangetast. Ook kan een telefooncondensator op de uitgangsklemmen van den luidspreker althans de terugkoppelingen door het luidsprekersnoer opheffen. Maar dit middel zal gewoonlijk eenige schade moeten doen aan de ontvangkwaliteit voordat het afdoende wordt

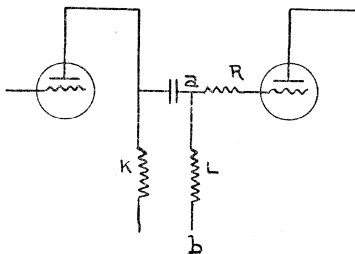


Fig. 122.

Een andere methode is, dat men volgens fig. 122 in het koppelings-element van één of meer trappen behalve de weerstanden K en L nog een weerstand R aanbrengt vóór het rooster van elke volgende lamp. Aangezien die weerstand in serie staat met de roostergloeidraad-capaciteit der volgende lamp, zal hij van de tus-

schen a en b in fig. 122 optredende spanningen een deel wegnemen, en wel des te méér, naarmate het kleine lampcapaciteitje voor de betreffende frequentie een kleineren wisselstroom-weerstand bezit. Volgens het in dit hoofdstuk gegeven staatje is de wisselstroomweerstand van $5 \mu\mu F.$ voor golfl. 3000 M. ongeveer 320,000 Ohm, voor 1500 M. wordt dat 160,000 Ohm. Voor frequentie 10,000 is het 3.2 megohm. Maken we dus $R = 0.5 \text{ à } 1$ megohm, dan zal voor hoogfrequente trillingen het grootste deel der over te dragen spanning door R worden weggenomen, terwijl voor de hoogste geluidfrequenties de verzwakking nog maar heel gering blijft.

XXXVIII.

De laagfrequent-transformatorversterker. — Hoogste theoretische versterking. — Verband tusschen primaire transformator-zelfinductie en inwendigen weerstand der voorafgaande lamp. — De capaciteit der secundaire wikkeling doet energie verloren gaan. — De grootte der transformatieverhoudingen. — Aanpassing tusschen eindlamp en luidspreker. — Uitgangstransformator. — Aansluiting over een smoorspoel en condensator.

De gezichtspunten, welke bij den laagfrequent-transformatorversterker te pas komen, zijn voor een deel van anderen aard dan bij den weerstand-versterker.

Bij gebruik van een transformator staat het doel voor oogen, de spanningsvariaties in den plaatkring der voorafgaande lamp door de transformatie hooger op te voeren, dus als het ware de spanningsversterking van de lamp te vermenigvuldigen met de transformatieverhouding. Theoretisch zou inderdaad de versterking van een lamp met spanningsversterking g en daarachter geschakelden transformator met verhouding u kunnen worden $g \times u$. Practisch brengt men het zoo ver niet, omdat er steeds verliezen zijn in den transformator.

Wanneer de koppeling tusschen primaire en secundaire niet zeer vast is, heeft men al dadelijk niet meer een versterking $g \times u$, doch $g \times u \times k$, waarin k den koppelingsfactor voorstelt (altijd kleiner dan 1). Men gebruikt trouwens een ijzerkern en over elkaar

heen gelegde wikkelingen om k zooveel mogelijk gelijk aan 1 te maken.

Ook op den factor g (de spanningsversterking der voorafgaande lamp) valt echter af te dingen, want die zou alleen ten volle in rekening mogen worden gebracht, als de aan de primaire van den transformator werkzame wisselspanningen ten volle gelijk waren aan de in den plaatkring optredende, versterkte spanningswisselingen. Bij den weerstandversterker maakten we den weerstand zoo groot mogelijk ten opzichte van den inwendigen weerstand der lamp, in welker plaatkring hij kwam te staan, om een zoo groot mogelijk deel der spanningen aan den weerstand te doen optreden. Hier zouden we nu dus de zelfinductie der primaire van den transformator (den wisselstroomweerstand) ook zoo groot mogelijk moeten maken, om hetzelfde doel te bereiken.

Daarbij valt er op te letten, dat die wisselstroomweerstand ($2 \pi n L$) voor de hoogere frequenties (grootere n) grooter is dan voor de lagere.

Een zelfinductie van 1 Henry bezit voor 100 perioden een weerstand van 628 Ohm en verder volgens het staatje:

	$n = 100$	$n = 1000$	$n = 10.000$
1 Henry	628	6.280	62.800
10 „	6.280	62.800	628.000
20 „	12.560	125.600	1.256.000
30 „	18.840	188.400	1.884.000

Gewoonlijk beschouwt men nu de zaak inderdaad geheel van dezen kant en aangezien bij de in serie staande inwendige weerstand der lamp en wisselstroomweerstand der transformator-

primaire de spanningen aan deze laatste $\frac{2 \pi n L}{\sqrt{R_i^2 + (2 \pi n L)^2}}$ maal de totale spanningsvariaties worden, vindt men, dat als $2 \pi n L$ bijv. $2 R_i$ is, de 90 % al bijna wordt bereikt. Zorgt men bij frequentie 100 voor deze verhouding, dan is de toestand voor de hooge en lage frequenties practisch gelijk. Hieraan is eerder te voldoen bij lage inwendige lampweerstand dan bij hooge.

Men rekent dan tevens voldaan te hebben aan den eisch van zoo gelijkmatig mogelijke versterking van alle frequenties.

Of die beschouwing nu zoo geheel juist is, is een andere vraag. Er zijn eenige omstandigheden niet bij in aanmerking genomen, die toch van wezenlijke beteekenis zijn.

Wanneer men mocht aannemen, dat de secundaire wikkeling van den transformator als geheel „open” was te beschouwen, zoodat daarin geen stroom kon worden geïnduceerd, zou toch altijd nog aan de primaire de noodige energie, hoe klein ook, moeten worden toegevoerd voor de wisselende magnetisatie van de kern (de ijzer-verliezen). Maar de secundaire is niet geheel „open”. De wikkeling bezit een zekere eigencapaciteit, die met de rooster-gloeidraad-capaciteit der volgende lamp als een denkbeeldig condensatortje over de secundaire is te beschouwen. Die capaciteit vormt een belasting voor den transformator, welke voor de hoogere frequenties zwaarder wordt, omdat een kleine capaciteit voor deze een geringeren weerstand vormt.

Op de primaire wikkeling moet dus niet alleen een zekere spanning komen te staan, maar de plaatkring der voorafgaande lamp moet er ook varieerende stroomen van zekere waarde doorheen zenden, om een zekere spanning aan de secundaire klemmen te verkrijgen.

Deze beschouwing zou er ons toe voeren, dat wij niet zouden moeten streven naar een zoo groot mogelijke spanningsopname in de primaire, maar veeleer naar de grootste mogelijke energie-opname. Volgens een algemeenen regel der electrotechniek treedt deze in een keten met generator en verbruikstoestel op, wanneer inwendige weerstand van den generator (de lamp) en uitwendige weerstand (wisselstroomweerstand der primaire) gelijke waarde hebben. De gelijkmatigheid der werking voor alle frequenties zou dan door de capacitieve belasting der secundaire eenigszins worden bevorderd, aangezien de werkzame wisselstroomweerstand der primaire (die voor de hooge frequenties het grootst is) door zwaardere secundaire belasting wordt verminderd (het meest voor de hooge frequenties, waarvoor de capacitieve belasting het meest uitmaakt).

In elk geval voeren beide beschouwingen ertoe, dat men ter wille van de gelijkmatigheid der versterking voor verschillende toonhoogten achter een lamp met bepaalden inwendigen weerstand geen transformator met al te kleine primaire mag plaatsen.

Nu beteekent in verband met de totale afmetingen van een laagfrequenttransformator, en met de wenschelijkheid om de eigencapaciteit der secundaire binnen zekere grenzen te houden, de eisch eener minimum-grootte van de primaire wikkeling, dat

men de secundaire niet een willekeurig aantal malen groter kan gaan maken. Een goede secundaire zal bijv. hoogstens 20,000 windingen kunnen hebben. Bij grooter aantal windingen wordt de eigencapaciteit te groot. Heeft men dan achter een bepaalde lamp een primaire noodig van minstens 10,000 windingen, dan volgt direct, dat de transformatieverhouding niet hooger kan zijn dan 2-voudig. Achter een lamp met kleinere R_i , waarachter een kleinere primaire kan worden geplaatst, van bijv. 5000 windingen, krijgt de transformator dan een toelaatbare verhouding 4.

Zoo zien we, dat achter lampen met kleineren inwendigen weerstand hoogere transformatieverhoudingen passen. Waar nu verder de steilheid van versterkerlampen nooit enorm uiteenloopt, zullen lampen met kleinere R_i ook lampen zijn met kleineren versterkingsfactor. Practisch kan men ongeveer dezen regel aannemen, dat wanneer g de versterkingsfactor der lamp is en u de transformatieverhouding van den achter die lamp geplaatsten transformator, $g \times u$ hoogstens 30 mag wezen voor de transformatoren van het beste maaksel. In het algemeen komt het aan de kwaliteit ten goede, geen al te hooge transformatieverhoudingen te gebruiken, liever te laag dan te hoog.

Dit staat in verband met het feit, dat de capaciteit, die gerekend moet worden, parallel op de secundaire aanwezig te zijn, bij een transformatieverhouding u , het zelfde effect heeft als een u^2 maal grootere condensator parallel op de primaire.

Al hebben dus transformatoren 1 : 2 en 1 : 6 volkomen dezelfde secundaire, dan is de invloed van de eigencapaciteit der sec. wikkeling bij den laatste toch $36 : 4 = 9$ maal grooter. Vandaar dat het bij hooge transformatieverhoudingen zoo zeer op buitengewone kwaliteit van het fabrikaat aankomt.

Onze straks geïntroduceerde beschouwing van den transformatorversterker als energieversterker, in tegenstelling met den weerstandversterker als spanningsversterker, verdient in verband met de aanpassing tusschen lamp en daarop volgende transformator nog even gereleveerd te worden. In een weerstandversterker is het, wat de lampen betreft, eigenlijk alléén de vraag, of hun roosterspanningsruimte voldoende is om het op hun rooster aankomend signaal op te nemen. Natuurlijk moet dat bij de lampen in een transformatorversterker ook in de eerste plaats in orde zijn — evenals de daarmee samenhangende neg. rooster-

spanning — maar dan moet de lamp in den transformatorversterker tevens een liefst niet al te hoogen weerstand bezitten en dat be- teekent op zichzelf reeds een lamp, die eenige energie in den plaat- kring kan leveren en niet zoo heel groote spanningsversterking bezit.

De eindlamp ten slotte moet in elken versterker aan dezelfde eischen voldoen, n.l. groot roosterspanningsbereik en vermogen om energie af te geven. Dit wordt altijd een lamp met kleinen versterkingsfactor. De grootste energie wordt geleverd aan een luidspreker, waarvan de wisselstroomweerstand gelijk is aan den inwendigen weerstand der lamp.

Zelfs hier dreigt nog weer het spook der vervorming, want de wisselstroomweerstand van den luidspreker (althans van den electromagnetischen) is voor hooge frequenties grooter dan voor lage. Is die voor toon 100 gelijk aan de R_i van de eindlamp, dan komen alle hoogere tonen met minder energie in den luidspreker en het geluid wordt dof. Is de zelfinductie zeer klein, dan zullen hoogere tonen naar verhouding te sterk naar voren kunnen treden.

De ervaring leert, dat hier voor de goede kwaliteit van telefonie- ontvangst een ruime eindlamp met geringen inwendigen weer- stand in verbinding met een luidspreker met wat hooge zelf- inductie altijd veiliger is dan een lamp met hooger en weerstand en een luidspreker met te kleine zelfinductie.

Dezelfde ervaringsregel dus als die, welke geldt voor de tusschentrappen.

Heeft men een luidspreker met beslist te lage en wisselstroom- weerstand in verhouding tot den inwendigen weerstand der eind- lamp, dan kan men zoowel de geluidsterkte als de kwaliteit verbeteren door gebruik van een telefoontransformator, dat is een transformator, die omgekeerd werkt als de gewone laagfrequenttransformator. Hij heeft een secondaire, die kleiner is dan de primaire en transformeert daardoor spanningen naar be- neden, terwijl daarentegen de stroomen worden opgetransformeerd.

De aanpassing van den telefoontransformator aan de lamp eenzijdig en aan den luidspreker anderzijds moet intusschen zeer goed zijn, wil hij ten volle bevredigend effect geven. Voorbeelden van gebruik van telefoontransformators vindt men bijv. in de versterkers van de Western Electric, voor aanpassing aan den Bicone-luidspreker en bij den Magnavox-luidspreker, die wegens zijn inwendigen weerstand van slechts enkele Ohms zonder trans-

formator heelemaal niet is te gebruiken. Zoodat de transformator hier deel uitmaakt van den luidspreker.

Bij een min of meer willekeurige combinatie van lamp, transformator en luidspreker, die niet passend op elkaar zijn gemaakt, levert de transformator gewoonlijk verzwakking.

Waar eenerzijds het gebruik van een telefoontransformator een betere aanpassing beoogt, levert het anderzijds nog het voordeel, dat de luidspreker geen gelijkstroom voert, dus niet magnetisch verzadigd kan worden. Magnetische verzadiging door een betrekkelijk sterken gelijkstroom te zenden door een groot aantal windingen, voert tot vervorming. Van de stroomvariatiëen hebben dan wel de stroomverzwakkingen effect, maar niet de stroomversterkingen. In transformatoren met zwaardere ijzernen

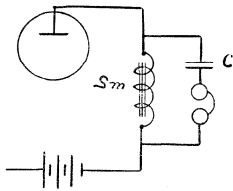


Fig. 123.

komt dit niet zoo gauw voor. In telefoon en luidspreker eerder. Stroomloos maken van deze laatste is dus altijd goed.

Daarvoor bestaat nu nog een andere methode dan die met een transformator, n.l. door een schakeling met smoorspoel en condensator volgens fig. 123 of 124,

hetgeen wij al in toepassing brachten in schema fig. 63.

Hier voert de smoorspoel **Sm** van 20 à 30 Henry den gelijkstroom. De stroomvariatiëen passeeren door die hoge zelfinductie moeilijk. Maakt men condensator **C** minstens $2 \mu F.$, dan gaan de stroomvariatiëen voor het grootste deel door **C** en den luidspreker. Het merkwaardige is, dat uit een oogpunt van geluidsterkte en aanpassing deze schakeling tevens zeer gunstig blijkt zonder dat men critisch aan bepaalde waarden der onderdeelen is gebonden. Practisch is gebleken dat boven 30 Henry en $4 \mu F.$ wel niet behoefte te worden gegaan.

De schakeling van fig. 124 bezit nog een voordeel boven fig. 123 in zooverre de luidspreker direct aan min accu komt, die gewoonlijk is geaard, zoodat capaciteitseffecten van de luidsprekerleiding vervallen. Verder gaan de

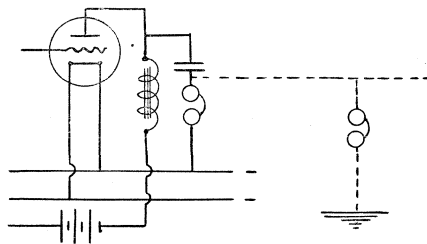


Fig. 124.

stroomvariatiëen buiten de hsp. batterij om en veroorzaken geen spanningsval in den inwendigen weerstand dier batterij.

Daardoor vervallen koppelingen met vorige lampen, welke zich anders konden voordoen. Ten slotte kan men volgens de stippellijn verder verwijderde luidsprekers mede parallel schakelen aan een enkele draads geleiding, als men de andere luidsprekers ieder een eigen aardverbinding geeft.

XXXIX.

De smoorspoelversterker. — Geringe totaalversterking. — Eischen voor de lampen. — De gilneiging van laagfrequentversterkers. — Oorzaken. — Middelen ertegen. — De koppeling door den batterijweerstand. — Het centraal-batterij-systeem. — De balansversterker.

Wanneer men in een laagfrequentversterker smoorspoelen gebruikt in plaats van transformatoren, dan is de smoorspoel eigenlijk te beschouwen als een z.g. spaartransformator met verhouding 1 : 1.

Dit wil in de eerste plaats zeggen, dat evenals bij den weerstandversterker de maximale versterking van een trap gelijk is aan de spanningsversterking der voorafgaande lamp, zonder meer.

In tegenstelling met den weerstandversterker blijft de plaatstroom grooter en moet de lamp ook een zekere energie leveren tot overwinning van soortgelijke verliezen als in een transformator. De te gebruiken lampen moeten dus van een ruimer type zijn dan in den weerstandversterker (eigenlijk gelijk als in een transformatorversterker) en kunnen daardoor geen lampen zijn met zoo hooge spanningsversterking. De versterking per trap is daardoor tot kleinere waarden beperkt dan bij elk ander type. Dit is intusschen in hooge mate een quaestie van lampenfabricage. De Philips' A 425, die bij 25-voudige spanningsversterking toch vrij groote steilheid bezit, is beter dan de meeste andere lampen met hoogen versterkingsfactor voor smoorspoelversterking geschikt.

De afwezigheid eener secondaire wikkeling met de eigencapaciteit daarvan en de afwezigheid eener transformatieverhouding (waardoor de eigencapaciteit bij den transformator een invloed heeft evenredig met het kwadraat der transformatie verhouding) heeft ten gevolge, dat de smoorspoel minder gevaar oplevert voor vervorming ten gevolge van parasitaire capaciteit dan de transformator.

De waarde der smoorspoel staat in gelijk verband met den

inwendigen weerstand der v o o r a f g a a n d e lamp, als het geval is met de primaire van den transformator. Een waarde van 30 Henry is voor de smoorspoel zeker gewenscht.

De scheidingscondensator in den smoorspoelversterker moet grooter zijn dan in den weerstandversterker, wil men de lage tonen niet verliezen. De condensator dient toch liefst lagere wisselstroomweerstand te bezitten dan de smoorspoel. Wil men daaraan voor frequentie 100 voldoen, dan is $0.1 \mu F$. noodig bij een smoorspoel van 30 Henry. De lekweerstand en negatieve roosterspanning moeten aan gelijke eischen voldoen als bij den weerstandversterker.

Overzien we dit alles, dan ligt het voor de hand, dat de geluidsterkte per trap bij een smoorspoelversterker in het algemeen minder snel aangroeit, maar dat de kwaliteit betere kansen heeft dan bij een versterker met niet al te beste transformatoren.

Een bezwaar, dat zich vooral bij een transformatorversterker wel eens zeer hinderlijk kan voordoen, is de zoo gevreesde g i l n e i g i n g.

De moeilijkheid begint soms al bij den tweelampsversterker en bij 3 lampen doet zij zich des te eerder voor.

De oorzaak dezer onaangenaamheid zit in verschillende parasitaire koppelingen, welke zich kunnen voordoen.

a. magnetische (inductieve) koppelingen, ontstaande doordat de magnetische velden der transformatorwikkelingen op elkaar terugwerken, zoodat de voorgaande lampen energie teruggevoerd krijgen uit de volgende lampkringen.

b. capacatieve koppelingen door geleidraden op verschillende spanningen, die op elkaar terugwerken door hun onderlinge capaciteit, vooral rooster- en plaat-geleidingen.

c. galvanische koppeling, hoofdzakelijk door den inwendigen weerstand der batterij, die al de plaatkringen met elkaar koppelt.

Wanneer werkelijk koppelingen tusschen de opvolgende transformatoren of smoorspoelen bestaan, geven deze gewoonlijk aanleiding tot flink hoorbare fluittonen. In de eerste plaats kan dit worden voorkomen, door de transformatoren of smoorspoelen niet te dicht naast elkaar te plaatsen, liefst om en om een transformator en de daarop volgende lamp, waardoor ook de kortste verbindingen ontstaan; wat gunstig is met 't oog op b. Verder is het 't best, als de kern van den eenen transformator loodrecht staat op het midden

van de kern van voorgaanden en volgenden. Bij gebruik van voldoende ruimte is dat evenwel niet eens noodig. Verder kan soms verwisseling der verbindingen naar de primaire van één der transformatoren gunstig zijn. De secundaire verbindingen moeten altijd zóó zijn, dat volgend rooster komt aan de buitenste winding der secundaire (o = out, s = sortie, a = ausgang, S 2). Het behoort niet noodig te zijn, daarin ooit verandering te brengen. Omwisseling der secundaire verbindingen heeft gelijk effect als plaatsing van een capaciteit parallel aan de secundaire, hetgeen zoowel de versterking als de kwaliteit benadeelt. De primaire verbindingen omwisselen kan in elk geval niet veel kwaad. Verder wordt wel eens het middel toegepast van aarding der transformator-kernen.

Capacitieve koppelingen geven gewoonlijk aanleiding tot gillen in zeer hooge tonen of genereeren in onhoorbaar hooge frequentie. Dat laatste openbaart zich dan in verschijnselen van overbelasting van de lampen zonder dat de geluidsterkte dit motiveert. Hoofdzak, waarop te letten valt, is, dat men de van de lampfittings komende rooster- en plaatdraden niet dicht naast elkaar evenwijdig laat loopen, maar direct uit elkaar en verwijderd van de gloei-stroomleidingen, verder zoo kort mogelijk naar de transformatoren.

Galvanische koppeling door den batterij-weerstand kan zich openbaren of in gilneiging in een hoorbaren toon, of door een algemeene onzuiverheid van toon. Een hulpmiddel ertegen kan zijn de plaatsing van een grooten condensator ($2 \mu F.$) parallel op de batterij. Beter is natuurlijk, te zorgen, dat de batterijcellen met hoogen weerstand worden verwijderd. Bij toepassing van eenigszins groote versterkingen en aanzienlijke eindgeluiden kan de galvanische koppeling intuschen een grootere beteekenis verkrijgen, ook bij gebruik van een goede batterij, dan men veelal vermoedt. Over het dan toe te passen middel, dat wij ook later nog eens zullen ontmoeten voor een speciaal geval, geven we hier de noodige bijzonderheden.

Denken we ons een vierlampsversterker, met 10-voudige versterking per trap, dan komen de uit den plaatkring der eerste lamp tredende stroomvariaties duizendvoudig versterkt uit de laatste. Stel nu, dat wij in den laatsten plaatkring stroomvariaties hebben van 10 m.A., dan zullen die aan een batterij met slechts 1 Ohm inw. weerstand toch nog $\frac{1}{100}$ Volt spanningsval veroorzaken. Dat wil zeggen, dat de eerste lamp in haar plaatkring óók die $\frac{1}{100}$ Volt

teruggevoerd krijgt, welke, 1000-voudig versterkt, 10 Volt wisselspanning op het rooster der laatste lamp brengt. Zoo lang dit bedrag kleiner blijft dan de spanning van het oorspronkelijke signaal, is deze terugkoppeling een uitdoovend verschijnsel. Zoodra het evenwel tot gelijke waarde nadert, of zelfs g r o o t e r wordt, zal eerst sterke vervorming en ten slotte een onbeheerschaar fluiten optreden.

Aanbrengen van een parallelcondensator op de batterij zal dan lang niet altijd meer succes hebben. Uit het staatje op pag. 191 ziet men, dat zelfs een cond. van $2 \mu F.$ voor de hoorbare frequenties 100—10,000 nog veel hoogere weerstanden bezit dan 1 Ohm. Zulk een condensator kan dus in het gestelde geval geen enkel effect hebben. Hij doet alleen nut, als het om veel hoogere batterijweerstand gaat.

Het middel nu, dat hier afdoende verbetering brengt, is in 1922 in Radio Nieuws door Ir. Mak aangegeven, ontleend aan de telefoontechniek.

Volgens fig. 125 wordt de luidspreker in den plaatkring der

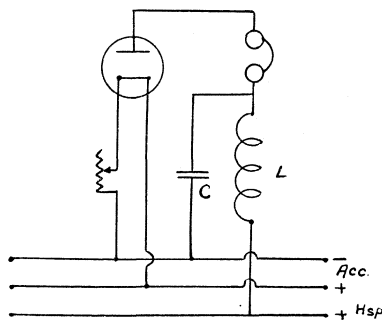


Fig. 125.

laatste lamp over een smoorspoel L aan plus hsp. verbonden en een condensator C aangebracht tusschen luidspreker en min accu.

Op deze wijze wordt voor den gelijkstroom de voeding der laatste lamp nagenoeg niet veranderd. L kan een Ohmschen weerstand hebben, die tegenover dien van luidspreker en lamp niet meetelt. Is de wisselstroomweerstand van L zeer hoog, dan vinden de stroomvariaties een

veel beteren weg van den luidspreker door condensator C naar min gloeidraad, zonder de hoogspanningsbatterij te doorloopen.

Zijn de stroomvariaties 1000 i m.A., die vrijwel geheel door den condensator C gaan, dan is de spanning aan den condensator:

$$e = i \frac{1}{2 \pi n C}$$

Door L gaat daarbij ook wel eenige stroom, want dezelfde spanning

staat op L en den daarmee in serie staanden batterijweerstand, dien we even verwaarloozen. De stroom door L is dan:

$$i_L = \frac{e}{2\pi n L} = \frac{i}{(2\pi n L)(2\pi n C)}$$

Dit is de stroomwisseling, die nog den batterijweerstand R passeert en daaraan een spanningsval e_B geeft:

$$e_B = \frac{i R}{(2\pi n L)(2\pi n C)} = \frac{i R}{2\pi n L \sqrt{\frac{1}{2\pi n C}}}$$

Uit deze berekening ziet men, hoe de oorspronkelijke spanningsval $i R$ nu wordt gedeeld door het quotient der wisselstroomweerstand van smoorspoel en condensator.

Er blijft een kleine spanningsval aan den batterijweerstand bestaan. Maar waar wij aanvankelijk in ons voorbeeld $1/_{100}$ Volt vonden, wordt dit nu voor frequentie 1000, bij een smoorspoel van 20 Henry en cond. van $2 \mu F$, $\frac{125600}{80} = 1570$ maal minder. Zelfs bij 1000-voudige versterking doet dat geen kwaad meer.

Voor frequentie 100 is weliswaar de verbetering maar 15.7-voudig. Voor de nog lagere frequenties neemt evenwel gewoonlijk ook de versterking van de opeenvolgende trappen snel af, zoodat de lagere frequenties uit dien hoofde weer minder kwaad doen.

In elk geval kan dit systeem van centraalbatterijvoeding in bijzondere gevallen van veel nut zijn.

Daarbij kan men het ook, behalve alleen op de laatste lamp, op alle lampen in den versterker toepassen.

Een ander stelsel, waarbij terugwerking van den laatsten versterkertrap op voorafgaande lampen via den batterijweerstand wordt voorkomen, is dat van den balansversterker (Engelsch: push-pull versterker).

Het beginsel van dezen versterker, waarvoor men twee speciale balanstransformatoren nodig heeft, de eerste met in 't midden afgetakte secundaire, de tweede met in 't midden afgetakte primaire, is aangegeven in fig. 126.

Er worden in één versterkingstrap twee, z.g. in tegenphase geschakelde lampen gebruikt. De wisselspanningen aan de uiteinden der secundaire van transformator I zullen n.l. elk oogenblik tegengesteld zijn. Daardoor krijgt het rooster der eene lamp positieve

spanning, als dat der andere negatieve spanning krijgt. Daardoor zal in den eenen plaatkring een stroomvermeerdering optreden, als in den anderen een gelijke stroomvermindering plaats heeft. In de

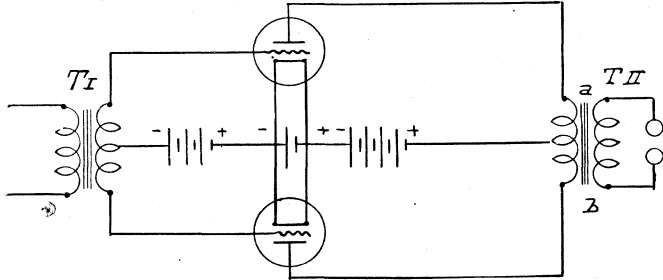


Fig. 126.

primaire van transformator II veroorzaken de aankomende wisselspanningen daardoor stroomvariaties, die uitsluitend tusschen de twee platen verlopen en die geheel buiten de hoogspanning in de batterij om gaan.

Hier is elke tegenwerking op vorige versterkingstrappen via de batterij geheel uitgesloten. Dat is wel de voornaamste reden, waarom een balansversterker als eindtrap zulk een heldere klaarheid verleent aan de telefonieweergave, zooals haast op geen andere wijze is te bereiken.

Daar komt dan nog bij dat de twee in tegenphase geschakelde lampen ook bij overbelasting, zoodat kleine roosterstromen optreden of de stroomvariaties wat buiten het rechte deel der karakteristiek vallen, de vervormingen over en weer voor een goed deel opheffen. Dit is evenwel niet de hoofdzaak.

Ook is de te bereiken versterking hier met twee lampen veel geringer dan anders met 2 in cascade geschakelde lampen. De energie-versterking is n.l. maar juist dubbel zoo groot als met één lamp.

Voor kwaliteitsversterking houde men echter op een balansschakeling als eindtrap vooral het oog.

In fig. 127 is het schema nog eens weergegeven in een vorm, waardoor gemakkelijk zal zijn na te gaan, hoe men de verbindingen achter een gewonen cascade-versterker moet maken.

Ten aanzien van de in figuren 126 en 127 geteekende aansluiting van den luidspreker valt op te merken, dat deze, zooals men ziet, hier feitelijk geschiedt met een uitgangstransformator. Daarop past

al hetgeen wij in een vorig hoofdstuk hebben gezegd over de moeilijkheid om een voldoende aanpassing tusschen lampen, transformator en luidspreker te verkrijgen. Gevolg is, dat men in den

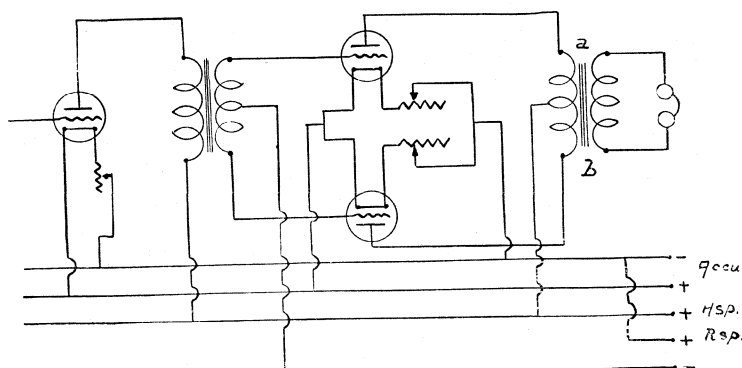


Fig. 127.

regel beter de uitgangswikkeling geheel ongebruikt kan laten; dan wordt de luidspreker zonder meer aan de punten a en b aangesloten, hetgeen gewoonlijk een sterker geluid levert. De luidspreker blijft daarbij voor den gelijkstroom stroomloos. De uitgangstransformator kan dus ook door een in 't midden afgetakte smoorspoel worden vervangen.

Uit den aard der zaak kan men ook weer twee balanstrappen in cascade schakelen, waarbij dan evenwel een tusschentransformator noodig is, waarvan primaire en secundaire beide een middenaftakking hebben. Fig. 128 geeft het schema, geheel gereed

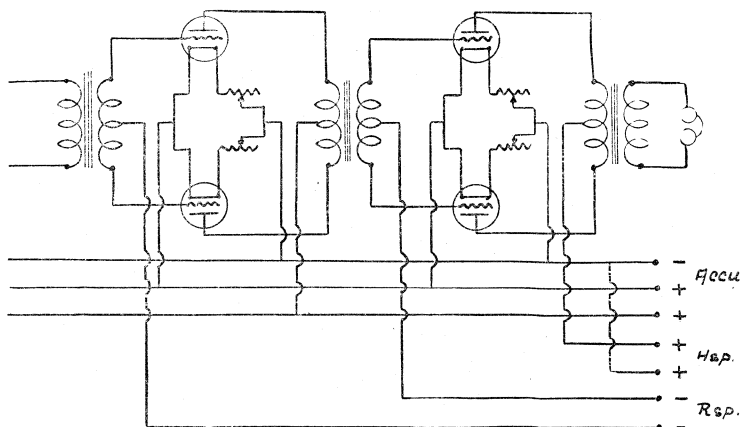


Fig. 128.

voor toevoeging, hetzij achter een detectorlamp of eerste versterkerlamp.

De lampen in een belansversterker moeten in den laatsten trap eindlampen zijn en in den voorgaanden trap ook vrij ruime versterkerlampen. Zelfde type dus als in gelijken trap van een gewonen transformator-versterker.

XL.

Speciale dubbelroosterlampenschakeling voor laagfrequentversterking. — De meest stabiele (geneutrodyniseerde) meerlampslaagfrequentversterker. — Dubbelroosterlamp in vooranode-schakeling voor weerstandversterking.

De gewone dubbelroosterlampen, die als detectorlampen dikwijls bijzonder goed voldoen, zijn in een laagfrequentversterker als eindlamp alleen te gebruiken voor betrekkelijk zachte luidsprekerontvangst en in 't algemeen slechts geschikt als voorlaatste lamp. Zelfs de nieuwere, met een plaatsspanning, die tot 20 Volt kan worden opgevoerd, bezitten n.l. een roosterkarakteristiek-ruimte van slechts 6 Volt (neg. roosterspanning ongeveer 3 Volt). Zij zijn dus hoogstens als 3de lamp in een toestel bruikbaar en raken in latere trappen overbelast.

In de gewone schakeling kan men overigens deze lampen, als hun plaatsspanning maar goed geregeld wordt, eenvoudig voor elke andere lamp in de plaats zetten, als het vóórrooster (knopje aan de huls) ook aan plus 4 à 20 Volt wordt gelegd, dus volgens de schema's figuren 55—57, waar deze extra verbinding gestippeld is aangegeven.

Aangezien een dubbelroosterlamp, aldus geschakeld, een lagen inwendigen weerstand en lagen versterkingsfactor heeft, kan men er een transformator achter gebruiken met vrij hoge verhouding, n.l. 1 : 5 of 1 : 6. Voor weerstandversterking is zij in de aangegeven schakeling zeer weinig effectief.

De dubbelroosterlamp biedt intusschen ook nog andere mogelijkheden. Gebruikt men, zooals in de hierboven aangegeven schakeling, het tweede rooster (dat hetwelk aan de normale roosterpen is

verbonden) als stuurrooster, dan zullen wisselspanningen aan dit rooster niet alleen stroomvariatiëen geven in den plaatkring, maar ook in den hulproosterkring, en wel ongeveer even sterke stroom-

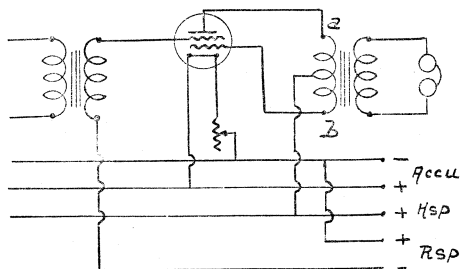


Fig. 129.

variatiëen, doch tegengesteld (in tegenfase). Daarvan kan men gebruik maken om de dubbelroosterlamp het dubbele der energie te laten ontwikkelen in vergelijking met hetgeen zij anders afgeeft. De daarvoor bestemde schakeling, het eerst aangegeven in Radio Nieuws van September 1921, is te zien uit figuur 129.

Men ziet, hoe hiervoor een uitgangstransformator van een balansversterker noodig is, die intusschen evenals bij dien laatste kan worden vervangen door een smoorspoel met middenaftakking, waarna de luidspreker aan a en b wordt aangesloten.

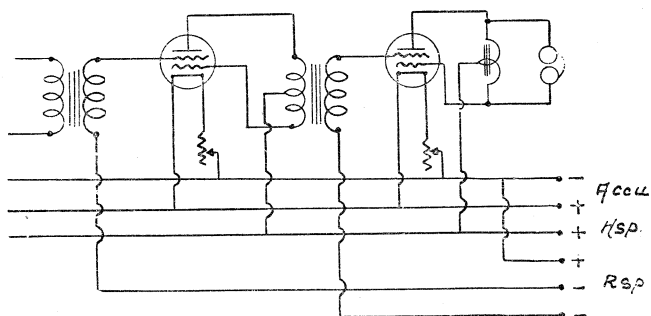


Fig. 130.

Een cascadeschakeling van twee op deze wijze gebruikte dubbelroosterlampen ziet men in fig. 130. In elk geval kan de versterker met dubbelrooster-eindlamp echter slechts matige ge-

luidsterkte geven. Bezigt men nu een gewone eindlamp, dan moet deze, om haar volle effect te leveren, weer veel hogere plaatspanning hebben en gaat het groote voordeel der dubbelroosterlampen (de lage spanning) weer verloren. Zie schema fig. 131.

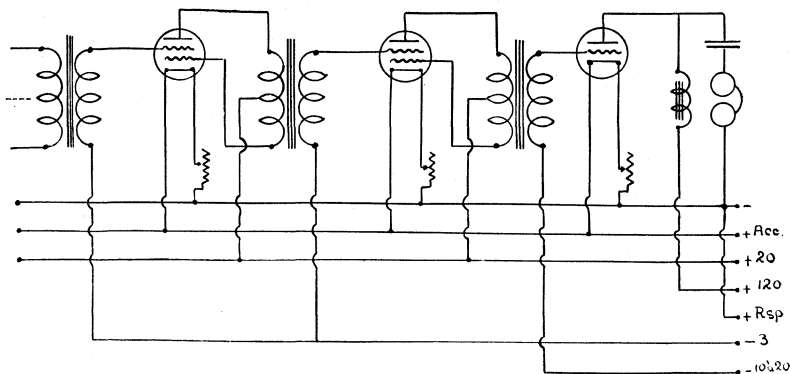


Fig. 131.

Toch zal hij, die per sé een drie- of vierlampslaagfrequentversterker wil maken, daarin bij voorkeur voor al de lampen behalve de eindlamp dubbelroosterlampen in deze schakeling moeten toepassen. Deze dubbelroosterlamp-schakeling is n.l. merkwaardig vrij gebleken van gilneigingen. De verklaring daarvoor zullen wij geven bij bespreking van het neutrodyne-principe.

Dit is de veiligste oplossing voor het vraagstuk van meerlampslaagfrequentversterkers.

Een verder voordeel is, dat hier nooit sprake kan zijn van magnetische verzadiging der transformator-kernen door den gelijkstroom, want de gelijkstroomen naar plaat en voorrooster doorloopen den transformator in tegengestelde richting.

Automatisch verkrijgt men hierbij dan ook tevens het voordeel, dat eveneens aan den balansversterker was verbonden, n.l. dat de stroomvariaties in den plaatkring der laatste lamp niet via den batterijweerstand terugwerken op de vorige versterkertrappen. Evenmin toch als de gelijkstroom de transformator-kernen magnetiseert, zullen spanningsveranderingen aan de klemmen der hsp. batterij eenige verandering in die magnetisatie brengen.

Een aantal mogelijke storings- en vervormingsoorzaken zijn hier gelijktijdig uit het toestel verwijderd en de resultaten met

waardoor dan evenwel de lamp ook ruimer wordt bij redelijke plaatsspanningen.

Aangezien voor elk type dubbelroosterlamp de waarden verschillend zijn en binnen verschillende grenzen veranderd kunnen worden, ligt hier voor den experimenteerder een groot terrein open, maar is het bezwaarlijk, waarden aan te geven, die als eenigszins algemeen geldend zouden zijn te beschouwen.

Wie proeven op dit gebied wil doen, beginne liefst niet met dadelijk een 3- of 4-lampsversterker op te zetten, maar beginne met een enkelen trap. Zoo is in fig. 133 een practisch uitgevoerde

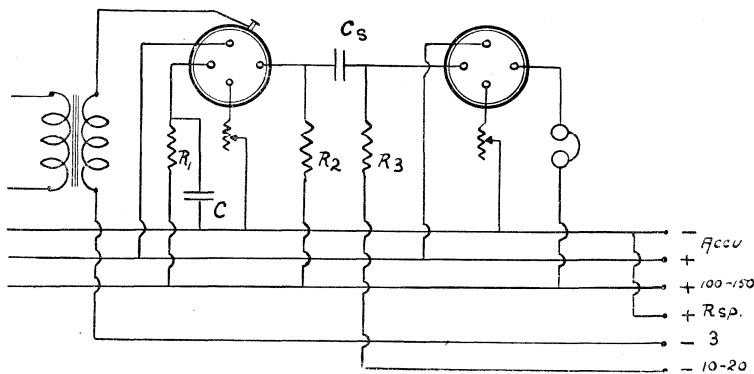


Fig. 133.

versterker van deze soort geteekend. Ten einde vergissingen met de aansluitingen te voorkomen, zijn de lampfittings afgebeeld en is het schroefje op de huls ook als punt voor één der verbindingen aangeduid.

Men merke op, dat de verlaging der spanning aan de vooranode hier niet is verkregen door een aparte aftakking van de batterij, maar door voeding over een weerstand R_1 , waarbij een condensator C naar min accu voert, geheel op dezelfde manier als bij het vroeger beschreven centraal-batterij-systeem en ook om dezelfde reden, n.l. om te zorgen, dat aan de vooranode geen spanningsvariaties een rol gaan spelen. De tweede lamp is hier een normale eindlamp.

Voor een A 141 kan men nemen $R_1 = 2$ megohm, $C = 0.25$ à $0.5 \mu F.$, $R_2 = 2$ à 3 megohm, $C_s = 0.05 \mu F.$, $R_3 = 3$ à 5 megohm.

XLI.

Gelijkgerichte wisselstroom voor plaatvoeding. — De afvlakking. — Plaatstroom-apparaten voor verschillend vermogen. — De Raytheon-gelijkrichter. — Electrolytisch plaatstroom apparaat.

De plaats der hoogspanningsbatterij bij een lampontvanger kan in de meeste gevallen met volledig succes worden ingenomen door een plaatstroom-apparaat, dat is een gelijkrichter, welke wordt aangesloten op het wisselstroomnet en waarachter bovendien een afvlakrichting moet worden gebruikt.

Het eenvoudigste schema voor een plaatstroomapparaat is ge-

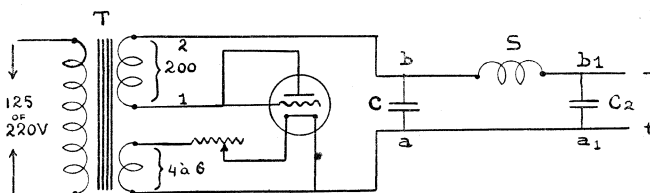


Fig. 134.

geven in fig. 134. Als gelijkrichtlamp is hier een gewone ontvanglamp gedacht, waarvan plaat en rooster zijn doorverbonden. Eigenlijk kan men beter speciale gelijkrichtlampen gebruiken, die géén rooster bezitten, maar onder de gewone radiolampen zal elke eindlamp bij doorverbinding van rooster en plaat voor niet te groote vermogens het werk wel kunnen verrichten. De Philips C 509, Schrack SV 9 en dergelijke zijn zeer bruikbaar.

Noodig is een transformator T, primair berekend voor de lichtnetspanning (in ons land 220 of 125 Volt) en met twee secondaires, de eene voor 4 à 6 Volt, waarop de gloeidraad der gelijkrichtlamp brandt, de andere ongeveer 200 Volt. De genoemde lampen, geschikt voor de gelijkrichting, nemen een gloeistroom van 0.25 à 0.5 ampère; de gloeistroomweerstand behoeft daardoor niet grooter dan 6 à 8 Ohm te zijn en moet de genoemde stroomsterkte kunnen voeren zonder overmatig heet te worden.

De wisselspanningen aan den transformator doen de uiteinden der secundaire beurtelings positief en negatief worden. Is zijde

1 negatief, dan wordt geen stroom doorgelaten. Wordt 1 positief, dan worden plaat en rooster positief, trekken electronen aan, en als de punten a en b waren doorverbonden, zou men een gelijkstroom krijgen, door de lamp heen van plaat naar gloeidraad, van a naar b en terug naar den transformator.

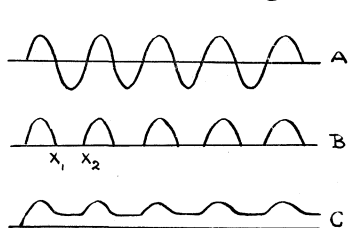


Fig. 135.

De eene phase van den wisselstroom wordt dus doorgelaten. De wisselstroom (A in fig. 135) wordt omgezet in pulseerende gelijkstroomstooten (B), die een gelijkstroommeter doen uitslaan, maar in een telefoon een geweldig gebrom opleveren door de onderbrekingen er tusschen.

Ten einde nu een nagenoeg volkomen gelijkstroom te verkrijgen, beginnen we allereerst over a b een grooten condensator C_1 van $2 \mu F.$ te plaatsen. Bij niet al te groote stroomafname dient deze als reservoir, dat in de tijden tusschen X_1 en X_2 (fig. 135 B) stroom doorlevert. We krijgen daardoor iets als afgebeeld in fig. 135 C, hetgeen reeds meer tot constanten gelijkstroom nadert. De smoorspoel met ijzerkern S van 30 à 100 Henry en tweede cond. C_2 van 2 à $4 \mu F.$ in fig. 134 rechts van C_1 dienen nu om den „rimpel” in den gelijkstroom van fig. 135 C nog verder af te vlakken.

Ter verdere verbetering kan men tusschen a en a_1 in fig. 134 ook nog een smoorspoel aanbrenge. Nog werkzamer is het, in den afvlakkring een transformator te bezigen van verhouding 1 : 1 als afgebeeld in fig. 136.

Het resultaat is, dat men tusschen a_1 en b_1 gelijkstroom kan afnemen, die zóó goed is afgevlakt, dat men in een telefoon geen „rimpel” meer hoort; a_1 en b_1 kunnen dan geheel als de positieve en negatieve pool eener hsp. batterij worden aangesloten aan een ontvangtoestel.

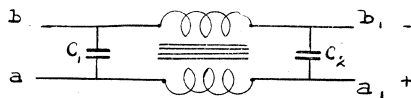


Fig. 136.

De spanning, welke bij een bepaalde stroom-afname tusschen a_1 en b_1 wordt verkregen, is regelbaar door den gloeistroomweerstand van de gelijkrichtlamp. Een inrichting als hier aangegeven, kan ongeveer 12 m.A. leveren bij 100 Volt, dat is een vermogen

van ruim 1 Watt, meestal voldoende voor een toestel met 3 lampen.

Voor bromvrije werking van het aan een ontvanger geschakelde plaatstroom-apparaat is het gewoonlijk noodig, dat de minpool is geaard. In de meeste toestellen is dit vanzelf het geval, daar min accu hier aan aarde ligt en het plaatstroomapparaat dus of direct is geaard, of door de accu heen, wat even goed is.

In toestellen, waar deze aarding der batterijen niet bestaat, moet die vóór gebruik van een plaatstroomapparaat liefst worden aangebracht. Anders kan men ook de minpool van het apparaat door een grooten condensator van $2 \mu F$. heen aarden.

Heeft men een grooter vermogen noodig, dan van het boven beschreven apparaat, dan kan dit in de eerste plaats gevonden worden in een gelijkrichtlamp, welke bij dezelfde transformatorspanning meer stroom doorlaat, zooals bijv. de speciale gelijkrichter van Philips, No. 373, waarmede 20 m.A. bij 100 Volt is te bereiken.

Men dient er dan op te letten, dat de transformator ook werkelijk zonder erg warm te worden, dien stroom gedurende vele uren achter elkaar kan leveren. Verder moet voor grootere stroomen worden gelet op het gebruik van smoorspoelen met zoo klein mogelijken weerstand. Een smoorspoel met 1000 Ohm weerstand geeft voor elke milli-ampère, welke men afneemt, 1 Volt spanningsval.

Een ander punt, dat aandacht vraagt, is de gloeispanning der gelijkrichtlampen. In het algemeen heeft het geen zin, deze altijd op maximum te laten branden. Dat verkort den levensduur en een nieuwe lamp levert op maximum bijna niets meer dan op $\frac{3}{4}$ der spanning. Men ga niet hooger dan werkelijk in verband met de stroomafname noodig is. Het meten der gloeispanning kan niet geschieden met een gelijkstroom-voltmeter. Wel met de kleine, horloge-vormige metertjes, die voor geringen prijs in den handel zijn en op het z.g. week-ijzer-principe berusten. Een dergelijk, tot 6 of 10 Volt metend instrumentje, met 60 à 100 Ohm inwendigen weerstand, is gewoonlijk voldoende betrouwbaar.

In verschillende gevallen kan het nut hebben, een plaatstroom-apparaat zoodanig in te richten, dat het niet slechts één regelbare spanning kan leveren, maar ook nog een tweede, lagere spanning.

Dit kan men bereiken, door aan den uitgang $a_1 b_1$ van den

afvlakkring (fig. 134) een inrichting aan te brengen als afgebeeld in fig. 137. Een regelbare weerstand van 10,000—100,000 Ohm wordt aangebracht en naar een klem + D (detector) gevoerd,

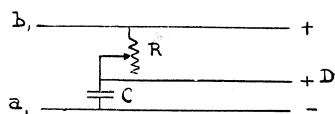


Fig. 137.

waarbij tusschen + D en de minleiding een extra-condensator C wordt aangebracht, waarvoor vaak reeds een waarde van $0.1 \mu F.$ kan dienen, maar die met voordeel op $2 \mu F.$ kan worden gebracht.

De spanningsval aan den weerstand R verlaagt de gelijkspanning aan de plaat der detectorlamp, terwijl de stroomvariaties in den plaatkring der detectorlamp door den condensator een gemakkelijken weg vinden.

Als bijkomstig voordeel bereikt men een geringere terugwerking der plaatkringen van de verschillende lampen op elkaar, evenals bij de inrichting van fig. 125 in hoofdstuk XXXIX. Een weerstand kan te dien aanzien soortgelijke diensten bewijzen als een smoorpoel.

Heeft men voor een toestel geregeld vrij aanzienlijke stroomsterkten van 20 m.A. of meer bij 100—150 Volt noodig, dan is het verstandig, niet een enkelvoudigen gelijkrichter toe te passen als van fig. 134, maar een dubbel en gelijkrichter, die of 2 enkelvoudig werkende lampen heeft, of 1 dubbelwerkende.

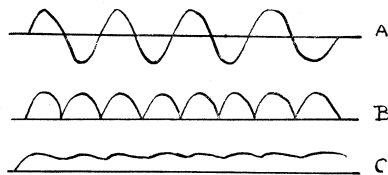


Fig. 138.

In fig. 138 is voorgesteld, hoe hier de wisselstroom A na gelijkrichting een pulseerende stroom B wordt, zonder onderbrekingen

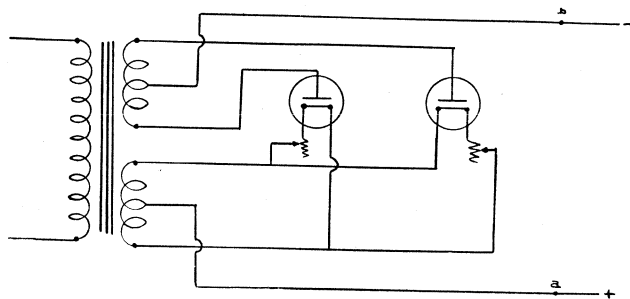


Fig. 139.

en het is gemakkelijk in te zien, dat deze met minder moeite tot een stroom met geringen rimpel (C) is af te vlakken, dan bij enkele gelijkrichting.

De schema's zijn gegeven in fig. 139: dubbele gelijkrichter met twee enkelwerkende lampen, gloeidraden parallel; fig. 140, zelfde

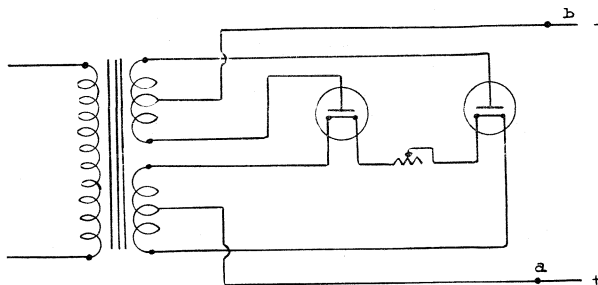


Fig. 140.

met gloeidraden in serie; fig. 141 dubbele gelijkrichter met één dubbelwerkende lamp. In al deze gevallen moet aan a en b weer de afvlakrichting aa₁ bb₁ van fig. 134 of 136 worden aangesloten.

Men merke op, hoe bij den dubbelen gelijkrichter de minleiding wordt gevormd door een middenaftakking op de secondaire van den transformator. Hier moet elke helft van den transformator de benodigde spanning leveren, dus is de secondaire voor ongeveer 2×200 Volt gedacht.

De plusleiding is hier als een middenaftakking op de gloeispan-

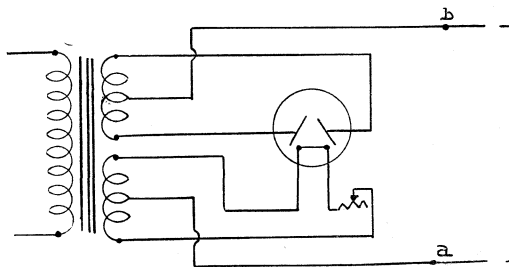


Fig. 141.

ningsecondaire geteekend. Eigenlijk zou dat ook in fig. 134 beter zijn geweest, want op deze wijze wordt verkregen, dat niet één zijde van den gloeidraad behalve den gloeistroom ook den gelijk-

gerichten stroom moet afvoeren, zoodat de eene helft van den gloeidraad heeter wordt dan de andere. Bij apparaten voor geringe stroomafname heeft dit verschil echter geen beteekenis. Bij grootere stroomafname kan het wèl van belang worden.

Hierom is ook in fig. 139 aangegeven, de gloeistroomweerstand in verschillende leidingen van den transformator te zetten en in fig. 140 den gezamenlijken weerstand tusschen de lampen.

Met 2 Philips 373 kan men met passenden transformator en afvlakkring zeker 45 m.A. bij 150 Volt verkrijgen, desnoods zelfs wel 60 m.A. Voor plaatvoeding voor een normaal ontvangtoestel zal men dit nooit nodig hebben, maar voor een speciaal systeem van algeheele wisselstroomvoeding voor het toestel is het 't minimum, waarmee men kan volstaan.

Daarom zij hier ook nog de aandacht gevestigd op een anderen gelijkrichter, die beslist 60 m.A. continu kan leveren en daarbij geen gloeidraad bezit. De levensduur van dezen gelijkrichter is dus niet van een gloeidraad afhankelijk. Wij bedoelen den Raytheon, uiterlijk geheel den vorm hebbende van een radio-lamp, maar een „lamp” is het heelemaal niet meer. Over de werkwijze van dezen gelijkrichter zullen we niet uitweiden. Een feit is echter, dat men grootere zorg heeft te besteden aan de afvlakking, dan bij een gewonen lamp-gelijkrichter. Zie schema fig. 142.

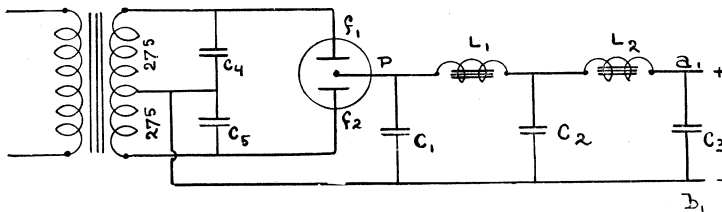


Fig. 142.

De transformator voor de Raytheon moet secundair 2×275 Volt leveren. De secundaire moet worden overbrugd door twee condensatoren C_4 en C_5 van $0.1 \mu F.$, die liefst van een speciaal type moeten zijn, gegarandeerd voor wissel-spanningen (waarbij een vaste condensator meer te lijden heeft dan bij gelijkspanning). De Raytheon zelf heeft, zooals het schema aangeeft, 3 aansluitingen; hij is van Amerikaansche herkomst en heeft een Amerikaanschen lampvoet, zoodat ook een Amerikaansche fitting noodig is.

Fig. 143 laat daarvan een grondplan zien (van boven bekeken).

F en F stellen de contacten voor, waaraan bij normale Am. lampen de gloeidraad zit, P het plaatcontact en G het roostercontact. Bij de Raytheon komen F en F overeen met f_1 en f_2 in fig. 142, terwijl de middenverbinding p aan P komt. Het roosterpootje is loos aangebracht, zonder verbinding. Van de fitting blijft G dus ook onverbonden.

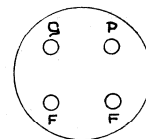


Fig. 143.

De afvlakkring voor de Raytheon moet bepaald dubbel uitgevoerd worden met smoorspoelen L_1 en L_2 van 50 à 100 Henry en bij voorkeur een weerstand van 350 Ohm. De condensatoren C_1 en C_2 zijn elk $2 \mu F.$, $C_3 = 8 \mu F.$ Om zeker te zijn, dat het apparaat niet nog een bromtoon levert, is het gewenscht, op deze maten voor de onderdelen van den afvlakkring niet te bezuinigen.

Tot zoo ver is nu de inrichting nog niet voorzien van eenige regeling voor de spanningen. Hier is toch geen gloeidraad, waarmee men al een regeling kan maken en voor gewoon gebruik als plaatstroomapparaat levert de Raytheon-gelijkrichter beslist veel te veel.

Het is dan ook noodzakelijk, een spanningsregeling toe te voegen. Voor een verlaagde detectorplaatspanning kan men volgens fig. 144 weer evenals in fig. 137 een regelbaren weerstand R_1 (10.000—100.000 Ohm) en condensator C_6 (0.5 à $2 \mu F.$) aanbrengen. Maar als men een voldoende regelbaarheid wil verzekeren,

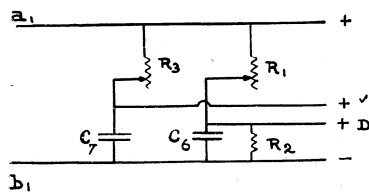


Fig. 144.

is het gewenscht, hier parallel aan C_6 nog een weerstand R_2 te plaatsen van ongeveer 10.000 Ohm, welke weerstand intusschen nog beter ook veranderlijk kan worden genomen. R_1 en R_2 moeten 10 à 20 milli-ampère stroom kunnen voeren zonder al te heet te worden.

In vele gevallen zal zich de omstandigheid voordoen, dat ook voor de versterkerlampen de volle hoofdspanning nog te groot is en het zal dus goed wezen, nog een weerstand R_3 en cond. C_7 aan te brengen om een tweede regelbare spanning te verkrijgen. R_3 dient minstens 20 à 30 milli-ampère te kunnen verdragen en kan het best regelbaar zijn tusschen 1000 en 50.000 Ohm.

Voor dengene, die gaarne zooveel mogelijk alles zelf maakt, komt wel hoofdzakelijk de electrolytische plaat-

stroom-gelijkrichter in aanmerking. Hier wordt geen lamp gebruikt, maar één of meer cellen met aluminium en kool- of loodstaafje in een vloeistofoplossing.

Als men in een glazen bekertje (jampotje of reageerbuis) eenerzijds een staafje zuiver aluminium aanbrengt en anderzijds een kool- of loodstaafje en er een 5 % oplossing van ammoniumbifosfaat in giet, zal bij aansluiting dezer inrichting op wisselstroom het aluminium zich bedekken met een chemisch gevormd huidje, waardoor aan het aluminium wel de positieve stroom kan uittreden, maar niet de negatieve. Men kan ook een ijzeren beker gebruiken om de vloeistof in te gieten en dan den ijzeren wand

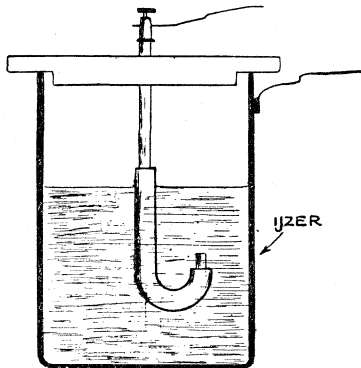


Fig. 145.

tevens benutten als tweede electrode. Daarbij heeft het voordeelen, het aluminium te bezigen in den vorm van een dikken draad die volgens fig. 145 met een stukje ventielslang is omgeven, dat tot boven de vloeistof reikt en slechts een omgebogen puntje van het aluminium (2 à 5 m.M.) vrij laat. Dan wordt het aluminium niet door gasontwikkeling stukgevreten. Verder is het goed, aan de vloeistof wat glycerine toe te voegen.

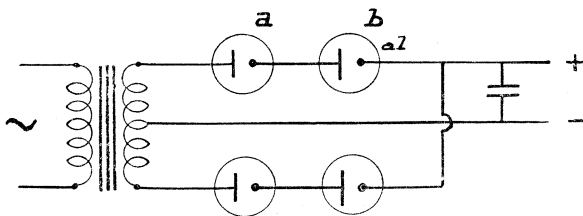


Fig. 146.

De schakeling voor „dubbele” gelijkrichting is aangegeven in fig. 146. Hier zijn in elken tak 2 cellen in serie geteekend. Het is n.l. verstandig, electrolytische cellen niet met al te hoge spanningen te belasten. Met 2—5 % oplossing (20 à 50 gram zout op 1 Liter water, waarvoor gedestilleerd water is te ge-

bruiken !) kan men op ruim 100 Volt per cel rekenen. Beter nog is, een 5 à 10 % oplossing te nemen (om den weerstand te verminderen) en dan slechts 50 Volt per cel te nemen. De transformator dient bij volle belasting ongeveer 200 Volt te leveren, aangezien men op 30 à 40 % spanningsval in de cellen heeft te rekenen, dus niet meer dan 120 Volt gelijkspanning krijgt. Voor hoogere spanning moet de transformator méér leveren en moet men evenredig meer cellen in serie schakelen.

Achter den gelijkrichter van fig. 146 komt weer een afvlakkring als van fig. 136 en een spanningsregeling volgens fig. 137.

Zulk een gelijkrichter zonder lamp is zeer goedkoop in gebruik, maar vereischt altijd eenige zorg voor bijvullen met ged. water en schoonhouden. Met een transformator van voldoende vermogen kan hij best 100 m.A. leveren, indien de smoorspoelen niet te veel weerstand bezitten.

Apparaten van deze soort zijn ook in den handel en wel met speciale cel, waarvan er maar één noodig is voor de volle spanningen voor dubbele gelijkrichting (Muntyan-Fischer). De samenstelling daarvan is fabrieksgeheim.

XLII.

Wenken omtrent het gebruik van plaatstroomapparaten. — Waarom de gelijkrichter niet direct op 220-Volts lichtnet ? — Plaatspanning van het gelijkstroomnet.

Een verkeerde hanteering van een plaatstroomapparaat kan soms tengevolge hebben, dat men heel onverwachte en onaangename elektrische schokken ervan krijgt. Terwijl het bijv. aan het toestel staande niet meer dan 120 Volt levert, kan de spanning, als men de lampen op het toestel uitdraait vóórdat het plaatstroomapparaat is uitgedraaid, dikwijls tot 300 Volt en meer oploopen. Wordt toch geen stroom meer afgenomen, dan laden de condensatoren der afvlakrichting zich tot de z.g. „o p e n s p a n n i n g” van den transformator, die veel hooger is dan er op staat aangegeven. De aangegeven spanning is die, welke de transformator nog heeft bij volle

stroomafname. De lading, welke condensatoren van eenige microfarads bij de veel hoogere „open spanning” opnemen, is aanzienlijk en goede condensatoren behouden die spanning vele minuten, soms uren. Raakt men de klemmen van het aldus geladen staande apparaat aan, dan komt men er niet zonder schrik af. Gevaar is daar in 't algemeen niet bij, omdat bij aanraking de condensatoren snel ontladen zijn, maar het is beter, zich ook den schrik van een schok maar te besparen. De beste raad is:

Draai altijd eerst de lamp of lampen van het plaatstroomapparaat uit en pas daarna de lampen van het toestel. En omgekeerd:

Draai bij begin eerst de lampen van het toestel aan en daarna die van het plaatstroomapparaat.

De vraag kan opkomen, waarom men in een plaats, waar de lichtleiding 220 Volt levert, niet die 220 Volt regelrecht, zonder transformator op de gelijkrichterlampen kan zetten, hetgeen het voordeel zou hebben, dat althans deze voedingsspanning wel geheel constant zou zijn te achten.

Inderdaad kan dit gedaan worden. Het nadeel is dan evenwel, dat de negatieve hsp.-leiding naar het toestel regelrecht van het net komt. In elk geval zou men daarvoor den nulleider moeten opzoeken. Maar ook deze kan nog spanning tegenover aarde hebben, een spanning, die niet alle dagen dezelfde is. En aangezien de minpool gewoonlijk in het toestel direct is geaard, zou men ongewenschte verschijnselen kunnen krijgen.

Bovendien is het ongewenscht, dat het ontvangtoestel regelrecht geleidend is verbonden met het lichtnet, al is het de nulleider daarvan. Met telefoon op het hoofd staande, zou één misgreep voldoende wezen om zichzelf aan het lichtnet te verbinden. We hebben wel straks gezegd, dat de schok van een op 300 of 400 Volt geladen condensator van een plaatstroomapparaat in 't algemeen niet gevaarlijk is en de netspanning is altijd nog lager. Maar men bedenke, dat het net geen condensator is, die zich direct ontladtd. Het net kan onbepaalde energie leveren en daarbij is voorzichtigheid noodig om niet geëlectrocuteerd te worden.

Daarom ook, — onverschillig of men met plaatstroomapparaat werkt of niet, — is het zaak bijv. nooit met in het toestel aangesloten telefoon op het hoofd iets aan te raken, dat met 't lichtnet heeft te maken. Een kortsluiting door het lichaam heen naar aarde is daarbij te licht mogelijk.

En om dezelfde reden gebruikte men stroom van het lichtnet nooit

anders dan over een transformator met gescheiden wikkelingen (ook geen spaartransformator of auto-transformator).

In verband met het laatst opgemerkte is het schijnbaar eenvoudiger vraagstuk om een gelijkstroomlichtnet voor de plaatvoeding van een radio-ontvanger te gebruiken, eigenlijk een lastiger kwestie. Bovendien is ook de stroom van een z.g. gelijkstroomnet gewoonlijk lang niet mooi „vlak” genoeg voor direct gebruik. De afvlakinrichting blijft dus noodig en het komt voor, dat de volledige afvlakking in werkelijkheid moeilijker blijkt dan bij gelijkgerichten wisselstroom.

Gelijkstroom kan men nu eenmaal niet afnemen over een transformator. Men kan niet anders, dan den stroom direct aan het net ontleenen en moet dit doen via een weerstand, die ook bij kortsluiting in de verdere apparatuur de volle spanning verdraagt en dan niet te veel stroom neemt. In 't algemeen is het beste daarvoor een gewone gloeilamp van laag Watt-verbruik, vervaardigd voor de volle netspanning. En dan moet men er niet een metaal-draadlamp voor nemen, waarvan de weerstand enorm toeneemt met de temperatuur, maar een kooldraadlamp, die in kouden toestand al bijna precies denzelfden weerstand bezit als gloeiend.

Een lamp, die 10 Watt verbruikt op 220 Volt, neemt een stroom van 45 m.A. en bezit een weerstand van ongeveer 5000 Ohm. Gebruikt men via dien lampweerstand 10 m.A., dan is het spanningsverlies in de lamp $5000 \times \frac{10}{1000} = 50$ Volt. Bij afname van 20 m.A. is het verlies 100 Volt. Men kan dus 120 Volt, 20 m.A. in het toestel verbruiken. Van die spanning gaat nog wat verloren

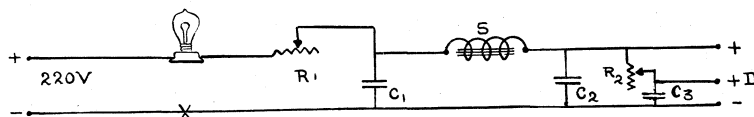


Fig. 147.

in den afvlakkring. Heeft men dus werkelijk 20 m.A. noodig, dan is het verstandig, een iets grootere lamp te nemen.

Het apparaat voor gelijkstroomnet wordt dan als in schema afgebeeld in fig. 147. De weerstand R_1 die tusschen 100 en 5000

Ohm regelbaar moet zijn en 50 m.A. dient te kunnen verdragen zonder in brand te vliegen, is facultatief. Meestal zal men wel de voorgeschakelde lamp zoo kunnen kiezen, dat R_1 overbodig is. C_1 , S en C_2 hebben gelijke waarden als in het wisselstroom-apparaat, R_2 en C_3 ook. Plusleider en nulleider van het net moeten goed uitgezocht worden.

Een moeilijkheid is nu hier, dat de nulleider van een gelijkstroomnet zeker niet geaard mag worden, daar deze aanzienlijke spanningen tegenover aarde kan hebben. Het wordt daardoor geboden, geen directe aarding aan het toestel te passen, maar een aarding door een goeden 1 of 2 μ F. condensator heen. Niettemin blijft dan het bezwaar bestaan, dat één der netdraden regelrecht met 't toestel is verbonden.

Men kan dit voorkomen door op de met \times aangeduide plaats in de minleiding óók een lamp op te nemen (in plaats van één 10-Watt lamp bezige men dan twee 20-Watt- of 25-Watt-lampen, die in serie geschakeld toch maar denzelfden stroom doorlaten). Overigens moet bij deze verbinding van het toestel aan het gelijkstroomnet nog meer dan anders erom gedacht worden, dat men niet met aangesloten telefoon op het hoofd ergens aan de lichtleiding komt. Dit kan altijd gevaar opleveren.

XLIII.

Het plaatstroom-apparaat bij een weerstandversterker. —
Spanningsmetingen aan het plaatstroom-apparaat. —
Afhankelijkheid der spanning van de stroomafname bij
wisselstroom, afgenomen van een transformator.

Bij de behandeling der afzonderlijke detector-aftakking voor een plaatstroom-apparaat wezen wij erop, dat deze medewerkt tot het onafhankelijk maken der verschillende plaatkringen van elkaar, d.w.z. het verminderen van de onderlinge koppeling door den inwendigen weerstand van het plaatstroom-apparaat. Die „inwendige weerstand” is hier hoofdzakelijk de capacatieve weerstand van den uitgangscapacitor van den afvlakkring, welke toch voor een 2 μ F. condensator bijv. voor frequentie 100 niet minder dan

800 Ohm bedraagt en dus vooral voor de lage tonen lang niet is te verwaarloozen.

Nu is die bij gebruik van een plaatstroom-apparaat optredende, vrij sterke koppeling voor de lage tonen voor den gewonen ontvanger met smoorspoel- of transformator-versterking in den regel nog niet noodlottig, omdat daarbij de versterking voor de tonen beneden frequentie 400 of 250 snel afvalt, waarmee het effect der bestaande terugkoppeling in sterke mate vermindert. Dat het niettemin aanwezig is, blijkt uit de verhoogde helderheid, die ontstaat door gebruik van een balanstrap als eindversterker.

Maar bepaald noodlottig kan het verschijnsel worden, wanneer men een plaatstroom-apparaat aan een weerstandversterker plaatst. Deze toch versterkt tonen tot in veel lagere frequenties nog tamelijk gelijkmatig. Daarbij komt, dat in dit versterkertype roostercondensatoren voorkomen en dat bij eenige overbelasting van bijv. de voorlaatste lamp, ondanks aangelegde neg. rooster-spanning gelijkrichting dreigt op te treden, met ladingen van den roostercondensator als gevolg. Een weerstandversterker met groote weerstanden en condensatoren, waarin bovendien ook door de keuze der lampen gestreefd is naar hoogst mogelijke spanningsversterking, kan dientengevolge door verbinding aan een plaatstroom-apparaat volkomen „d i c h t s l a a n”. Is de toestand wat minder erg, dan ontstaat een meer of minder snel opeenvolgend „hikken”, of een langzaam op- en neerslingeren der geluidsterkte.

Gewoonlijk laten die verschijnselen zich wel bezweren, als men kleinere koppelingsweerstand en kleinere condensatoren gebruikt en speciaal als voorlaatste lamp geen echte weerstandversterkerlamp toepast, maar een met kleinere spanningsversterking en dan bovendien door een koppelingsweerstand van slechts 20 à 50,000 Ohm die lamp meer plaatstroom laat nemen. Ook de stroomvariaties in dien voorlaatsten plaatkring worden dan grooter en aangezien deze juist tegengesteld zijn aan die in den volgenden plaatkring (tegengestelde phase) helpen zij den spanningsval aan den eindcondensator van het plaatstroom-apparaat verminderen. Evenwel, deze middelen komen neer op een geringere totale versterking.

Beter is dus, te trachten door toepassing van het vroeger besproken beginsel der centraal-batterij-voeding het euvel weg te nemen.

Men kan beginnen met volgens fig. 125 den luidspreker over

een smoorspoel te voeden. Dit is evenwel niet steeds voldoende. Het kan wezen, dat voeding over een weerstand nog meer effect heeft, omdat die ook voor de lage frequenties zijn volle waarde heeft (de wisselstroomweerstand der smoorspoel is voor lage frequenties evenredig kleiner). Maar bij een wat ruime eindlamp, die zelf slechts enkele duizenden Ohms weerstand heeft, drukt men op die wijze de spanning, zoodat de lamp minder effect geeft.

Daarom geven we er de voorkeur aan, de oplossing te zoeken in smoorspoelvoeding der laatste lamp en afzonderlijke weerstandvoeding voor elk der andere lampen, volgens schema van fig. 148,

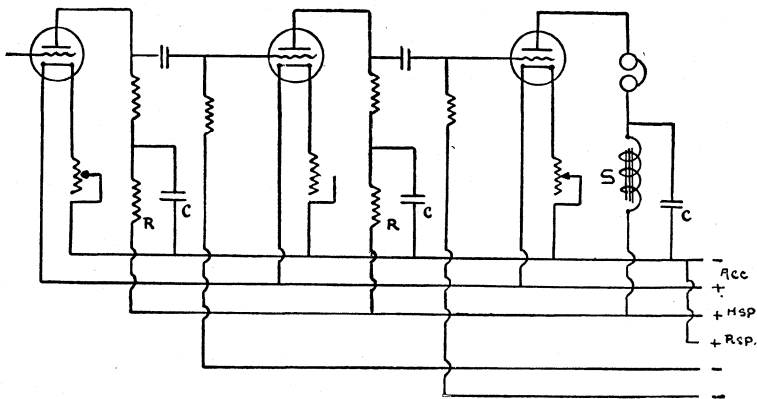


Fig. 148.

waar de condensatoren C minstens $2 \mu F$. zijn te nemen en de weerstanden R door probeeren moeten worden vastgesteld.

Het gebruik van een plaatstroom-apparaat brengt soms ook moeilijkheid mee, omdat de gebruiker geen middelen bezit om zich een ietwat nauwkeurige voorstelling te vormen omtrent de spanningen, die hij werkelijk aan de lampen geeft. Een apparaat met slechts één regelbare spanning kan men van een Voltmeter voorzien. De gewoonlijk in handen van amateurs zich bevindende Voltmeters verbruiken wegens te geringen weerstand evenwel soms een stroom, die voor het plaatstroom-apparaat een niet onbelangrijke verhooging der belasting beteekent. Waar een drielampsontvanger niet meer dan 10 m.A. afneemt en vele tot 120 Volt gaande Voltmeters bij die spanning een stroom eischen van 6 à 10 m.A., beteekent in zoo'n geval het aansluiten van den Voltmeter

een totale verandering der arbeidsomstandigheden. Zijn aanwijzing heeft alleen waarde, zoo lang hij aangesloten blijft.

Nog bezwaarlijker wordt het, de spanning te meten, welke over een weerstand aan een detectorlamp wordt toegevoerd. Bij de meting moet de weerstand ook den stroom voor den Voltmeter doorlaten en het spanningsverlies in den weerstand kan daarbij 2 à 4 maal grooter worden, zoodat men een spanning meet, die vele malen kleiner is dan die, welke zonder meter op de lamp staat.

Bij een plaatstroom-apparaat, dat ruim de benoodigde energie kan geven, kan men een meter met zoo hoog mogelijken weerstand blijvend over de eindklemmen zetten (waar géén weerstand is voorgeschakeld). De totaalspanning, die de eindlampen krijgen, kent men dan. Van de spanning voor de over weerstanden gevoede lampen krijgt men het best een overzicht door met een m.A.-meter den stroom in de over weerstanden gevoede ketens te meten; als dan de weerstanden bekend zijn, is de spanningsval iR aan de weerstanden ook bekend; dat spanningsverlies, afgetrokken van de hoofdspanning, geeft hetgeen men weten wil.

Men moet intusschen bedenken, dat ook het veranderen der stroomafname in de door weerstanden gevoede ketens de hoofdspanning doet veranderen, want de in aanmerking komende transformatoren dalen bij grootere stroomafname gewoonlijk aanmerkelijk in klemspanning. Men kan dus nooit zeggen, dat een plaatspanning-apparaat bij bepaalde standen der knoppen ook bepaalde spanningen geeft. Elke regeling doet alles veranderen.

Nu is practisch dit alles geen groot bezwaar. Als de spanningen maar niet erg aan den krappen kant zijn, behoeft men op een kleine afwijking niet te zien. En men kan gerust op het gehoor op beste geluid instellen.

XLIV.

Volledige wisselstroomvoeding voor den ontvanger. — Hoe het vervormende gebrom te overwinnen. — De middenaftakking op den gloeidraad. — De beteekenis der lampenkeuze. — Alleen speciale lampen zijn volkomen geschikt. — Waarom hier steeds hooffrequentversterking is aan te bevelen.

Behalve dat men met behulp van een plaatstroom-apparaat de plaatvoeding voor een toestel aan het lichtnet kan ontleenen, is

het ook mogelijk, den wisselstroom van het net te gebruiken om er de lampen op te laten branden.

Hiervoor bestaan verschillende systemen. Volgens het eene richten den gloeistroom gelijk en vlakt dien af, evenals men dat doet voor den plaatstroom. De betrekkelijk groote stroomsterkte en geringe spanning, die men noodig heeft, maken dit voor den gloeistroom evenwel moeilijker. Wij zullen dan ook eerst het tweede systeem behandelen, dat neergetransformeerden, niet-gelijkgerichten wisselstroom gebruikt.

Gaat men bij een gewoon toestel, volgens één der tot dusver aangegeven schema's, de 4-Volts accu vervangen door een kleinen transformator, die secundair 4-Volts wisselspanning levert en voldoende stroomsterkte (een groot model beltransformator) dan is het resultaat een geweldig hard wisselstroomgebrom en een totale vervorming van het geluid, dat men wil ontvangen.

Tusschen twee haakjes zij hier opgemerkt, dat voor het gloeien eener lamp 1, 2 of 3.5 Volt wisselspanning, gemeten of op een weekijzermeter of op een hittedraad-Voltmeter, precies hetzelfde effect geeft als 1, 2 of 3.5 Volt gelijkspanning. Men behoeft er zich dus verder niet in te verdiepen of wisselstroom en gelijkstroom in dit opzicht wel hetzelfde geven.

Bij het toevoeren der spanning van een transformator aan de gloeidraden moet men evenwel nog oplettender zijn dan bij het werken met een accu, want de spanning van een kleinen transformator is absoluut niet voor verschillende stroomafname dezelfde. Die moeilijkheid wordt in de schema's, die wij zullen geven, wel ondervangen, maar wij wijzen er slechts op ter waarschuwing van hen, die proeven op eigen houtje ermee willen doen. Een weekijzer- of hittedraadvoltmeter dient tijdens proeven voortdurend op de klemmen van den transformator te staan en in het oog gehouden te worden.

Waardoor ontstaat nu het gebrom en de vervorming, wanneer men de accu zonder meer door een transformator vervangt?

Bij branden op wisselstroom worden de gloeidraaduiteinden 50 maal per seconde beurtelings positief en negatief. Hun spanning wisselt dus met het totale bedrag der spanning, waarop de lamp brandt (eigenlijk nog meer, want de „top” spanningen zijn hooger dan de „middelbare” spanningen, die men meet). Nu zitten in een gewoon toestel aan de gloeidraaduiteinden zoowel de roosterkringen als de plaatkringen alle verbonden. De spanningswisselingen der

gloeidraaduiteinden hebben dus tot resultaat, dat bij een 4-Volts lamp alle rooster- en plaatspanningen 50 maal per sec. over 4 Volt heen en weer schommelen. Het ergste is het effect in de roosterkringen. Het is alsof een signaal in 50-periodentoon van niet minder dan 4 Volt op de eerste lamp aankomt ! Dat is genoeg om reeds de 2de lamp ver over te belasten.

Het zal dus duidelijk wezen, dat men rooster- en plaatkringen in dit geval niet naar één der gloeidraadeinden mag voeren. Zij moeten verbonden worden met een punt van constante spanning, dat niettemin op den gloeidraad moet liggen, want een verbinding met den gloeidraad *m o e t* er zijn.

Welnu, het eenige punt van constante spanning op den gloeidraad is het *m i d d e n* van dien draad. Wisselen de einden tusschen — 2 en + 2, dan is het midden steeds nul, welke zijde ook plus of min is.

Wij hebben dus een *m i d d e n a f t a k k i n g* op den gloeidraad nodig. Zoo wordt bijv. door de Oostenrijksche lampenfabriek Schrack een enkel lamptype gemaakt, dat werkelijk zulk een middenaftakking op den gloeidraad zelf bezit, verbonden aan een schroefje op de huls (evenals het hulprooster bij een dubbelroosterlamp).

Maar ook bij gewone lampen kunnen wij kunstmatig een middenaftakking maken, door volgens fig. 149 twee gelijke weerstandjes R_1 en R_2 parallel aan den gloeidraad te schakelen en een aftakking *m* te maken aan het punt midden tusschen die weerstandjes. Men merke hierbij de plaatsing van den gloeistroomweerstand *W* op, *b u i t e n* het samenstel van den gloeidraad met R_1 en R_2 . Dit is noodig om te zorgen, dat ook bij verandering van *W* het punt, waaraan *m* is verbonden, op gelijke potentiaal blijft als het werkelijke midden van den gloeidraad.

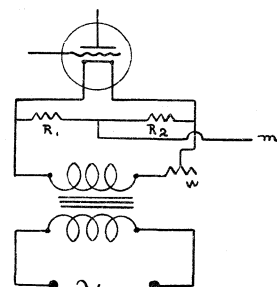


Fig. 149.

R_1 en R_2 moeten liefst niet-inductieve weerstanden zijn, niet grooter dan 25 Ohm elk. Voor proeven kan men er twee vier-Volts zaklantarenlampjes van gelijk fabrikaat voor nemen.

Het punt *m* wordt nu het punt, waaraan zoowel min plaatspanning als plus roosterspanning is te verbinden.

Gaat men volgens dit idee een laagfrequentversterker met nor-

male transformator-koppeling in elkaar zetten, dan zal direct een zeer bevredigend resultaat worden verkregen met elke soort van lampen. Met telefoon op het oor zal men wel iets van den wisselstroom hooren, maar uit een luidspreker niets.

Ook een hoogfrequentlamp met afgestemden kring er achter werkt op deze manier zeer goed.

Alleen weerstandkoppelingen in de versterkers zijn bij wisselstroomvoeding bepaald te ontraden, omdat zij den 50-periodentoon, of wat daarvan over is, al te goed nog versterken.

En ook met de detectorlamp ondervindt men moeilijkheden. Roosterkring en lekweerstand van deze lamp zijn ook naar m te voeren, maar de detector blijkt meer bijgeluid in wisselstroomtoon te blijven produceeren dan versterkerlampen.

Overigens is de hinder bij toepassing eener middenaftakking wel geheel van karakter veranderd, vergeleken bij wat men hoort, als men het zónder middenaftakking probeert. Het opmerkelijke is n.l., dat men wel den wisselstroom nog hoort, maar dat de toon daarvan eenvoudig na a s t de telefonie vernomen wordt en dat de telefonie niet meer wordt vervormd, niet meer als het ware 50 keer per seconde zelf in sterkte op en neer gaat.

De oorzaak van het overblijvende gebrom is dan ook een andere dan van het oorspronkelijke en dus niet een gevolg van onnauwkeurigheden in de middenaftakking. Het ontstaat doordat de wisselstroom, die 50 maal per seconde positief en negatief wordt, telkens daar tusschen, dus 100 maal per seconde, de waarde nul aanneemt. De gloeidraad wordt daardoor niet volkomen regelmatig verwarmd. Een zeer snel zijn warmte verliezende gloeidraad zou 100 maal per seconde geheel worden gebluscht. In werkelijkheid schommelt de toestand van gloeien eenigermate om een gemiddelde waarde en is dus de electronen-emissie der lamp niet constant.

Het ligt voor de hand, dat het verhelpen van dit euvel alleen mogelijk is door een bijzondere keuze van de soort van gloeidraad. Een op lage spanning gloeiende draad, die wat meer stroom neemt (wat dikker is) blijkt aanzienlijk gunstiger dan een gloeidraad voor hogere spanning en geringere stroomsterkte. Een dikkere gloeidraad koelt minder snel af en ondergaat dus minder temperatuurverandering tijdens het door nul gaan van den wisselstroom. Verder hangt ook van den verderen aard van den gloeidraad sterk af, of de electronen-emissie door temperatuursverandering meer of minder erg wordt beïnvloed. Bij helgloeiende lampen, ofschoon die

meer stroom nemen, is de veranderlijkheid der emissie met kleine temperatuurschommelingen zeer groot. Bij lampen met oxydraden is die veranderlijkheid veel geringer, ook al mede omdat de temperatuur veel lager is, hetgeen ook minder warmte-verlies aan de omgeving meebrengt. De moderne thorium gloeidraden zijn ook gunstiger dan de oude helgloeende, maar de thoriumdraden zijn meestal weer zeer dun en dáárdoor in het nadeel.

De wel in buitenlandsche geschriften verkondigde meening omtrent ongeschiktheid van thoriumdraden voor dit doel is er evenwel geheel naast. Als ze maar d i k k e r worden gemaakt. Het is juist zoo, dat helgloeende lampen de eenige principieel geheel ongeschikte zijn.

Als redelijk bruikbare lampen (ook als detector) onder de gewone, niet speciaal voor het doel vervaardigde, zijn te rekenen de Schrack SV 9 (1.5 Volt, 0.5 Ampère) en Philips' 100-serie (A 109 enz., 1.1 Volt 0.06 ampère). De ook zeer bruikbare Telefunken RE 95 en RE 96 (oxydlampen 1.1 Volt, 0.2 ampère) schijnen niet geregeld meer verkrijgbaar te zijn.

Maar in den laatsten tijd zijn de Philipsfabrieken met een speciale lamp voor dit doel gekomen, de C 0805 (0.8 Volt, 0.3 Ampère, 5-voudige spanningsversterking) die alle oudere belangrijk overtreft in bruikbaarheid. Als nog een lamp met dezen zelfden gloeidraad verschijnt met ongeveer 10-voudigen versterkingsfactor, zal die als hfr. lamp en detector nog de voorkeur verdienen. De C 0805 is ruim genoeg voor eindlamp en ook als detector de beste tot dusver verkrijgbare voor het doel.

Een feit blijft het intusschen, dat de detectorlamp bij gloeien op wisselstroom nog altijd de voornaamste veroorzaker is van hetgeen van den wisselstroom hoorbaar blijft. Daarom verdient het beslist aanbeveling, **algeheele wisselstroomvoeding nooit zonder hoogfrequentversterking** toe te passen als men er genoeg van wil belevén. De hoogfrequentlamp levert stellig een 10-voudige versterking van het signaal en nagenoeg geen bijgeluid. Achter den detector krijgt men dus een 10-voudige verbetering der verhouding tusschen signaal en bijgeluid. Zonder laagfrequentversterking is het resultaat zelfs met telefoon op het oor met de C 0805 hoogst bevredigend. Met 1 lamp laagfrequent is het geluid uit elken thans in den handel zijnden luidspreker niet te onderscheiden van dat, hetwelk men met volledige gelijkstroomvoeding verkrijgt en zoowel in sterkte als in kwaliteit gelijkwaardig te maken. Alleen als men

het oor in den luidspreker brengt, of er tegen aan, hoort men een zacht gezoem. Met 2 lampen laagfrequent kan het nog zóó zijn, dat men — zoolang de telefonie aanhoudt — op eenigen afstand van den luidspreker niets van den wisselstroom bemerkt.

Deze voorafgaande opmerkingen zullen voldoende zijn als inleiding tot de hierna volgende toestelbeschrijvingen.

XLV.

Wisselstroomvoeding van meerlampstoestellen. — De gemeenschappelijke midden-aftakking. — Gebruik van lampen voor verschillende gloeispanning. — Automatische roosterspanning. — Geen versterkt-onversterkt-schakelaars. — Sterkte-regeling vóór de detectorlamp.

Wanneer men een meervoudig lampschema met wisselstroomvoeding voor de gloeidraden opzet, is het noodig om te zorgen, dat àl de lampen één gemeenschappelijk midden-gloeidraad-punt krijgen, aangezien men toch één gemeenschappelijke plaatspanningbron zal gebruiken, waarvan de minpool aan dat punt moet komen te liggen, dat dus voor al de lampen hetzelfde moet zijn.

Dit veroorzaakt eenige moeilijkheid, wanneer men lampen voor verschillende gloeispanningen in één schema wenscht te combineren. Het eenige juiste middel om het te bereiken, is, dat men volgens fig. 150 de gloeistroomweerstand dubbel uitvoert, n.l. aan elke zijde van den gloeidraad een weerstand, liefst telkens twee weerstanden op één as, die bij wijziging hunner waarde steeds aan elkaar gelijk blijven. Dan blijft het middengloeidraadpunt **m** steeds hetzelfde.

Veel eenvoudiger is het, wanneer men allemaal lampen voor eenzelfde spanning heeft, zooals bijv. de Philips 100-serie, waarin men voor elke functie een geschikte lamp vindt. Vermoedelijk zal de als eenling verschenen C 0805 op den duur ook wel tot een volledige serie worden uitgebreid, zoodat de last met de regelweerstanden vervalt. Dan is toch één regelweerstand **W** mogelijk,

geplaatst vóór de middenaftakking, en de vast ingebouwde Voltmeter V geeft dan de spanning aan voor al de lampen.

Heeft men ongelijke lampen, dan zal men voor de lamp met de hoogste gloeispanning de eigen regelweerstand op nul stellen

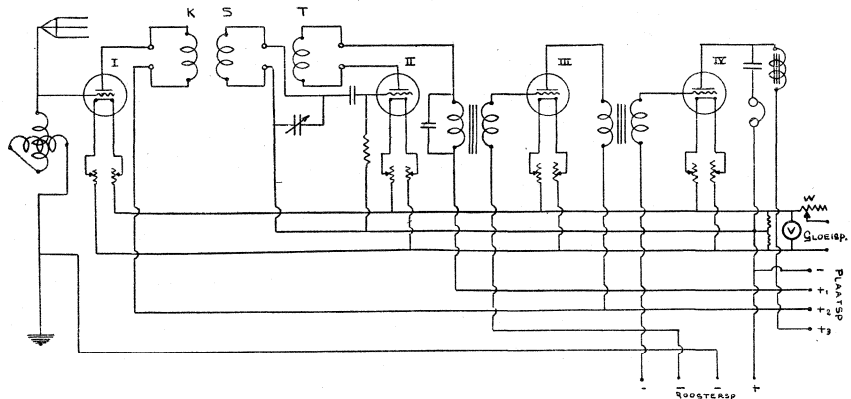


Fig. 150.

en met behulp van W op den Voltmeter de juiste spanning instellen voor die lamp. Voor de andere stelt men op grond van berekening of met een afzonderlijken, lossen Voltmeter, de eigen weerstanden zoo in, dat ook die de juiste lagere spanning krijgen. Helaas zijn er geen geschikte wisselstroom-Voltmeters van voldoende hoogen weerstand en is dus voorzichtigheid geboden, zoolang niet een volledige serie wisselstroomlampen voor één spanning bestaat.

Schema fig. 150 heeft verder weinig toelichting noodig.

Roosterkring en roosterlekweerstand van de detectorlamp liggen aan de middengloeidraadleiding. Deze is tot een bedrag, overeenkomende met de halve gloeispanning, positief ten opzichte van dat gloeidraadeinde, dat momenteel negatief is. We hebben hier dus automatisch een kleine positieve spanning voor den lekweerstand der detectorlamp.

Maar daardoor kan in een schema met wisselstroomvoeding ook niet de roosterkring van de hoogfrequentlamp aldus verbonden worden. Aan het rooster der hoogfrequentlamp moet men steeds een negatieve spanning t.o.v. midden-gloeidraad geven, ten bedrage van minstens de halve gloeispanning. Anders heeft de hoog-freq.-lamp positieve roosterspanning en is zij nagenoeg onwerkzaam.

In het schema is voor de detectorlamp een eigen plaatspanning aangegeven, voor hoogfreq.-lamp en eerste laagfreq.-lamp samen één spanning en voor de eindlamp een hoogere spanning. Dit gaat dus bijv. met een Raytheon met uitgang volgens fig. 144. Heeft men een plaatstroom apparaat met maar één aftakking, dan worden + 2 en + 3 samen verbonden. Heeft men geheel geen aftakking, dan komen + 1, + 2 en + 3 alle aan elkaar op één spanning.

In fig. 150 is voor de roosterspanning nog een batterij gedacht met afzonderlijke aftakkingen voor elke versterkerlamp. Natuurlijk kan men ook, zooals vroeger verklaard naar aanleiding van fig. 62, de roosterspanningen afnemen van een weerstand tusschen gloeidraad (hier midden-gloeidraad) en min plaatspanning. In dat geval verkrijgt men, bij aanwending van een plaatstroomapparaat voor de anodespanningen, werkelijk een toestel zonder eenige batterij.

Het schema van fig. 150, aangevuld met de automatische, van weerstanden afgenomen roosterspanningen, is weergegeven in fig. 151. De weerstanden R_1 , R_2 en R_3 kunnen elk een 400 à 600 Ohm

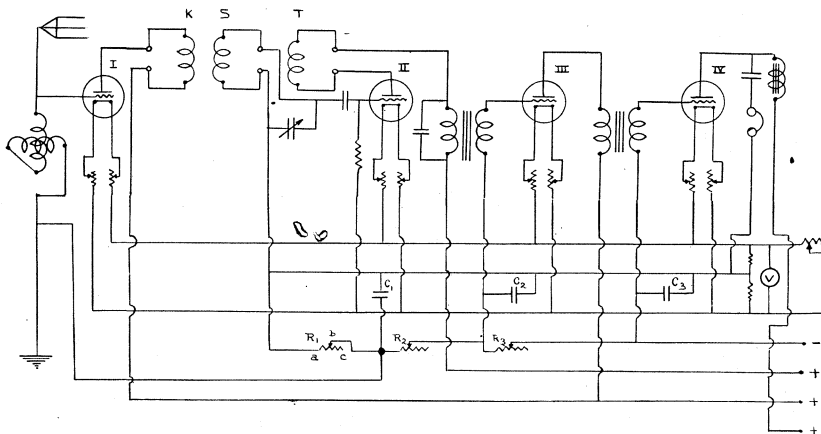


Fig. 151.

potentiometer uit den handel zijn. De condensatoren C_1 , C_2 en C_3 zijn 2 μ F.-condensatoren. De potentiometer heeft, zooals in fig. 152 aangegeven, drie aansluitklemmen a, b, c. Men gebruikt daarvan hier alleen telkens a en b en laat c open.

Er moet om gedacht worden, dat bij de schakeling der weerstanden volgens fig. 151 de hoogere roosterspanningen eenigszins afhankelijk worden van de instelling der lagere.

Dit kan vermeden worden door de schakeling van fig. 153 te gebruiken, maar daar kan de tweede roosterspanning nooit lager worden gemaakt dan de spanningsval van den eersten weerstand en de derde roosterspanning nooit lager dan de spanningsval aan de twee voorste weerstanden.

Met één enkelen potentiometer van ongeveer 1500 Ohm en drie afzonderlijke glijcontacten zouden de regelingen geheel onafhankelijk van elkaar worden, maar dan moet men den weerstand daarvoor zelf wikkelen.

Het toestel is gedacht zonder versterkt-onversterkt-schakelaars, die bij wisselstroomvoeding gevaarlijk zijn, wanneer zij ook de gloeidraden afschakelen. Dan loopt toch de transformatorspanning omhoog. Ook gaat bij afschakeling eener lamp de plaatstroom kleiner worden, dus ook de spanningsval aan de weerstanden R_1 — R_3 , waardoor de roosterspanningen veranderen.

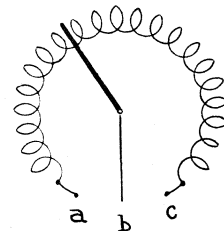


Fig. 152.

Ten einde nu een sterkte-regeling te verkrijgen zonder afschakeling van lampen, zou men — zooals vroeger aangegeven — een weerstand parallel aan de primaire van den eersten transformator kunnen schakelen. In het hier gegeven schema kan men echter nog beter de koppeling tusschen spoelen K en S als sterkte-regeling gebruiken, waardoor men al begint met den detector minder te belasten en waardoor de selectiviteit tevens wordt verhoogd.

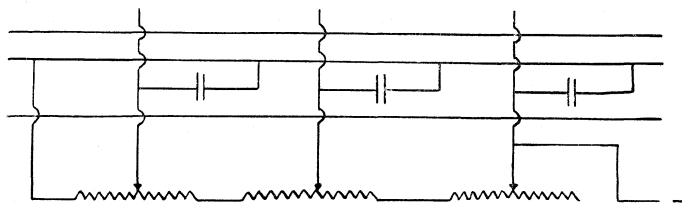


Fig. 153.

Ten slotte geven wij in fig. 154 aan, hoe het schema is aan te vullen, wanneer men den laatsten versterkertrap uitvoert als balansversterker, hetgeen voor een wisselstroom-ontvanger bijzonder is aan te bevelen.

Een en ander zal voldoende wezen om den zelfbouwer in staat

te stellen, het systeem ook op elk ander schema te kunnen toepassen.

Men merke nog op, dat toestellen volgens de schema's 150, 151

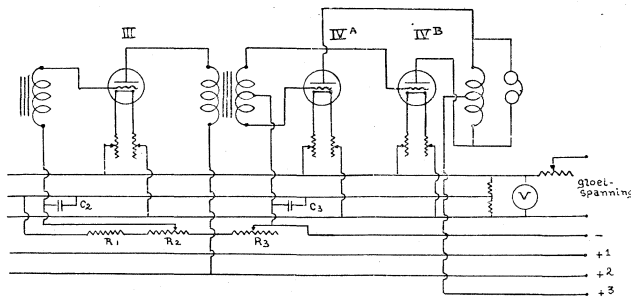


Fig. 154.

en 154 ook zonder meer op accu kunnen worden aangesloten. Men heeft niets te doen dan den gloeistroomtransformator door een accu te vervangen.

XLVI.

Gloeidraadvoeding met gelijkgerichten wisselstroom. — Noodzakelijkheid van serie-schakeling der gloeidraden. — Gemengd systeem van voeding met gelijkgerichten en niet-gelijkgerichten wisselstroom. — Gloei- en plaatstroom uit het gelijkstroomnet. — Nog andere stelsels van gebruik van den wisselstroom.

Een tweede systeem van wisselstroomvoeding, in ons land het eerst aangegeven door Ir. J. L. H. Jonker in „Radio-Nieuws” van 1 Juli 1926, gebruikt ook voor de gloeidraadvoeding gelijkgerichten wisselstroom.

Nu wezen we er reeds op, dat de afvlakking na gelijkrichting van sterkere stroomen moeilijker wordt. Dit geldt juist te meer naar mate de spanningen lager zijn. Nauwkeuriger uitgedrukt, is het percentage van de overblijvende rimpelspanning ten opzichte van de totaalspanning grooter, naar mate de stroomsterkte grooter en de totaalspanning kleiner is.

Verbetering is dus te verkrijgen door niet eerst neer te transfor-

meeren tot ongeveer de vereischte gloeispanning, maar een veel hogere spanning gelijk te richten en af te vlakken en deze over een grooten weerstand aan de gloeidraden toe te voeren. Het ligt dan voor de hand, ten einde geen grootere stroomsterkte noodig te hebben dan onvermijdelijk is, de gloeidraden in serie te schakelen en niet parallel, zooals meestal gebruikelijk is.

Kiest men de spanning, welke men in dit geval gelijk richt, van de grootte der benoedigde plaatspanning, dan zal het mogelijk zijn, tevens die spanning voor de plaatvoeding te gebruiken.

Men heeft dan niets noodig dan één voor wat grooten stroom berekend plaatstroomapparaat, dat gelijktijdig gloei- en plaatspanning levert.

In fig. 155 is een schema gegeven van een 3 lampstoestel, voor dit systeem ingericht.

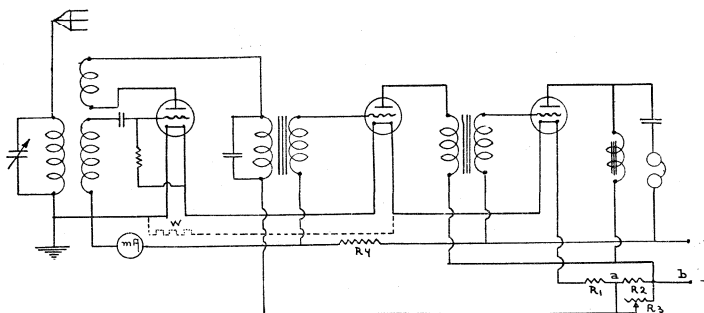


Fig. 155.

Dit stelsel geeft een zoo volkomen goed resultaat, dat het niet meer noodig is, bepaald een hoogfrequentie te laten voorafgaan.

Als eenvoudigste geval is in fig. 155 verondersteld een toestel met lampen, die alle voor gelijken gloeistroom zijn gemaakt en wel voor zoo gering mogelijken gloeistroom, dus bijv. 60 m.A. (0.06 A.). De gloeispanningen mogen verschillend zijn. Denken we ons een plaatstroom-apparaat, dat 150 Volt levert, dan weten we, dat 3 lampen voor 4 Volt daarvan 12 Volt noodig hebben. In serie met de gloeidraden is nu een totale weerstand noodig, die bij 60 m.A. een spanningsval van $150 - 12 = 138$ Volt geeft. Dus:

$$R \times \frac{60}{1000} = 138.$$

Zoodat R ongeveer 2300 Ohm wordt.

Wegens de eigenschap van plaatstroomapparaten om onbelast sterk in spanning op te loopen, is het gewenscht, den regelweerstand zóó te maken, dat deze nooit kan worden afgeschakeld (oneindig groot gemaakt) en aangezien we den weerstand bovendien zullen gebruiken om er de plaatspanningen van af te takken, richten we dien in volgens de figuur, samengesteld uit 2 vast ingestelde weerstanden R_1 en R_2 , en 1 veranderlijken R_3 , parallel op R_2 .

Maken we R_1 en R_2 elk 1500 Ohm, dan zal R_3 op ongeveer 1700 ingesteld moeten worden, opdat het samenstel een waarde van 2300 verkrijge en dan hebben we bij a een aftakking, die ongeveer $\frac{2300}{1500}$ of $\frac{3}{5}$ van de totaalspanning aan den detector levert.

In de minleiding is een m.A.-meter opgenomen, waarop men den juiststen gloeistroom voor de lampen afleest.

Men merke verder op, dat wanneer we alle roosterkringen zonder meer naar de minleiding voeren, elke volgende lamp t.o.v. haar eigen gloeidraad een neg. roosterspanning krijgt, gelijk aan de gezamenlijke gloeispanning der voorafgaande lampen. Heeft men voor de laatste lamp méér noodig, dan schakele men een weerstand R_4 tusschen de 2de en 3de rooster-terugleiding. Bij een stroom van 60 m.A. geeft elke 16 Ohm weerstand een vermeerdering der neg. roostersp. voor de laatste lamp met 1 Volt.

Met een Raytheon-gelijkrichter met de complete, vroeger beschreven afvlakking, kan een schema als het in fig. 155 afgebeelde uitstekend worden gevoed en het resultaat is zelfs met telefoon op het oor uitstekend en met luidspreker volmaakt.

Het eenige bezwaar bestaat hierin, dat men geen voldoende eindlampen vindt met zoo lagen gloeistroom en dat er nog geen practische gelijkrichters zijn voor wat grooteren stroom, tenzij men zender-gelijkrichtlampen gebruikt of een electrolytischen gelijkrichter ervoor weet samen te stellen.

Heeft men eenmaal een gelijkrichter, die méér kan leveren, dan is het altijd mogelijk, in het schema ook lampen voor verschillende gloeispanningen te combineeren.

Stel bijv., dat de eindlamp 100 m.A. neemt en de beide eerste lampen 60 m.A. Dan moet de m.A.-meter op 100 m.A. gebracht kunnen worden. De gloeidraden voor geringere stroomsterkte worden dan overbrugd door een weerstand, die het teveel aan stroom doorlaat. (De gestippelde weerstand W in fig. 155). De waarde

ervan is voor elk geval te berekenen. Zijn de 2 eerste lampen 3.5 Volts-lampen voor 60 m.A., dan is de spanning aan den parallelweerstand 7 Volts. Deze weerstand moet 40 m.A. van de 100 doorlaten, opdat de lampen maar 60 m.A. krijgen. Dan moet die weerstand $\frac{7}{\frac{40}{1000}} = 175$ Ohm zijn.

Men kan zich ten aanzien van eindlampen, die grootere stroom eischen dan de gelijkrichter kan geven, ook redden, door die eindlampen afzonderlijk met een transformator te voeden met niet-gelijkgerichten wisselstroom. Aangezien als eindversterker vrijwel elke willekeurige lamp zonder ernstig bezwaar op wisselstroom kan werken, zal dit geen kwaliteitsmoeilijkheden geven.

Een voorbeeld van de schematische verwezenlijking levert fig. 156, waar weer een weerstand R_4 is aangebracht om de negatieve

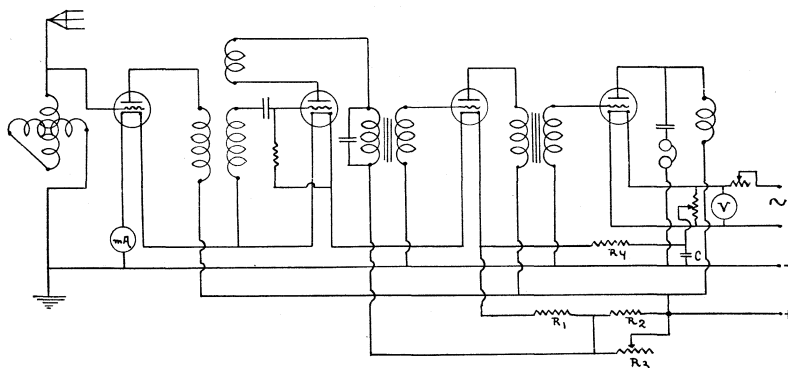


Fig. 156.

roosterspanning voor de eindlamp te verhoogen. Door dezen weerstand loopt intusschen alléén de plaatstroom van de eindlamp en als we dien bij goedgeregelde neg. voorspanning op 10 m.A. schatten, dan moet die weerstand 100 Ohm zijn voor elke Volt verhooging van neg. roosterspanning. Zijn de drie eerste lampen in het schema 4-Voltslampen, dan geeft de spanningsval aan die lampen al 12 Volt. Moet daar voor een B 403 nog 10 Volt bij, dan moet $R_4 10 \times 100 = 1000$ Ohm zijn.

Het kan nodig blijken, een condensator C van 2 μ F. aan te brengen om ongewenschte koppelingen te voorkomen.

Het zal zonder meer duidelijk zijn, dat men het toestel van fig. 155, desgewenscht met nóg een lamp uitgebreid, ook zonder

meer via een afvlakkring als dien van fig. 136 of 142 kan aansluiten aan het 220-Volt gelijkstroomnet. Voor schakeling van een paar in dit geval niet al te kleine 220-Volts kooldraadlampen is ditmaal gewenscht uit veiligheidsoverwegingen als besproken in hoofdstuk XLII.

Bij aansluiting aan een gelijkstroomnet heeft men het voordeel van absoluut niet beperkt te zijn in de stroomsterkte, die men afneemt. Tusschenschakeling van afvlakkring inmiddels niet te vergeten !

Wij mogen dit onderwerp niet afsluiten zonder melding te maken van het feit, dat reeds apparaten in den handel zijn, waarmee men elk willekeurig toestel uit het lichtnet van gloeistroom kan voorzien. In de eerste plaats hebben we hier het oog op de thermo-electrische gloeistroom-apparaten, die het voordeel hebben van zoowel op wisselstroom als gelijkstroom te kunnen worden aangesloten, maar waarvan het stroomverbruik bij ietwat hoogen stroomprijs nogal kostbaar wordt.

In de tweede plaats zijn in den handel verschenen electrolytische gelijkrichters voor directe gloe draadvoeding, ook voor voldoende stroomsterkte om een aantal lampen parallel te voeden, dus om bij elk gewoon toestel gebruikt te worden zonder eenigen ombouw. Voldoende langdurige ervaring hiermede bestaat nog niet.

EINDE DEEL I.

INHOUD VAN HET EERSTE DEEL.

Voorwoord	Blz. 3—4
Inleiding.	
HOOFDSTUK I.	
Het wezen der draadlooze telegrafie en telefonie. — De ontvangst staat vrij. — Berichten voor iedereen. — Omroep	5—11
Kristalontvangers.	
HOOFDSTUK II.	
De eischen, aan een eenvoudige ontvangantenne te stellen. — Hoogte is belangrijker dan lengte	11—15
HOOFDSTUK III.	
Ontvangst met kristaldetector. — Afstemming. — De spil waarom de radio-techniek draait. — Hoe men afstemming constateert	15—20
HOOFDSTUK IV.	
De onderdeelen voor een kristalontvanger voor Hilversum en Daventry. — Glijcontactafstemming. — Afstemming door variometerschakeling	20—28
HOOFDSTUK V.	
Kristalontvanger met verwisselbare spoelen en draaicondensator. — Parallelschakeling. — Serie-schakeling. — Serie-parallelschakelaar. — Telefooncondensator	28—33
HOOFDSTUK VI.	
Directe en inductieve antenne-koppeling (primair en secundair-ontvanger). — Storingvrijheid (selectiviteit). — Honingraatspoelen en cilindrspoelen. — Hoogspanningeinde. — Geluidsterkte	33—37
HOOFDSTUK VII.	
Uitvoering van een inductieven kristalontvanger. — Aftakspoelen. — Doode einden. — Afschakeling of kortsluiting. — Hulpspanning voor den kristaldetector. — Potentiometer	38—45
Eenvoudige lampontvangers.	
HOOFDSTUK VIII.	
Lampendetectors. — Gloeidraad, rooster en plaat. — Monteer van radiolampen. — Dubbelroosterlampen. — Verloopfittings. — De instelling der juiste gloeispanning	45—53

HOOFDSTUK IX.

- De primaire lampontvanger. — Detectorschakeling met roostercondensator en lekweerstand. — Plaatbatterij. — Terugkoppeling. — Gezichtspunten bij toestelbouw 53—61

HOOFDSTUK X.

- Verschijselen bij lampontvangst. — Het genereeren der lamp. — Ongedempte golven. — Het nulpunt der afstemming. — Telefonie-ontvangst. — Op rand van genereeren. — De Mexicaansche hond. — Het „zoeken” van een telefoniestation 61—67

HOOFDSTUK XI.

- Moeilijk genereeren. — Doode gang in de terugkoppeling. — De juiste grootte der terugkoppelspoel. — Afgestemde terugkoppeling. — Gillen der lamp. — Extra terugkoppelspoeltje 67—70

HOOFDSTUK XII.

- Regeling der terugkoppeling door een condensator. — Noodzakelijkheid daarbij van een smoorspoel. — Constructie en afmetingen. — Regeling der terugkoppeling door een weerstand 71—74

HOOFDSTUK XIII.

- De secundaire lampontvanger. — Hoe de primair-ontvanger secundair wordt gemaakt. — De grootte der condensatoren 74—77

HOOFDSTUK XIV.

- Verschijselen bij inductieve lampontvangst. — De mate der antenne-koppeling. — Het vinden der primaire afstemming. — Grootte der terugkoppelspoel. — Constante secundaire afstemming 78—83

Hoog- en laag-frequentversterking.

HOOFDSTUK XV.

- Hoogfrequentversterking. — Het „schema-Koomans”. — De beheersching van te sterk genereeren. — Toevoeging van inductieve antenne-koppeling 83—88

HOOFDSTUK XVI.

- Verschijselen bij ontvangst met schema-Koomans. — Verhoogde selectiviteit door grooten primairen condensator. — Door gedeelde primaire zelfinductie. — De instelling bij inductieve antenne-koppeling 88—92

HOOFDSTUK XVII.

- Hooge selectiviteit met minimaal aantal regelingen. — Mogelijkheid van ontvangst met raamantenne. — „Aperiodische” antenne-koppeling 93—99

HOOFDSTUK XVIII.

- Laagfrequentversterking. — Smoorspoelkoppeling. —
 Weerstandkoppeling. — Transformator-koppeling. —
 Negatieve roosterspanning 99—104

HOOFDSTUK XIX.

- De laagfrequentversterker als los hulpapparaat. — Verschillende plaatspanning voor detector- en versterkerlampen. — Fijnregeling der roosterspanning. — De juiste verhoudingen voor transformatoren. — Roosterspanning zonder aparte batterij. — Maatregelen tegen gillen . . . 105—112

HOOFDSTUK XX.

- Versterkt-onversterkt schakelaars. — Aansluiting van telefoon of luidspreker over smoorspoel en condensator. — Schema's met rolschakelaars en wipschakelaars. — Stop en klinken 112—121

Eenige algemeene theorie.

HOOFDSTUK XXI.

- Het nut van eenig theoretisch inzicht. — Stroomen in condensator-kringen. — Betere straling door open dan door gesloten kringen. — Een condensator is een elastisch vat. — Wisselstroomweerstand van condensatoren. — Serie- en parallelschakeling 122—126

HOOFDSTUK XXII.

- De werking van zelfinductie. — Zelfinductie is een traagheidsverschijnsel. — Wisselstroomweerstand van zelfinductie. — Eigen frequentie van een geleider. — Spoelen in serie en parallel. — De variometer 127—132

HOOFDSTUK XXIII.

- Frequentie en golflengte. — Voortplantingssnelheid der draadlooze golven. — De vonk voor trillingsopwekking. — Gedempte en ongedempte trillingen 133—137

HOOFDSTUK XXIV.

- De afstemming van het ontvangtoestel. — Waarom afstemming versterking der spoelen geeft. — Serie-condensator en parallel-condensator voor antenne-afstemming 137—142

HOOFDSTUK XXV.

- De detectorwerking van kristallen. — Gelijkrichting. — Integreering. — Lange golf-treinen 142—146

HOOFDSTUK XXVI.

- Nadere beschouwing van de gelijkrichting van kristallen. — De detectorkarakteristiek. — Hulpspanning. — Carbonandum 146—149

HOOFDSTUK XXVII.

- De lampdetector met twee electroden. — Electronen als stroomdragers door het luchtledig. — Volmaakte gelijkrichting. — Toch verbetering der werking door hulpspanning 150—153

HOOFDSTUK XXVIII.

- Drie-electrodenlampen. — Karakteristieken. — Steilheid, spanningsversterking en inwendige weerstand. — De grondwetten der drie-electrodenlamp 153—158

HOOFDSTUK XXIX.

- De drie-electrodenlamp als detector. — Plaatkringgelijkrichting. — Roosterkringdetectie met weerstand. — Met roostercondensator en lek 158—163

HOOFDSTUK XXX.

- Nadere beschouwing der detectie met roostercondensator. — Lekweerstand aan min of plus gloeidraad. — Potentiometerregeling 164—168

HOOFDSTUK XXXI.

- Betekenis der terugkoppeling. — Verklaring der te bereiken versterking. — Dempingsreductie. — Genereeren en gillen van de lamp. — Sissend ontvangen van gedempte seinen. — Telefonie-ontvangst. — Doode gang in de terugkoppeling 168—173

HOOFDSTUK XXXII.

- Verklaring der zwevingsontvangst van ongedempte seinen. — Verstemmingspercentage. — Afzonderlijk zwevingsapparaat. — Ontvangst met zwevingsapparaat en dempingsreductie. — Stations met contra-sein 173—179

Theorie der versterkers.

HOOFDSTUK XXXIII.

- De lamp als hoogfrequentversterker. — Ter overkoming van den „drempel” in de detectorwerking. — Negatieve rooster spanning. — Economie in een radiotoestel. — Kan hoogfrequentversterking vervorming geven? — Bezwaren van groote selectiviteit voor telefonie-ontvangst 179—183

HOOFDSTUK XXXIV.

- Hoogfrequentversterking met afgestemde kringen, weerstanden, smoorspoelen of transformatoren. — Gunstigste waarden. — Parasitaire capaciteiten. — Moeilijkheden bij afdaling tot korte golven. — Hoe een afgestemde kring als weerstand voor trillingen kan werken . . . 184—190

HOOFDSTUK XXXV.

- Vervlakking der karakteristiek door weerstand in den plaatkring. — Constructie der vervlakte kromme. — Dynamische karakteristiek. — Afleiding daarvan voor smoorspoel en afgestemden kring 190—193

HOOFDSTUK XXXVI.

- De lamp als laagfrequentversterker. — Benoodigde rooster-
spanningsruimte der lampen. — Bezwaren van versterkt-
onversterkt-schakelingen. — Sterkteregeling met weer-
stand 193—195

HOOFDSTUK XXXVII.

- De laagfrequentweerstandversterker. — Beschouwing over
de waarden der weerstanden en condensatoren. — Be-
zwaren van al te groote waarden. — De neg. rooster-
spanning, over een lekweerstand aangelegd 195—201

HOOFDSTUK XXXVIII.

- De laagfrequent-transformatorversterker. — Hoogste theo-
retische versterking. — Verband tusschen primaire
transformator-zelfinductie en inwendigen weerstand der
voorafgaande lamp. — De capaciteit der sec. wikkeling
doet energie verloren gaan. — De grootte der trans-
formatie-verhoudingen. — Aanpassing tusschen eind-
lamp en luidspreker. — Uitgangstransformator. — Aan-
sluifing over een smoorspoel en condensator 201—207

HOOFDSTUK XXXIX.

- De smoorspoelversterker. — Geringere totaalversterking.
— Eischen voor de lampen. — De gilneigingen van
laagfrequentversterkers. — Oorzaken. — Middelen ert-
tegen. — De koppeling door den batterij-weerstand. —
Het centraal-batterij-systeem. — De balansversterker 207—214

HOOFDSTUK XL.

- Speciale dubbelroosterlampschakeling voor laagfrequent-
versterking. — De meest stabiele (geneutrodyniseerde)
meerlampslaagfrequentversterking. — Dubbelroosterlamp
in voor-anode-schakeling voor weerstandversterking 214—218

Gebruik van den stroom van het lichtnet.

HOOFDSTUK XLI.

- Gelijkgerichte wisselstroom voor plaatvoeding. — De af-
vlakking. — Plaatstroom-apparaten voor verschillend
vermogen. — Raytheon-gelijkrichter. — Electrolytisch
plaatstroom-apparaat 219—227

HOOFDSTUK XLII.

- Wenken omtrent het gebruik van plaatstroomapparaten. —
Waarom de gelijkrichter niet direct op het 220-Volts
lichtnet? — Plaatspanning van het gelijkstroomnet. 227—230

HOOFDSTUK XLIII.

- Het plaatstroomapparaat bij een weerstandversterker. —
Spanningsmetingen aan het plaatstroomapparaat. — Af-
hankelijkheid der spanning van de stroomafname 230—233

HOOFDSTUK XLIV.

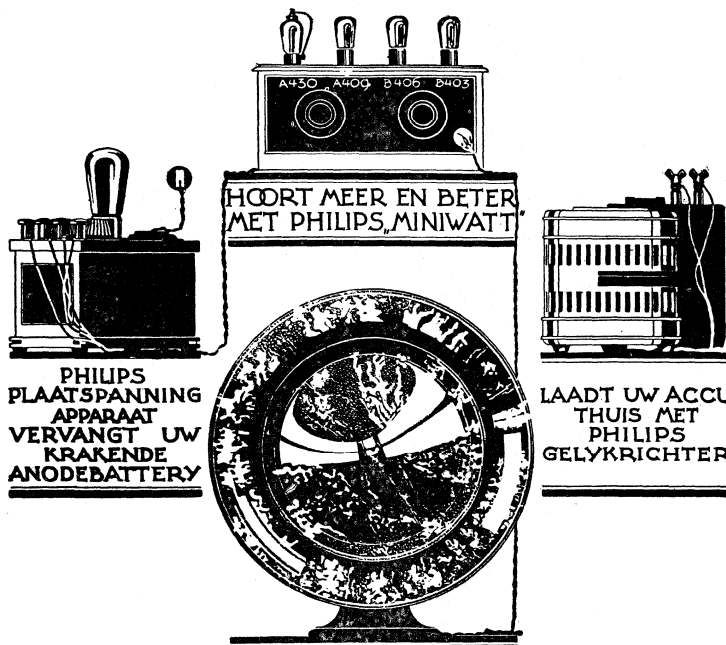
Volledige wisselstroomvoeding voor den ontvanger. — Geschikte wisselstroom-meters. — Hoe het vervormende gebrom te overwinnen. — De middenaftakking op den gloeidraad. — De beteekenis der lampenkeuze. — Alleen speciale lampen zijn volkomen geschikt. — Waarom hier steeds hoogfrequentversterking is aan te bevelen . . 233—238

HOOFDSTUK XLV.

Wisselstroomvoeding van meerlampstoestellen. — De gemeenschappelijke middenaftakking. — Gebruik van lampen voor verschillende gloeispanning. — Automatische roosterspanning. — Geen versterkt-onversterkt-schakelaars. — Sterkte-regeling vóór de detectorlamp . 238—242

HOOFDSTUK XLVI.

Gloeidraadvoeding met gelijkgerichten wisselstroom. — Noodzakelijkheid van serie-schakeling der gloeidraden. — Gemengd systeem van voeding met gelijkgerichten en niet-gelijkgerichten wisselstroom. — Gloei- en plaatstroom uit het gelijkstroomnet. — Nog andere stelsels van gebruik van den wisselstroom voor normale toestellen . 242—246



PHILIPS
PLAATSPANNING
APPARAAT
VERVANGT UW
KRAKENDE
ANODEBATTERY

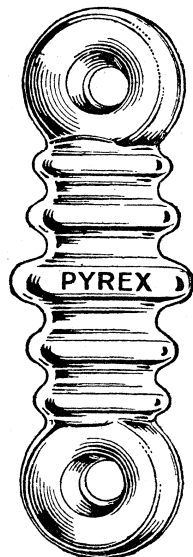
HOORT MEER EN BETER
MET PHILIPS, MINIWATT

LAADT UW ACCU
THUIS MET
PHILIPS
GELYKRICHTER.

PHILIPS LUIDSPREKER,
SPREEKT VOOR ZICHZELF

PHILIPS RADIO

RADIO INRICHTING
F^a. CH. VELTHUISEN.



Alleen-Vertegenwoordiger voor **PYREX** isolatoren.
Nederland en Koloniën van
Telefoon 12412. — Giro 28376.
Oude Molstraat 18 - DEN HAAG.

Zoowel voor ontvangst als voor zenden wordt de **PYREX** isolator geprefereerd!

PYREX absorbeert geen vocht, zelfs niet als er stukjes afspringen!

De Haagsche Afd. van de Ned. Vereeniging voor Radio telegrafie gebruikt in hun zendantenne **PYREX** isolatoren met groote tevredenheid.

PYREX isolator No. I voor ontvang ant. lengte 88 m.M. gewicht 70 gr. trek 200 K.G. **Prijs f 0.65.**

PYREX isolator No. II lengte 184 m.M. gewicht 383 gr. trek 500 K.G. voor max 250 watt. **Prijs f 1.95.**

PYREX isolator No. III lengte 318 m.M. gewicht 850 gr. trek 500 K.G. voor 1000 watt. **Prijs f 4.95.**

Uitgaaf van N. Veenstra te 's-Gravenhage:

Het Draadloos Zendstation voor den Amateur

door J. CORVER

Derde, ten aanzien van lampzenders en telefonie,
belangrijk uitgebreide druk.

Prijs: ingenaaid **f 3.75**
gebonden **f 5.—**

Alom bij den Boekhandel verkrijgbaar, en tegen inzending
van het bedrag bij den Uitgever

N. VEENSTRA,
Laan van Meerdervoort 30, DEN HAAG.



HET MERK MET EEN WERELD- REPUTATIE



ONZE PRACHTIGE BOUWSCHEMA'S WIJZEN U DEN WEG. |||||
ONZE COMPLETE BOUWDOOZEN BEVATTEN AL HET MATERIAAL.
ONZE SCHITTERENDE ONDERDEELLEN WAARBORGEN SUCCES. ||||

OOK VOOR UW EIGEN ONTWERP
BEZIT **BAL TIC** MATERIAAL
ALLE GOEDE EIGENSCHAPPEN.

VRAAGT CATALOGUS EN PRIJSLIJST AAN:
HOOFDAGENTSCHAP **BAL TIC**
NOORDEINDE 107/109, DEN HAAG.

Uitgaaf van N. Veenstra te 's-Gravenhage:

KORTEGOLF- ONTVANGST door J. J. NUMANS

Tweede, geheel herziene, **druk**.

Prijs ingenaaid **f 4.-**, gebonden **f 5.50**.

Alom bij den Boekhandel verkrijgbaar, en tegen
inzending van het bedrag bij den Uitgever

N. VEENSTRA,

Laan van Meerdervoort 30, DEN HAAG.

TELEFUNKEN

RADIO

TELEFUNKEN

MOER KERR

TELEFUNKEN

TELEFUNKEN

HUYGENSPARK 38-39 's-GRAVENHAGE

bouwde de **MEESTE** en **GROOTSTE** omroepzenders van Europa, en levert van alle Europeesche firma's de meeste:

**RADIO-ONTVANGTOESTELLEN,
RADIO-LAMPEN,
TELEFONEN,
LUIDSPREKERS.**

Voor zelfbouw vestigen wij bovendien Uwe aandacht op de vervormingsvrije Telefunken-transformatoren en de Telefunken-lekweerstand (Telefunkohms). Voorts bevelen wij de **ARCOLETTE** waarvan wij gratis op aanvraag brochure toezenden, en waarmede iedere leek in staat is met geringe kosten en hulpmiddelen een **prima ontvangtoestel te bouwen**, in Uwe aandacht aan.