DERDE GEDEELTE.

TRANSPONEERINGSONTVANGERS OF SUPERS.

HOOFDSTUK XVII.

Principe en eigenschappen van supers.

§ 108. Zwevingsontvangst.

A. *Het principe.*

Ter inleiding van de bespreking der supers, willen we hier eerst iets mededeelen over de in de radiotelegrafie gebruikelijke zwevingsontvangst.

Gesteld, dat een ongedempte golf zonder eenige modulatie, b.v. een draaggolf bij telefonie, door een ontvangtoestel wordt opgenomen; dan is deze draaggolf niet hoorbaar. Gesteld verder, dat deze golf onderbrekingen krijgt, b.v. overeenkomende met morseteekens, als bij de ongedempte-golf telegrafie. Deze onderbrekingen zullen in de telefoon merkbaar worden als een aanhoudend getik en wel zóó, dat voor elk punt of elke streep twee tikken ontstaan; het herkennen der teekens wordt hierdoor onmogelijk (I-§ 52). Om ze nu hoorbaar te maken, past men het volgende middel toe. Men voegt aan de ontvangen trilling in het ontvangapparaat zelf nog een trilling toe met een frequentie, die zooveel verschilt van die van de ontvangen golf, dat beider verschil een trilling van hoorbare frequentie geeft. Neem aan, dat de ontvangen

frequentie 500 000 c/sec is en dat men daaraan zelf een trilling van 499 000 c/sec toevoegt. Dan ontstaat een nieuwe trilling met een frequentie, die de helft is van de som van beide frequenties (dus 499 500 c/sec) en welke 500 000 — 499 000 = 1000 *zwevingen* bezit (I-§ 35C). Men spreekt nu van een *zwevingsfrequentie* van 1000. Na gelijkrichting van de verkregen h.f. trilling ontstaat een laagfrequente trilling van 1000 c/sec; de voortgebrachte toon is een combinatietoon (I-§65D). Indien men nu de ongedempte golf van de zender met behulp van een seinsleutel onderbreekt, zal de toon verdwijnen; zoodoende zal men de op het zendstation gemaakte punten en de strepen hooren als kort en lang aangehouden fluittonen. Men noemt dit *zwevingsontvangst*. Naar de wijze, waarop de tweede trilling aan de eerste wordt toegevoegd, onderscheidt men *heterodyne-* en *autodyneontvangst*.

B. *Heterodyneontvanger*.

Hierbij maakt men gebruik van een afzonderlijk apparaat, *zwevingstoestel* genaamd, doch dat wij liever de *oscillator* noemen, hetwelk door middel van een spoel L_5 (fig. 190) gekoppeld wordt aan spoel L_3, die met de kring L_2 C_2 deel uitmaakt van de roosterkring van de ontvanger. In wezen is de oscillator niets anders dan een lamp met afstembare roosterkring L_4 C_4 en een terugkoppelspoel L_6, welk stelsel in oscilleerende toestand wordt gebracht.

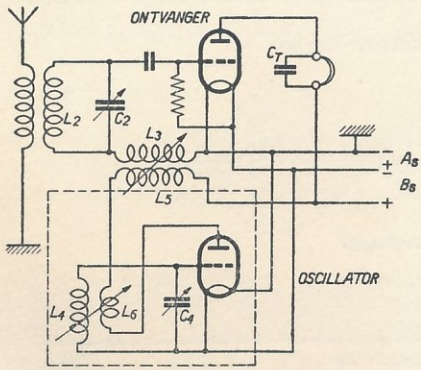

Fig. 190
Principe van een heterodyne ontvanger.

De oscillatortrillingen worden nu door L_5 op L_3 overgebracht en vereenigen zich in de roosterkring, waarin de bovengenoemde zwevingen optreden.

De werking willen we mede aan de hand van fig. 191 verklaren. Gesteld, dat een ontvanger door een enkele

draaggolf getroffen wordt; dan is de door de antenne opgevangen trilling voor te stellen door de trillingskromme a. De oscillator wekt de trilling b in de roosterkring op, zoodat hier door trilling a en b tezamen de door c voorgestelde zwevingen ontstaan.

Tengevolge van de roostercondensator en de lekweerstand ontstaat dan in de anodekring de pulseerende anodestroom d, terwijl e de door frequentiescheiding verkregen telefoonstroom weergeeft. De telefoon brengt dus een toon voort, hoewel een enkele draaggolf of ongedempte golf ontvangen is. Dat hier gesproken wordt van heterodyneontvangst, vindt zijn reden hierin, dat *hetero* wijst op „vreemd" en *dyne* op „kracht", en men heeft hier ook te doen met een „vreemde kracht", die men op het ontvangtoestel laat inwerken.

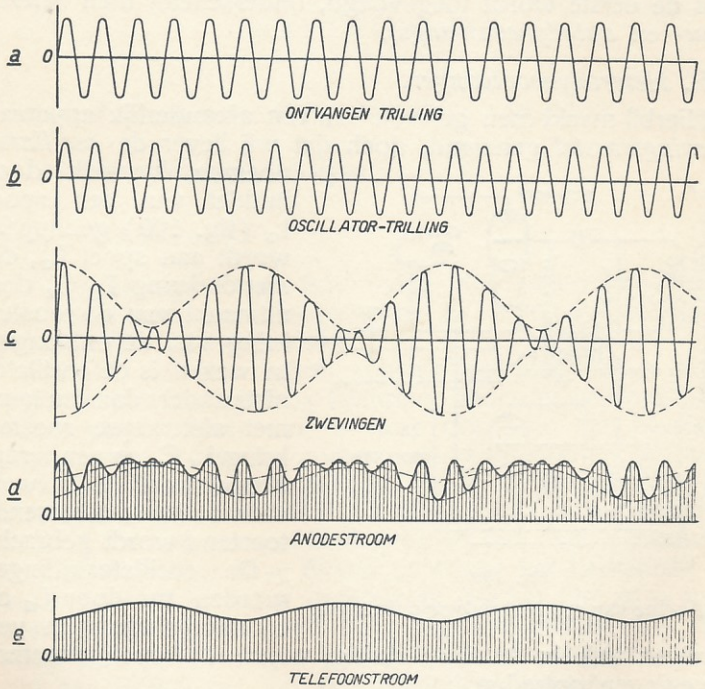

Fig. 191

Hoe bij zwevingsontvangst een l.f.trilling (toon) wordt verkregen.

C. *Autodyne ontvanger.*

Bij deze ontvangmethode is niet een apparaat noodig, dat van buiten af de tweede trilling toevoert, maar in het toestel zelf (*auto* = zelf) wordt deze tweede trilling opgewekt.

Eigenlijk is dit al zeer eenvoudig. Stel, dat men het ontvangtoestel zelf in oscilleerende toestand brengt in een frequentie van 499 000 c/sec en dat door de antenne een trilling wordt ontvangen van 500 000 c/sec. Daar deze ook in de roosterkring komt, zullen er 1000 zwevingen per sec ontstaan, met het zoopas beschreven gevolg.

Een belangrijk verschil tusschen beide ontvangmethoden is wel, dat de heterodyne-ontvangst sterker is dan de autodyne-, daar men in het eerste geval op beide frequenties afstemt.

De bij de telegrafie gebruikelijke zwevingsontvangst wordt verkregen, doordat men een constante oscillatortrilling, hetzij buiten het toestel opgewekt (heterodyne) hetzij in het toestel zelf opgewekt (autodyne), aan de ontvangen trilling toevoegt, waardoor zwevingen van de verschilfrequentie ontstaan, die een combinatietoon van die frequentie ten gevolge hebben.

§ 109. Transponeeringsontvangst.

A. *Het principe.*

Bij de cascadeontvangers worden de trillingen in de opeenvolgende trappen versterkt, zoodat een overzichtschema van zoo'n ontvanger er uit ziet als fig. 192, waarin de cirkel

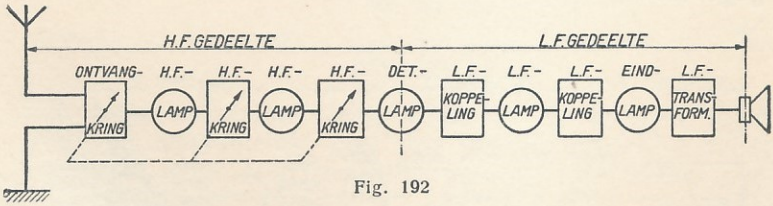

Fig. 192

Overzichtschema van een cascadeontvanger.

de lampen en de rechthoeken de koppelingen voorstellen.

Bij de transponeeringsontvangers bewandelt men een omweg. Aan de ontvangen zendertrilling voegt men een

in het toestel door een oscillator opgewekte trilling, de *oscillator-* of *hulptrilling*, toe. Zoodoende ontstaan weer *zwevingen*. Men kiest nu de oscillatorfrequentie zoo hoog, dat de frequentie der zwevingen niet in het hoorbare (l.f.) gebied vallen, maar in een hooger gebied. Men noemt de door deze zwevingen ontstaande trillingen *middelfrequente* (m.f.) *trillingen;* in werkelijkheid zijn het eigenlijk h.f. trillingen, doch gewoonlijk is de frequentie lager gelegen (het woord „middel" wijst eigenlijk meer op een stap in het toestel tusschen hoogfrequent en laagfrequent). Dit omzetten van de h.f. trilling in m.f. trillingen noemt men *frequentietransformatie*.

Is de ontvangen trilling gemoduleerd, dan wordt deze modulatie op de middelfrequentie trillingen overgedragen of overgezet. Dit heeft er toe geleid om te spreken van *transponeeringsontvangst* (*trans* = over; *poneeren* = zetten of stellen).

Opmerking: Men gebruikt in de muziekleer deze uitdrukking ook, doch deze heeft daar een andere beteekenis, omdat men daarbij de frequentie van alle trillingen (tonen) met eenzelfde waarde vermenigvuldigt, zoodat de frequentieverschillen der tonen veranderen, wat hier niet geschiedt. Alle tonen behouden bij de transponeeringsontvangst dezelfde hoogte, m.a.w. de frequentieverschillen blijven gelijk; ze zijn alleen overgezet van een h.f. trilling op een m.f. trilling.

Nadat deze transponeering heeft plaats gevonden, moeten als bij de cascadeontvangers, uit de gemoduleerde m.f. trillingen de l.f. afgescheiden worden. In fig. 193 hebben we schematisch een overzicht van een dergelijke ontvanger gegeven.

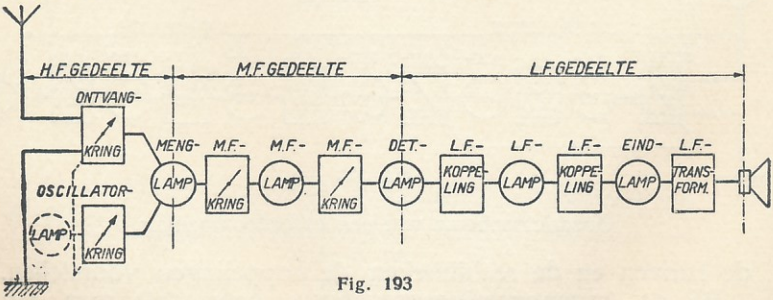

Fig. 193

Overzichtschema van een transponeeringsontvanger of super.

Zooals we bij de zwevingsontvangst heterodyne en autodyne ontvangers onderscheiden, zoo kan men hier spreken van *superheterodyne-* en *superautodyneontvangers.*

Vergelijkt men het hier geschetste proces met dat bij de zwevingsontvangers, dan vallen twee verschillen op a. de verschilfrequentie is veel hooger, b. een modulatie wordt overgebracht, zoodat we te doen hebben met een proces dat ingewikkelder is; hierdoor is wellicht de toevoeging van het woord „super" (= over, meer) aan „heterodyne" en „autodyne" ontstaan. Tegenwoordig wordt weinig gelet op het hetero- of autodyne karakter van een ontvanger, zoodat in het algemeen van superheterodyneontvangers of kortweg van *supers* gesproken wordt.

B. *Super met kristalgelijkrichters.*

Voor een gemakkelijke verklaring der verschijnselen, die bij een super optreden, hebben we in fig. 194 een zeer eenvoudig schema gegeven, waarbij de gelijkrichting met behulp

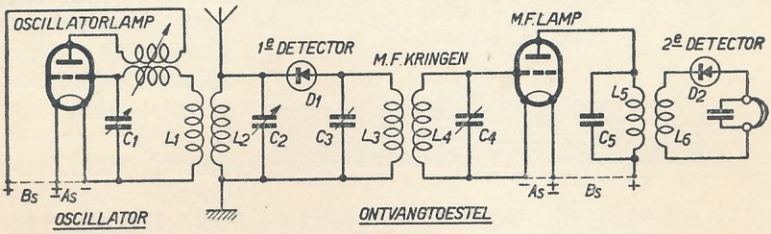

Fig. 194

Schema van een primitieve super met gelijkrichting (detectie) door kristallen.

van kristaldetectoren plaats vindt. In de antenne word door de aankomende golf een gemoduleerde h.f. trilling opgewekt, met een frequentie van b.v. 10 000 000 c/sec (fig. 195a).

Bovendien wordt in de antennespoel L_2 door de spoel L_1 van de oscillator een h.f. trilling van b.v. 10 100 000 c/sec (fig. 195b) geïnduceerd. Daardoor ontstaan in L_2 middelfrequente zwevingen van 100 000 c/sec, waarop nu de l.f. trillingen zijn getransporteerd of overgezet (fig. 195c).

Door de detector D_1 vindt gelijkrichting plaats (fig. 195d), waarna in C_3 en L_3 frequentiescheiding intreedt. In de kring, die op de middelfrequentie *vast* is afgestemd zullen sterke m.f. trillingen ontstaan. De door L_3 gaande m.f. stroomen zullen in de kring L_4 C_4, die op dezelfde frequentie vast is afgestemd, eveneens sterke m.f. trillingen doen ontstaan. Natuurlijk gaan door de detector D_1 ook h.f. gelijkgerichte stroompjes; deze zullen door de hooge impedantie van L_3 bijna geheel door C_3 gaan. Zoodoende ontstaan op het rooster van de m.f. lamp l.f. gemoduleerde m.f. spanningen (fig. 195e). Door de spoel L_5 van de anodekring ontstaan nu overeenkomstige m.f. stroomveranderingen (fig. 195 f; C_5 dient om nog aanwezige m.f. trillingen op te ne-

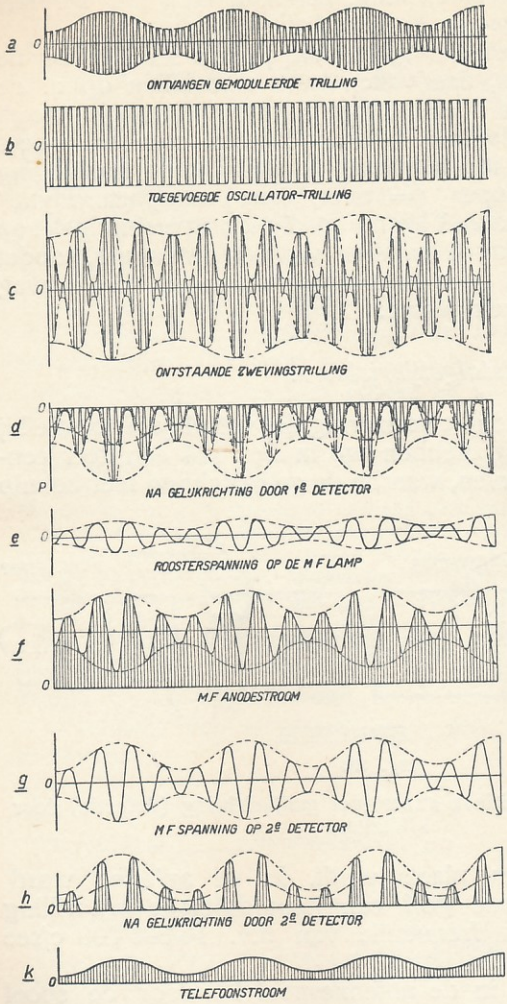

Fig. 195

Hoe bij een super volgens fig. 194 uit de ontvangen gemoduleerde h.f. trilling de l.f. trilling wordt verkregen.

men). Zij induceeren weer overeenkomstige spanningen in de spoel L_6 (fig. 195g). Door de detector D_2 gaan de gelijkgerichte m.f. stroomstootjes (fig. 195h). Terwijl de telefooncondensator deze opneemt, gaat door de telefoon de gewenschte l.f. stroomverandering, die met de modulatie overeen komt (fig. 195k).

Zooals men ziet, vindt dus tweemaal gelijkrichting of detectie plaats. De *eerste detectie* dient om van de m.f. zwevingen m.f. trillingen te verkrijgen en deze van de h.f. trillingen af te zonderen; de *tweede detectie* heeft ten doel om de l.f. modulatie in l.f. trillingen om te zetten en deze van de m.f. te scheiden.

Het is verder van fundamenteele beteekenis, dat men de grootte van de middelfrequentie constant houdt, onverschillig hoe groot de frequentie van de draaggolf is. Stemt men derhalve een toestel op een golf van hoogere frequentie af, dan moet, om dit te bereiken, de oscillatorfrequentie evenveel verhoogd worden, opdat het verschil van ontvangen en oscillatortrilling even groot blijft. De m.f. kringen worden daarom voor eens en altijd vast ingesteld. Deze *vaste afstemming* (zie pijltjes zonder punt in fig. 194) vergemakkelijkt de afstemming van het toestel en geeft nog andere voordeelen (§ 110).

C. *Super met triode-gelijkrichters.*

Aansluitend op het voorgaande schema, willen we er nu een ander primitief schema bespreken, waarbij van trioden gebruik gemaakt is (fig. 196).

De aankomende h.f. trilling wordt door L_1 op L_2 overgedragen. L_4 en C_4 vormen de trillingskring van de oscillator, waarvan L_5 de terugkoppelspoel is. De in L_4 C_4 optredende spanningsvariaties worden eenerzijds via de roostercondensator, anderzijds via P en Q en de gloeistroomweerstand op rooster en gloeidraad gebracht. Telkens, als het rooster positief is, laadt dit zich op en dank zij de groote lekweerstand R_L ontstaat hierdoor een bijna constante lekstroom, waardoor het rooster een negatieve voorspanning krijgt en de oscillatorlamp met een kleine anodestroom werkt, waarmede een klein energieverbruik beoogd is.

De oscillatortrilling wordt door L_4 op L_3 overgebracht. In de roosterkring van de eerste lamp (1e detectorlamp) ontstaan middelfrequente zwevingen (fig. 195c). In de anodekring hiervan ontstaan stroomveranderingen, die hetzelfde verloop vertoonen als die in fig. 195d (om een passende figuur te verkrijgen zou men uit P een horizontale lijn als as moeten trekken). Door de gelijkrichting in

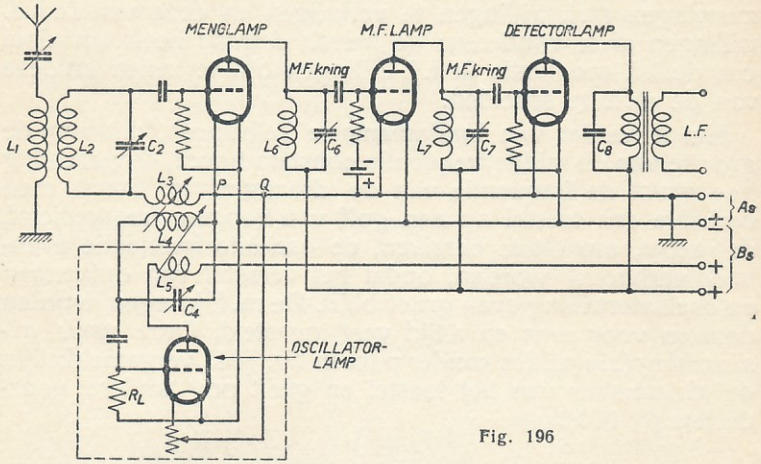

Fig. 196

Schema van een primitieve super met gelijkrichting (detectie) door trioden.

deze lamp zijn de m. f. *zwevingen* omgezet in m. f. *trillingen*, die achter deze lamp gescheiden worden van de h. f. trillingen. Deze lamp is dan ook aanvankelijk de *eerste detectorlamp* genoemd. Later heeft men haar dikwijls de *modulatorlamp* genoemd, of ook wel *menglamp*, welke naam ook toegekend wordt aan de lamp, die de functie van oscillator- en modulatorlamp vervult en daarom ook wel *oscillator-modulatorlamp* heet.

In de anodekring van de 1e detectorlamp bestaat nu een pulseerende gelijkstroom, gevormd door een h. f., een m. f. en een l. f. trilling, welke laatste afkomstig is van de modulatie.

Door nu de kring L_6 C_6 op de m.f. trilling af te stemmen, worden versterkte m.f. spanningen, die l.f. gemoduleerd zijn, aan de uiteinden van de kring verkregen (fig. 195e), welke toegevoerd worden aan rooster en gloeidraad van de volgende lamp (m.f. lamp). Deze lamp is door een tweede afgestemde m.f. kring gekoppeld aan de 2e detectorlamp, welke gelijkrichting bewerkt, waarna de m.f. stroomvariaties door de condensator C_8 worden afgeleid en de l.f. door de l.f. transformator verder gevoerd en versterkt worden.

De transponeeringsontvanger of super, werkt als volgt:

a. bij de ontvangen, gemoduleerde draaggolf wordt een met behulp van een oscillatorlamp opgewekte constante trilling gevoegd, waardoor zwevingen van de verschilfrequentie ontstaan;

b. door gelijkrichting in de eerste detectorlamp (menglamp) ontstaan trillingen van de verschilfrequentie, of middelfrequente trillingen (frequentie-transformatie), waarop de modulatie van de draaggolf is overgezet (getransponeerd);

c. de m.f. trillingen worden in kringen met een vaste afstemming versterkt;

d. de m.f. trillingen worden daarna in een tweede detectorlamp gelijkgericht, waardoor de scheiding van m.f. en l.f. trillingen mogelijk wordt.

§ 110. Enkele principieële voordeelen van supers.

Aangezien het geheele ontvangproces bij de transponeeringsontvangst belangrijk samengestelder is dan bij de cascadeontvangst en trots dit de tweede methode geheel heeft verdrongen, moeten er toch wel bepaalde voordeelen aan de supers verbonden zijn. Deze voordeelen spruiten voort uit het feit, dat men zoo spoedig mogelijk overgaat op een lagere frequentie (m.f.) en dat deze frequentie vast ligt, dus onafhankelijk is van de ontvangen draaggolffrequentie (§ 109B).

A. *Groote selectiviteit.*

Vóór alles moeten we er op wijzen, dat de selectiviteit van een super eigenlijk gevormd wordt door twee deelen, n.l. de selectiviteit van het middelfrequentgedeelte en die van het h.f. ontvanggedeelte, dat de z.g. *vóórselectie* bezorgt, waarom men dan ook spreekt van *vóórselectiviteit.*

De selectiviteit in haar geheel wordt wel zeer sterk beheerscht door die verkregen in het middelfrequentiegedeelte van het toestel, door hier het grootst aantal kringen aan te brengen. Nu is volgens § 88 H de selectiviteit van een kring in een bepaald golflengtegebied voor lange golven altijd beter dan voor korte, zoodat ook gemakkelijker goede kringen voor lange dan voor korte golven te maken zijn; daarom wordt de m.f. gewoonlijk gekozen in het gebied van de lange golven (b.v. 125 kc/sec, overeenkomende met 2400 m). Dit sluit direct in, dat men op deze wijze gemakkelijk een zeer voortreffelijke selectiviteit kan verkrijgen. Dat deze veel beter kan zijn dan van een cascadeontvanger moge uit het volgende blijken.

Ontvangt men met een cascadeontvanger een zender van 1000 kc/sec en is de buurmanzender b.v. 1009 kc/sec, dan is het verschil der frequenties betrekkelijk klein; men geeft dit aan door de *procentueele afwijking*, die men door de verhouding (1009 : 1000 = 1,009) bepaalt en 0,9 % bedraagt. Gesteld nu, dat we een super hebben met een oscillatorfrequentie van 1100 kc/sec, dus met een m.f. van 100 kc/sec. Komt nu de buurmanzender van 1009 kc/sec binnen, dan vormt deze met de oscillatorfrequentie een verschil van 1100 — 1009 = 91 kc/sec. De procentueele afwijking is dan ca 10 % (100 : 91 = ca 1,10). Bij overigens gelijke selectiviteit der kringen bij beide ontvangers is de afwijking bij de super 10 maal zoo groot als bij de cascadeontvanger; men heeft dus een 10 maal grootere selectiviteit.

Nu zijn de voordeelen onder alle omstandigheden niet zoo groot als we hier doen uitkomen; daarop komen we in § 112B terug.

Waar onze beschouwing betrekking heeft op een zender op één kanaal afstand gelegen, is het voor de hand liggend, dat het hier de *dichtbij-selectiviteit* (§ 94B) van het toestel geldt. Dit wil niet zeggen, dat de m.f. kringen geen invloed zouden hebben op de veraf-selectiviteit; hierbij speelt echter de selectiviteit der h.f. kringen een groote rol.

B. *Selectiviteit en versterking onafhankelijk van de golflengte.*

Het feit, dat de m.f. kringen voor eens en altijd op één waarde worden ingesteld, brengt mee, dat de selectiviteit

over alle golflengtegebieden practisch even groot is. Wat de versterking betreft, zorgt men er voor, dat deze voornamelijk in het m.f. gedeelte gelegd wordt en niet in het h.f. gedeelte, omdat een groote h.f. versterking zoo gemakkelijk aanleiding geeft tot capacitieve koppelingen. Men bereikt daardoor bij een super gemakkelijker een groote gevoeligheid dan bij een cascadeontvanger. Doordat verder de versterking hoofdzakelijk in het m.f. gedeelte gelegd is, is deze bij een goede super in hetzelfde golfgebied voor lange en middengolven veel meer gelijk, dan bij de cascadeontvanger, zoodat men een meer constante gevoeligheid bezit (fig. 169).

C. *Groote getrouwheid.*

Om een zoo goed mogelijke geluidskwaliteit te verkrijgen, past men in het m.f. gedeelte steeds bandfilters toe, waardoor men verzekerd is van een meer gelijkmatige versterking over een breede frequentieband. De getrouwheidskrommen zijn in het algemeen dan ook gunstiger dan bij de cascadeontvanger.

D. *Groote geschiktheid voor het kortegolfgebied.*

Ongetwijfeld heeft de super haar verovering op de cascadeontvanger voor een groot deel te danken aan het feit, dat de cascadeontvanger zich niet leent voor kortegolfontvangst. De kleinste capaciteiten werken voor trillingen van zoo hooge frequenties als een kortsluiting, zoodat h.f. versterking zeer moeilijk is, hoewel dat bij de vaak zwakke signalen zeer noodzakelijk zou zijn. Door de transponeering op de m.f. trillingen, ontkomt men aan deze moeilijkheid. Bovendien is de selectiviteit van een cascadeontvanger voor korte golven slecht, wat, zooals uit het voorgaande blijkt, bij een super niet het geval behoeft te zijn.

E. *Grootere toepassingsmogelijkheid van moderne hulpmiddelen.*

Reeds bij de cascadeontvanger vond de a.s.r. ingang, doch met de invoering van de super konden, dank zij de vaste afstemming van het m.f. gedeelte, allerlei nieuwigheden ingang vinden. We denken hier aan optische, auto-

matische stille afstemming, voelbare afstemming en regelbare bandbreedte, welke later nog besproken worden.

De super heeft, dank zij de betrekkelijk lage middelfrequentie en de kringen met vaste afstemming, de volgende voordeelen boven de cascadeontvanger:

a. grootere selectiviteit en meer gelijke selectiviteit voor alle golfgebieden;

b. meer gelijke versterking voor alle golfgebieden;

c. meer gelijke versterking voor alle tonen (grootere getrouwheid).

d. grootere geschiktheid voor kortegolfontvangst;

e. betere toepassingsmogelijkheid voor moderne afstemmiddelen.

§ 111. Te overwinnen moeilijkheden bij supers.

Tegenover de genoemde voordeelen hebben lange tijd zeer vele bezwaren en moeilijkheden gestaan, die pas in de laatste jaren overwonnen zijn.

A. *Straling.*

Een van de in de aanvang zeer op de voorgrond tredende moeilijkheden was, dat de supers sterk straalden. Immers, als we fig. 196 beschouwen, dan zien we, dat de oscillatortrilling buitengewoon gemakkelijk op de antenne komt, die nu golven van deze frequentie uitstraalt, zooals destijds met de gewone ontvangers met teruggekoppelde detector het geval was. Het streven moest dus zijn om het toestel zoodanig te construeeren, dat de oscillatorfrequenties niet op de antenne konden worden overgedragen.

B. *Meetrekeffect.*

Een tweede eigenschap, die aanvankelijk de ontwikkeling van de supers sterk heeft tegen gehouden, is het z.g. meetrek-effect. Wanneer n.l. in twee afgestemde kringen, waarvan één (of allebeide) oscillatorkringen zijn, trillingen van verschillende frequentie voorkomen, dan zullen deze kringen elkaar meer of minder sterk beïnvloeden, afhankelijk van de sterkte van de koppeling en van het procentueele verschil der resonantiefrequenties.

Hoe vaster de koppeling en hoe dichter de frequenties (procentueel genomen) bij elkaar liggen, hoe meer de frequenties der trillingen elkaar beïnvloeden. Daaruit volgt direct,

dat, hoe korter de golven zijn bij een gegeven frequentieverschil (m.f.), hoe ernstiger dit verschijnsel wordt. De onderlinge beïnvloeding is zoodanig, dat de frequenties van de trillingen dichter bij elkaar komen dan de resonantie- of afstemfrequenties der kringen. Daaruit is te besluiten, dat de m. f. is veranderd en dus de afstemming van deze niet meer goed is, zoodat men in gevoeligheid is teruggegaan. Nu zou men door het aanbrengen van trimmers wel weer wat goed kunnen maken, doch het zou een zeer omslachtige bezigheid zijn een eenigszins behoorlijk toestel te verkrijgen. Het meetrekeffect was een van de belangrijke bezwaren, die vele jaren de massafabricage der supers heeft tegengehouden.

C. *Ontvangst op en fluittonen door de spiegelfrequentie.*

Bij het gebruik van de super deed zich van begin af aan een zeer merkwaardig verschijnsel voor, n.l. dat een station, dat zeer ver en op een bepaalde plaats buiten de afstemming lag, onder daartoe gunstige omstandigheden duidelijk verstaanbaar kon worden. Om dit verschijnsel te leeren kennen, willen we eens aannemen, dat we een super bezitten met een m.f. van 100 kc/sec en dat we op een zender van 540 m (550 kc/sec) zijn afgestemd. Gesteld verder, dat de oscillatorfrequentie hooger ligt en dus 550 + 100 = 650 kc/sec bedraagt. Als we ons nu met dit toestel in de nabijheid van een sterke zender B met een draaggolf van 400 m (750 kc/sec), zouden bevinden, dan zal deze zender, hoewel het toestel daarop niet afgestemd is en zelfs ver buiten de afstemming ligt, toch nog wel kans zien om zwakke h.f. spanningsvariaties in het toestel op te wekken.

Nu zijn de omstandigheden juist zoo, dat de hulptrilling precies 100 kc/sec verschilt met de frequentie van zender B, zoodat ook nu een middelfrequente trilling ontstaat van 100 kc/sec (750—650), die op de bekende wijze versterkt wordt in het toestel.

Was de zender A er niet en was de ongewenschte zender B gemoduleerd, dan zouden we diens modulatie hooren.

Zooals we zagen kon deze toestand ontstaan, doordat de draaggolffrequentie van zender B juist evenveel (100 kc/sec) boven de oscillatorfrequentie (650 kc/sec) lag als zender A

daaronder lag. Dit verschijnsel doet ons denken aan een spiegel, want een voor de spiegel geplaatst voorwerp, geeft een beeld, dat er even ver achter ligt. Daarom noemt men in dit voorbeeld 750 kc/sec ook de *spiegelfrequentie* van 550 kc/sec als de oscillatorfrequentie 650 kc/sec is (fig. 197). *De spiegelfrequentie ligt dus 2 × de middelfrequentie van de afstemfrequentie* Wij veronderstelden hierboven, dat we afgestemd waren op een niet-werkende zender A en zoodoende de zender B op de spiegelfrequentie hoorden.

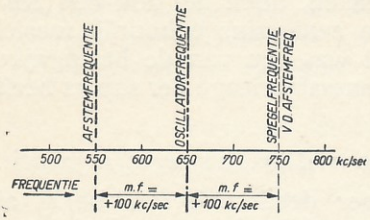

Fig. 197

Hoe de spiegelfrequentie ligt t.o.v. de afstemfrequentie.

Wat zou er nu gebeuren, als de zender A eerst alleen een draaggolf en later een gemoduleerde draaggolf uitzond. Theoretisch gesproken zou dit meebrengen, dat in het eerste geval de m.f. trilling versterkt of verzwakt zou worden (afgezien van de a.s.r.) en dat in het tweede geval de beide zenders door elkaar hoorbaar zouden worden. Practisch zal dit wel bijna nooit gebeuren, omdat een klein frequentieverschil van b.v. 1000 c/sec t.o.v. de m.f. aanleiding zou geven tot het ontstaan van een zeer hinderlijke fluittoon van de frequentie 1000. Was b.v. in bovenstaand voorbeeld de afstemfrequentie 550 kc/sec, de oscillatorfrequentie 650 kc/sec en de frequentie van de zender B 751, dan ontstonden de m.f. zwevingen van 100 en 101 kc/sec en hieruit zou een l.f. trilling van 1 kc/sec (1000 c/sec) ontstaan. Daarom zegt men gewoonlijk, dat de spiegelfrequentie een fluittoon geeft; dit veronderstelt dus altijd een betrekkelijk kleine afwijking van de theoretische spiegelfrequentie. Deze hinderlijke fluittoon is alleen te bestrijden door te zorgen voor een voldoende vóórselectiviteit. De bestrijding van de invloed van de spiegelfrequentie is van zeer groote beteekenis bij de toestelconstructie. Daarom moet voor elke super nagegaan worden, hoe deze zich gedraagt t.o.v. de spiegelfrequentie en waartoe men het begrip *spiegelverhouding* (Eng.: *second channel ratio* = verhouding tot het tweede kanaal) gebruikt.

Om deze te bepalen, meet men de ingangsspanning, die

bij de spiegelfrequentie noodig is om, in afstemming op de gewenschte draaggolf, het normale uitgangsvermogen (50 mW) te geven en bepaalt tevens de normale ingangsspanning. Was de eerste b.v. 300 mV en de tweede 20 μV, dan is de spiegelverhouding 300 000 : 20 = 15 000 (fig. 199). Bij de tegenwoordige goede supers mag men een spiegelverhouding van 50 000 tot 100 000 verwachten.

Een groote spiegelverhouding is vanzelf sprekend gunstig en wijst op een groote veraf-selectiviteit. Immers bij een m. f. van 115 kc, ligt de spiegelfrequentie op (2 × 115 : 9) = 26 kanalen afstand van de gewenschte draaggolf. Om de hinder van de spiegelfrequentie te ontgaan is vanzelf sprekend een groote veraf-selectiviteit, dus een goede vóór-selectie, noodig.

De spiegelfrequentie van een zender- of afstemfrequentie is de frequentie, die even ver ter eene zijde van de oscillatorfrequentie ligt, als de zenderfrequentie ter andere zijde.

De spiegelverhouding geeft aan hoeveel maal zoo groot de ingangsspanning bij de spiegelfrequentie moet zijn, als de normale ingangsspanning bij de afstemfrequentie, om het normale uitgangsvermogen te verkrijgen.

D. *Fluittonen door een zenderfrequentie gelijk aan de m.f.*

Bij de eerste supers kon men soms tot de ontdekking komen, dat men een zender, waarvan de draaggolffrequentie toevallig gelijk was aan de m.f. van de ontvanger, kon ontvangen zonder daarop afgestemd te zijn. De oorzaak lag dan in het feit, dat de draaggolftrilling door de h. f. lamp en (of) de menglamp kon doordringen tot in de m. f. kringen, wat dus wees op onvoldoende vóór-selectiviteit.

Was de ontvanger op een werkende zender afgestemd, dan zou men in het algemeen een fluittoon hooren, omdat practisch nooit een volkomen gelijkheid der frequenties bestaat; daarmede zou de pas bedoelde ontvangst volkomen overstemd worden. De tegenwoordige toestelconstructeur tracht zooveel mogelijk de m. f. zoo te kiezen, dat deze buiten het omroepgebied valt, zoodat deze storing niet kan optreden. Komt men in het gebied van telegrafiezenders, dan is het mogelijk, dat men door een dergelijke zender gestoord wordt. Om dit tegen te gaan, brengt men in de antennekring een sperkring aan, die op de m.f. is afgestemd. Heeft de storende zender een frequentie, die een veelvoud is van de m. f. van de ontvanger, dan zal deze, doordringend

in het m.f. gedeelte en interfereerend met een hoogere harmonische van de m.f., in de regel weer aanleiding geven tot een fluittoon.

E. *Fluittonen door harmonischen.*

Indien de ontvangen trillingen, de oscillatortrillingen en de m.f. trillingen altijd enkelvoudige trillingen waren, zooals we hiervoor veronderstelden, dan zouden er verder weinig moeilijkheden optreden. De practijk is echter geheel anders, want bij alle drie treden een meer of minder groot aantal harmonischen op, die heel gemakkelijk fuittonen doen ontstaan, om welke reden de vroegere supers berucht waren.

Gesteld, dat een zender een volkomen enkelvoudige trilling uitzendt. Wanneer deze dan straks uit de h.f. lamp komt, is dit in het algemeen niet meer het geval; er ontstaan zoo heel gemakkelijk hoogere harmonischen (§ 68) Dat de oscillatortrilling heel moeilijk een enkelvoudige trilling kan zijn, ziet men direct in, als men nagaat, hoe deze ontstaat. Denkt men het oogenblik, dat de oscillator lamp begint te werken. De terugkoppelspoel tracht de roosterspanning op te drijven en deze drijft de anodewisselspanningen op, zoodat de terugkoppelspoel weer sterker opdrijft. Zoo zou de anodestroom al maar sterker worden, evenals de roosterspanningen. Aangezien de Ia-Vg karakteristiek niet volkomen recht is en men steeds een meer of minder groote bocht doorloopt, moeten de toppen der trillingen gedrukt worden en moet vervorming optreden, d.w.z. er komen hoogere harmonischen bij (§ 66).

Bij de vroegere supers kwamen hoogere harmonischen in de ontvang- en oscillatorkring regelmatig in sterke mate voor. In het bijzonder was dit het geval toen, vóór de komst van de h.f. penthode (§ 64), van één lamp gebruik gemaakt werd, die gelijktijdig oscillator- en modulatorlamp was.

Neemt men aan, dat men enkelvoudige m.f. zwevingen had, dan zullen in de tweede detector bij de gelijkrichting hoogere harmonischen optreden. Weliswaar werkt de thans gebruikelijke diode in dezen zeer gunstig, doch zoolang deze er niet was, was het een factor van groote beteekenis. Nu zouden deze harmonischen, als ze achter deze lamp bleven, geen kwaad doen, doch via de lampcapaciteit en andere parasitaire capaciteiten vindt voor de zeer hooge

frequenties gemakkelijk terugkoppeling plaats en men krijgt ze dus in alle m.f. kringen. Goede afscherming heeft in deze zeer gunstig gewerkt.

Hoe nu fluittonen kunnen ontstaan, moge uit het volgende blijken.

Nemen we aan, dat de ontvangen draaggolffrequentie 620 kc/sec, de m.f. 125 kc/sec en de oscillator 745 kc/sec is. Veronderstellen we nu, dat van al deze trillingen 3 hoogere harmonischen optreden, zooals in onderstaande tabel is aangegeven. Interfereert 1860 kc/sec met 1490 kc/sec, dan ontstaat 370 kc/sec, welke opnieuw interfereerend met 375 kc/sec, een l.f. trilling geeft van 5 kc/sec en versterkt als een fluittoon te voorschijn komt. Evenzoo vinden we dat 2480 kc/sec met 2235 kc/sec 245 kc/sec geeft en deze geeft met 250 kc/sec ook weer een combinatietoon van 5 kc/sec.

Freq. in kc/sec	Zender-freq.	Oscill-freq.	Middel-freq.
	620	745	125
2e harm.	1240	1490	250
3e harm.	1860	2235	375
4e harm.	2480	2980	500

Met de hier geschetste mogelijkheden is door het veel grooter aantal harmonischen nog lang niet uitgeput.

Een zeer belangrijke mogelijkheid is nog die, dat een zender een frequentie heeft, die de helft van de m.f. is (strikt genomen iets daarvan afwijkt). Dan zal de 2e harmonische van de zenderfrequentie de m.f. zijn en deze kan een hinderlijke fluittoon veroorzaken. De nog hoogere harmonischen zullen bovendien het verschijnsel nog verergeren.

F. *Ontvangst van een bepaalde zender op verschillende afstemmingen.*

Bij een cascade-ontvanger kent men de toestand, dat men soms op een afstemfrequentie, die een hoogere harmonische van de frequentie van een bepaalde zender was, deze te hooren kreeg. De harmonischen van de zender waren dan

zoo sterk, dat een afstemming daarop eenige ontvangst mogelijk maakte.

Bij de vroegere supers kon men soms ook bij verschillende afstemmingen een bepaalde zender ontvangen, hetgeen evenwel niet op deze wijze en evenmin door spiegelfrequenties was te verklaren. Zoo kennen we een geval, dat op een toestel met een m.f. van 115 kc/sec de Hilversumsche zender (301,5 m) op ca 900 m, 1150 m 1620 m hoorbaar was. Hier had men te doen met interferentie van hoogere harmonischen van de oscillatorfrequentie en de ongewenschte zenderfrequentie of een hoogere harmonische daarvan. Dit kan men nagaan aan de hand van het volgende staatje.

Hilversum		Andere afstemming.			
Golflengte in m.	301,5	900	1150	1620	
frequentie in kc/sec.	995	325	260	185,7	
		+115	+115	+115	m. freq.
		440	375	300,7	osc. fr.
		880	750	601,4	2e harm.
		1320	1125	902,1	3e harm.
2e harm. van Hilversum	1990	1760	1500	1202,8	4e harm.
		2200	1875	1503,5	5e harm.
				1804,2	6e harm.
				2105	7e harm.

Bij de frequenties van de afstemming telt men de m.f. op, zoodat men de oscillatorfrequentie krijgt. Hiervan bepaalt men de hoogere harmonischen en gaat na bij welke waarde deze een verschil van 115 kc/sec maken met 995 kc/sec of met de 2e of 3e harmonische van deze. Zoo zien we, dat we op 900 m Hilversum hoorden door de 2e harm. van de oscillatorfrequentie (880 kc/sec) en op 1150 m door de 2e harmonische van Hilversum (1990 kc/sec) en de 5e har-

monische van de oscillatorfrequentie (1875 kc/sec) en op 1625 m door de 2e harm. van Hilversum 7e harmonische van de oscillatorfrequentie (2105 kc/sec).

In het eerste geval bevond de storende zender Hilversum zich op (995—325) : 9 of op ruim 76 kanalen en in het tweede geval op ca 80 kanalen van de afstemfrequentie, zoodat hier sprake was van een veel te kleine vóór-selectiviteit.

Bij de super heeft men in de loop der jaren verschillende moeilijkheden moeten overwinnen:

a. straling van de oscillatortrilling als gevolg van de onderlinge koppeling der kringen;

b. meetrekken van de oscillatortrilling door de h. f. kring, eveneens als gevolg van de onderlinge koppeling;

c. ontvangst op en fluittonen door spiegelfrequenties, als gevolg van te geringe vóór-selectiviteit;

d. fluittonen ontstaan door interferentie van harmonischen van zender-, oscillator- en middelfrequentie, als gevolg van niet-lineaire processen in de ontvanger;

e. ontvangst van sterke zenders bij verschillende afstemmingen met behulp van hoogere harmonischen van de zender en oscillatorfrequentie, eveneens als gevolg van niet-lineaire processen in de ontvanger.

§ 112. De keuze van de middel- en oscillatorfrequentie.

Twee belangrijke vragen:

Er zijn twee belangrijke vragen, die men zich heeft te stellen:

a. moet men een hooge of een lage m.f. kiezen?

b. moet men de oscillatorfrequentie hooger of lager dan de ontvangfrequentie nemen?

Om hierop een antwoord te kunnen geven, is het noodig verschillende verschijnselen onder de oogen te zien.

A. *Gemakkelijk te verkrijgen selectieve kringen.*

Zooals uit § 88H is gebleken, krijgt men bij lange golven in het algemeen gemakkelijker een groote selectiviteit dan bij middengolven; dit pleit dus direct voor een *lage* m.f.

B. *Dichtbij-selectiviteit.*

In § 110A wezen we er op, dat de dichtbij-selectiviteit van een super daardoor zooveel grooter is dan bij een cascadeontvanger, doordat de procentueele afwijking bij de afstemming zooveel grooter is. Wij vonden bij een m.f. van 100 kc/sec, een ontvangfrequentie van 1000 kc/sec en een oscillatorfrequentie van 1100 kc/sec, een afwijking van ca 10 %. (A in fig. 198). Nemen we het geval, dat de m.f. 400 kc/sec is, zoodat de oscillatorfrequentie 1400 kc/sec is. Dan is het verschil met 1009 kc/sec 391 kc/sec en is de afwijking 400 : 391 = 1,023 of 2,3 % (punt B). Bij nog

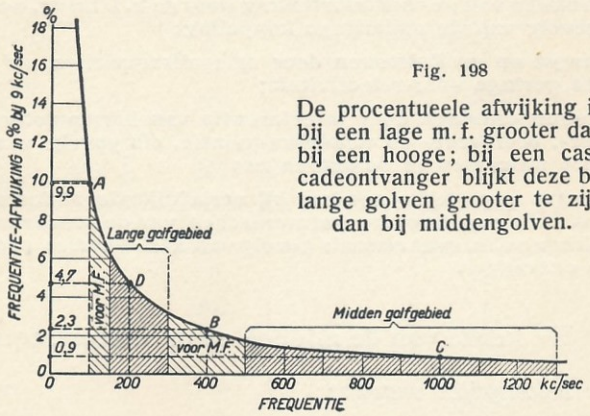

Fig. 198

De procentueele afwijking is bij een lage m.f. grooter dan bij een hooge; bij een cascadeontvanger blijkt deze bij lange golven grooter te zijn dan bij middengolven.

grootere m.f. zou de afwijking nog kleiner zijn, zooals de kromme laat zien; men ziet, dat hier de *lage* m.f. in het voordeel is en grootere dichtbij-selectiviteit geeft.

De hier gegeven kromme kan tevens benut worden om de procentueele afwijking bij verschillende golflengten voor een cascadeontvanger aan te geven, als men de verstemmingsfrequentie 9 kc/sec lager dan de afstemfreq. kiest. Zoo vindt men bij een afstemfrequentie van 1000 kc/sec (300 m) een procentueele afwijking van 0,9 % (1000 : 991 = 1,009; zie punt C). Bij een zenderfrequentie van 200 kc/sec (1500 m) zou de afwijking ca 4,7 % zijn (punt D). Men ziet, dat voor de cascadeontvanger de procentueele afwijking bij lange golven gunstiger is dan bij korte.

C. *Frequentieverhouding in h.f.- en oscillatorkring.*

Wanneer men een h.f. kring beschouwt, dan zal men hiermede in het middengolfgebied een frequentieverandering moeten kunnen krijgen van 1500 kc/sec tot 500 kc/sec, zoodat de uiterste frequenties zich verhouden als 3 : 1.

Nu moet men bedenken, dat de oscillatorcondensator bij de supers op dezelfde as gemonteerd wordt als de h.f. afstemcondensatoren en het zou nu wel heel gemakkelijk zijn, indien bij het draaien bij de oscillatorkring dezelfde verhouding bestond. Dit kan echter nooit het geval zijn, daar bij de beide waarden 1500 en 500 een bepaalde waarde (de m.f.) moet worden opgeteld of afgetrokken. Nemen we aan, dat de oscillatorfrequentie hooger is dan de ontvangfrequentie en dat de m.f. 100 kc/sec is, dan moet men bij genoemde golflengte de frequenties 1600 en 600 kc/sec nemen en bestaat de verhouding 2,67 : 1, wat dus een afwijking t.o.v. 3 : 1 beteekent (zie tabel).

golfl. in m	freq. in kc/sec	verhouding	osc. fr. (m.f. = + 100)	verhouding	osc. fr. (m.f. = + 400)	verhouding	osc. fr. (m.f. = — 100)	verhouding
200 m 600 m	1500 500	3 : 1	1600 600	2,67 : 1	1900 900	2,11 : 1	1400 400	3,5 : 1
1000 m 2000 m	300 150	2 : 1	400 250	1,6 : 1	700 550	1,28 : 1	200 50	4 : 1

Zou men een m.f. van 400 kc/sec aannemen, dan zou men de oscillatorfrequenties 1900 en 900 vinden en de verhouding 2,11 : 1. Bij de hooge m.f. treedt dus een grootere afwijking t.o.v. de verhouding 1 : 3 op dan bij de lage. Nu is dit op zich zelf niet erg. Geheel anders is het, als de verhouding grooter dan 1 : 3 wordt en dit geschiedt, als de oscillatorfrequentie kleiner is dan de ontvangfrequentie. Wanneer men de oscillatorfrequentie 100 kc/sec lager kiest (zie laatste kolommen), krijgt men de verhouding n.l. 3,5 : 1 en 4 : 1. Aangezien de gebruikelijke condensatoren in de regel een variatie van ten hoogste 1 : 3 toelaten, zijn deze verhoudingen te groot en kunnen dus verder buiten beschouwing blijven. Het bovenstaande

pleit dus voor een oscillatorfrequentie, *grooter* dan de afstemfrequentie.

D. *Spiegelfrequenties.*

Beschouwt men de selectiviteitskromme van een toestel (fig. 199) en past men op de frequentie-as naar de eene zijde 2 × een m.f. van 100 kc/sec af om de spiegelfrequentie A van de zender te vinden, waarop men afgestemd is en doet men daarna nog eens hetzelfde voor een m.f., die b.v. 400 kc/sec is, zoodat men de spiegelfrequentie B vindt, dan ziet men, dat, als de op A en B voorkomende zenders even sterk zijn, de opgewekte spanningen zich zullen verhouden als

$$\frac{1}{15000} : \frac{1}{100\,000} = 66 : 1.$$

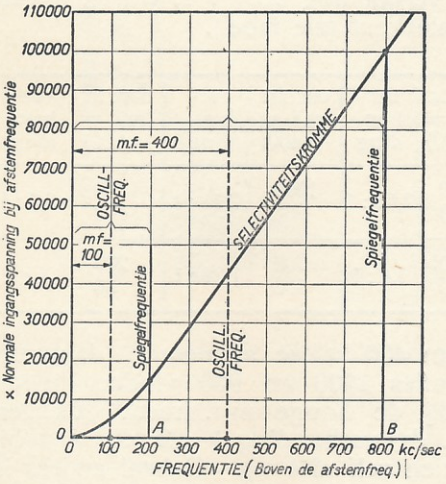

Fig. 199

Bij een hooge m.f. is de versterking van de spiegelfrequentie veel geringer dan bij een lage m.f.

Dit pleit wel heel sterk voor een *hooge* m.f. Om een zelfde selectiviteit t.o.v. de spiegelfrequentie te verkrijgen, zou men het aantal voorkringen bij de lage m.f. wel heel sterk moeten uitbreiden. Ook is de kans, dat men een spiegelfrequentie heeft in het omroepgebied bij hooge m.f. kleiner dan bij lage m.f., zooals uit figuur 200 blijkt, waar we een m.f. van + 100 en + 400 aannamen. Deze factor is intusschen van minder belang dan de voorgaande.

E. *Hoogere harmonischen.*

We hebben in de vorige §§ gezien, dat de hoogere harmonischen van de afstem-, oscillator- en middelfrequente-

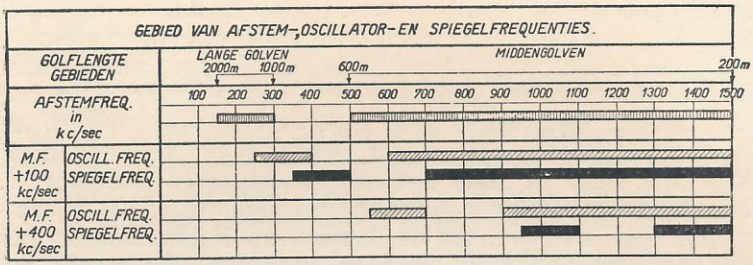

Fig. 200

Bij een hooge m.f. is de kans op spiegelfrequentiestoring in het omroepgebied kleiner dan bij een lage m.f.

trilling aanleiding kunnen geven tot allerlei storingen. Het ligt nu wel voor de hand, dat het wel aangenaam is, dat voor verschillende verschijnselen van de oscillator- en middelfrequentie liefst zoo weinig mogelijk hoogere harmonischen in het ontvanggebied liggen. Om daaromtrent eenig inzicht te krijgen, geven we fig. 201 voor het geval de m.f. + 100 kc/sec en + 400 kc/sec is. Gaat men uit van de twee golflengtegebieden, dan kunnen voor de daarin voorkomende afstemfrequenties hoogere harmonischen optreden, die door de lijn in rij 2 zijn aangegeven. Hoe kleiner het aantal har-

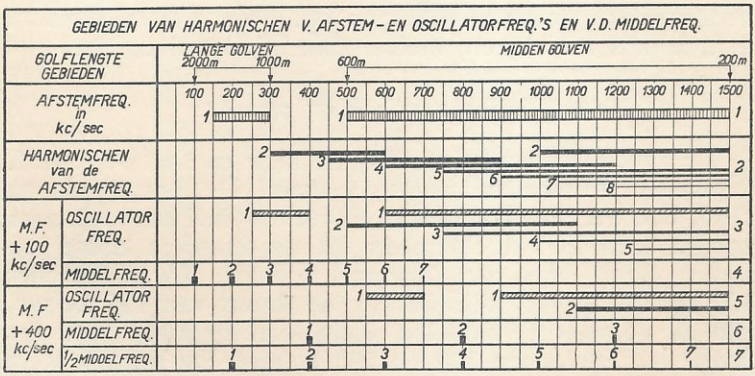

Fig. 201

Hoe de hoogere harmonischen van afstem-, oscillator- en middelfrequentie t.o.v. elkaar en t.o.v. de golflengtegebieden liggen.

monischen van oscillator- en m.f. trilling is, dat in dat gebied valt, des te aangenamer is dit. Let men nu op de rijen 3, 4, 5, en 6, dan volgt daaruit, dat een hooge m.f. beslist in het voordeel is. Wat rij 4 en 6 betreft merken we op, dat, als er een zender van m.f. in het toestel dringt, de kans op interferentie heel wat kleiner is bij hooge, dan bij lage m.f. Maar er staat een nadeel tegenover: wanneer n.l. een zender met halve m.f. wordt ontvangen (b.v. 200 kc/sec - rij 7), dan zien we, dat de kansen op interferentie in het middengolfgebied sterk worden vergroot. Weliswaar zal voor een m.f. van 100 kc/sec dit gevaar voor het langegolfgebied optreden, doch in het algemeen is het middengolfgebied verreweg het belangrijkst. Alles bij elkaar genomen pleit het bovenstaande toch het meest voor een *hooge* m.f.

F. *Afwijkingen van de oscillatorfrequentie van de gewenschte waarde.*

We wezen in C. op een moeilijkheid, die de oscillatorkring meebrengt. Er is nog een andere. Men moet, zooals we in § 113 zullen uiteenzetten, een paar kunstgrepen toepassen om te verkrijgen, dat de oscillatorfrequentie in elke afstemming van de h.f. condensatoren, ongeveer evenveel van de ontvangfrequentie verschilt, m.a.w. dat de m.f. over het geheele afstemgebied vrijwel constant blijft. Er treden echter steeds afwijkingen op. Deze zijn bij een *lage* m.f., zooals zal blijken, kleiner dan bij een hooge m.f.

G. *Welke middelfrequentie kiest men?*

We zagen hierboven, dat bij de lage en de hooge m.f., tegenover voordeelen, nadeelen staan. De practijk is nu deze, dat, als men voldoende vóórselectiviteit kan toepassen, zoodat men in het algemeen tot de duurdere klasse toestellen komt, men de *lage* m.f. toepast, d.w.z. tusschen 100 en 150 kc/sec, dikwijls in de buurt van 125 kc/sec; zijn de vóórselectiemiddelen klein, dan gebruikt men een *hooge* m.f. (tusschen 300 en 500 kc/sec). De practijk leert, dat men bij een lage m.f. tenminste twee goede h.f. kringen moet aanbrengen om een behoorlijke veraf-selectiviteit te verkrijgen.

Een lage m.f. geeft t.o.v. een hooge m.f. het voordeel van:

a. gemakkelijk verkrijgen van een groote selectiviteit der m.f. kringen;

b. grootere dichtbijselectiviteit bij gelijke kringkwaliteit en gelijk aantal kringen;

c. geringe afwijking van de m.f. over het afstemgebied.

Een hooge m.f. geeft daarentegen t.o.v. de lage m.f. het voordeel:

a. minder last van fluittonen;

b. er is kleinere vóórselectiviteit noodig.

§ 113. De strijd tegen de inconstantheid van de middelfrequentie.

Bij de constructie van een super treedt direct de groote moeilijkheid op, dat gezorgd moet worden, dat de oscillatorfrequentie bij alle draaggolven, die we willen ontvangen, precies evenveel grooter moet zijn dan de afstemfrequentie. Het was bij de cascadeontvanger al niet zoo heel gemakkelijk, om met 3 of 4 condensatoren op één as geplaatst, de toestand van volkomen „gelijk loopen" te verkrijgen, doch de techniek slaagde er toch in een toestand te bereiken, dat in de kringen van zoo'n toestel nog slechts zeer kleine afwijkingen optraden. Bij de super moet op dezelfde as ook nog de condensator van de oscillatorkring meedraaien en dan onder de voorwaarde hierboven gesteld.

Beginnen we nu eens met te veronderstellen, dat we een ontvangkring hebben met een draaibare condensator van 500 $\mu\mu$F en een spoel van 184 μH. Gesteld verder, dat de minimum capaciteit van de condensator (bij de kleinste golflengte) 20 $\mu\mu$F is, terwijl de capaciteit, die in de spoel, draden en in de trimmer aanwezig is en parallel aan de draaicondensator staat, 50 $\mu\mu$F is. Bij geheel ingedraaide condensator heeft men dan een kring met een frequentie van 500 kc/sec (600 m); de berekening hiervan geschiedt, met behulp van (I-§ 38): $\nu = \frac{1}{2.\pi.\sqrt{L.C}}$ waarbij C in farad en L in henry is uitgedrukt; doet men dit in $\mu\mu$F en μH, dan kan men schrijven:

$$\nu = \frac{10^9}{2.\pi.\sqrt{L.C}} = \frac{10^9}{2.\pi.\sqrt{184.(500+50)}} =$$

$$500\,000 \text{ c/sec} = 500 \text{ kc/sec.}$$

Op overeenkomstige wijze vindt men bij uitgedraaide condensatorstand (C = (20 + 50) $\mu\mu$F en L = 184 μH een frequentie van 1400 kc/sec (214 m).

In onderstaande tabel zijn in de eerste kolom de condensatorcapaciteiten bij verschillende afstemstanden en in de tweede en derde kolom de daarmede overeenkomende golflengten en frequenties van de kring aangegeven. (Daar eerst de frequentie en daarna de golflengte berekend is, zou de kolom 3 op kolom 1 moeten volgen; wij hebben dit met het oog op de daarop volgende frequentiekolommen niet gedaan).

1	2	3	4	5	6
capaciteit v.d. cond.	golf-lengte	frequentie v.d. ontvang kring.	ge-wenschte oscill. fr. (m.f. = 125)	oscill. freq. bij 117 μH.	oscill. freq. bij 143,25 μH.
20	214	1400	1525	1750	1585
50	256	1172	1297	1465	1332
100	313	957	1082	1200	1082
210	404	742	867	930	937
300	478	625	750	785	705
500	600	500	625	625	562

Bij die standen moet, als men een m.f. trilling van 125 kc/sec wil hebben, er een oscillatorfrequentie optreden, die in de 4e kolom staat.

Nu is in de oscillatorkring een volkomen gelijke condensator genomen, die gelijk meedraait. Maar de frequentie moet hooger zijn. Welnu dan moet men een kleinere spoel kiezen. Stel nu eens, dat men de spoel zoodanig koos, dat men bij geheel ingedraaide condensator de juiste frequentie (625 kc/sec) had; hij moest dan volgens berekening 117 μH zijn. Rekent men verder uit hoe groot de eigenfrequentie van de kring bij de andere condensatorstanden zou zijn, dan vindt men de waarden in kolom 5. Men ziet nu, dat, terwijl bij de 600 m golf de m.f. precies 125 kc/sec is, deze bij de 214 m golf 350 kc/sec (1750 - 1400) bedraagt. In fig. 202 geeft de lijn A de afwijking volgens kolom 5 aan.

Nu zou men van een ander punt b.v. de 313 m golf (oscill. freq. 1082 kc/sec) uit kunnen gaan en de spoelgrootte berekenen, om daarna weer de oscill. freq. te bepalen. Men zou dan bij de kleinere golflengten nog een te groote en voor de grootere golflengten een te kleine m.f. vinden.

De lijn B geldt voor het geval een punt midden in het golfgebied (bij 957 kc/sec) als uitgangspunt is aangenomen. Om deze toestand te krijgen, moest de spoel 143,25 μH gekozen worden. Zooals uit fig. 202 en uit kolom 6 van de tabel blijkt, zijn de afwijkingen nog veel te groot; bij 600 m zou de m.f. ca 60 kc/sec en bij 214 m ca 185 kc/sec bedragen. Met het aanbrengen van een condensator kan men nu nog zeer veel goed maken. Schakelen we *in serie* met de afstemcondensator een condensator, dan wordt daardoor de capaciteit verkleind en neemt de eigen-frequentie van de kring toe en daardoor kunnen we de veel te kleine m.f. goed maken (links in fig. 202). Deze condensator helpt het meest, als de afstemcondensator geheel is ingedraaid. Men kiest nu C_s zoo groot, dat bij de 600 m golf de m.f. precies 125 kc/sec is. Deze zal 2100 $\mu\mu$F moeten zijn. Rekent men de resultaten uit, die men voor de andere golflengten zal verkrijgen, dan zal men

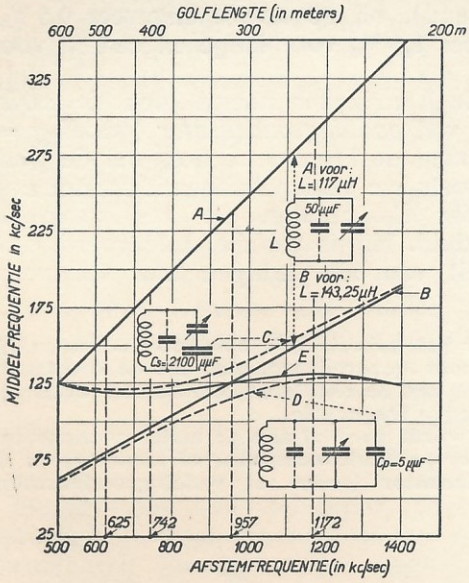

Fig. 202

Door een parallelcondensator C_p en een seriecondensator C_s van passende grootte aan te brengen, kan men de afwijkingen in de m.f. sterk reduceeren, zooals de „paddingskromme" E aangeeft.

ongeveer de lijn C verkrijgen. Indien men nu alleen een condensator C_p *parallel* aan de afstemcondensator schakelt, dan wordt daardoor de capaciteit vergroot, zoodat de eigenfrequentie verlaagd wordt, wat van belang is voor het rechterdeel in fig. 202.

Men kiest C_p zoo groot, dat bij 214 m de oscillatorfrequentie 1400 + 125 = 1525 is en moet daartoe C_p ongeveer 5 cm nemen. Voor de andere frequenties zou men nu afwijkingen verkrijgen, welke ongeveer worden aangegeven door lijn D.

Door nu C_s en C_p beide aan te brengen verkrijgt men afwijkingen, welke aangegeven zijn door de lijn E, waaruit dus volgt, dat men voor drie punten van het golfgebied de geheel juiste oscillatorfrequentie bezit. Bij een m.f. van 125 kc/sec bedraagt de grootste afwijking ca 1 % (in fig. 202 veel te groot geteekend), bij 50 kc/sec ongeveer 0,5 %, bij 400 kc/sec ongeveer 1,5 % voor lange en ca 6 % voor middengolven.

In navolging van de Amerikanen noemt men de *serie*-condensator C_s ook wel *paddingcondensator* (*padding* = opvulling) en noemt men de kromme E ook wel de *paddingkromme*, doch zooals we gezien hebben is daartoe nog een *parallelcondensator* C_p noodig, die heel vaak als *trimmer* wordt aangeduid. Hij is variabel uitgevoerd, omdat de strooicapaciteit van alle kringen niet volkomen gelijk is.

Teneinde de m.f. over het geheele golfgebied zooveel mogelijk constant te houden, moet gezorgd worden, dat de oscillatorfrequentie bij elke stand van de oscillator-condensator evenveel hooger is dan de ontvangen frequentie.

Om dit te benaderen wordt parallel aan de afstemcondensator een klein condensatortje (parallelcondensator of trimmer) en in serie een groote condensator (serie- of paddingcondensator) geplaatst.