R. SWIERSTRA

RADIO-ONTVANGST IN THEORIE EN PRACTIJK

ZEVENDE DRUK 2e DEEL

N. V. DRUKKERIJ
JACOB VAN CAMPEN
AMSTERDAM

HOOFDSTUK XVIII.

De ontwikkeling en eigenschappen van de menglamp.

§ 114. Overzicht van de ontwikkeling der supers.

Het principe van een *heterodyne* ontvanger is reeds in 1901 door Fessenden aangegeven, doch is in de eerste jaren zeer weinig toegepast, omdat het niet zoo eenvoudig was een oscillator van constante frequentie te verkrijgen. Na de ontdekking, dat een triode ook te gebruiken is als oscillator (I-§ 64), vond deze reeds hetzelfde jaar (1913) toepassing voor heterodyne en autodyne ontvangst.

Het principe van de *superheterodyne* ontvanger is omstreeks dezelfde tijd of iets later in verschillende landen door verscheidene uitvinders aangegeven. Er werd toen al direct gewezen op de groote gevoeligheid en selectiviteit, die er mee te bereiken is. Toch maakte dit nieuwe principe niet veel opgang, totdat in 1921 de Engelsche amateur Godley de in Amerika uitgezonden amateurberichten met een superheterodyne ontvanger opving. Vooral in Amerika ontwaakte toen belangstelling voor de constructie dezer toestellen. Toen in latere jaren de radio-omroep tot ontwikkeling kwam, werden in Amerika de supers sterk ontwikkeld, terwijl in Europa de cascadeontvanger veel meer in de gunst stond.

Ongetwijfeld had de super, vooral door zijn groote gevoeligheid, voor het uitgestrekte Amerika groote voordeelen; vrij spoedig (1926) begon daar, behalve groote gevoeligheid, ook de vraag naar grootere selectiviteit een rol te spelen. In Europa was de vraag naar een zoo groote gevoeligheid minder groot dan in Amerika. Ondanks de voordeelen, die supers in dit opzicht boden, hield men in Europa toch nog eenige jaren vast aan de cascadeontvanger, die elk jaar weeraan verbeteringen onderging, zoodat ge-

voeligheid en selectiviteit gaande weg omhoog gingen. We denken daarbij o.a. aan de Philips „super-inductie" toestellen. Daarbij kwam, dat deze ontvangers niet die overlast van fluittonen en storende zenders bezaten als de supers.

Pas na 1932 begon de super in Europa eenige ingang van beteekenis te krijgen. De groote overwinning zou echter komen na 1934, nadat in Philips' Laboratorium een nieuwe lamp voor supers was ontwikkeld, de octode, en zeer veel experimenten aldaar waren ondernomen om de kenmerkende storingen, die bij supers optreden, te overwinnen. Zoo bracht Philips in 1934 de eerste „octode super" hier op de markt.

Er was trouwens nog een reden, die aanspoorde tot de bouw van supers, n.l. het steeds grooter aantal kortegolfzenders, die met een cascadeontvanger eigenlijk alleen maar te ontvangen waren door hiervoor een z.g. *voorzetapparaat* te plaatsen, waartoe men toch het superprincipe diende toe te passen.

§ 115. Voorloopers der tegenwoordige menglampen.

A. *De Triode.*

In fig. 196 werd een schema gegeven voor een der allereerste supers. Zooals we zagen werd de oscillatortrilling door een afzonderlijke lamp opgewekt. De ontvangen trilling en oscillatortrilling kwamen in de versterker bij elkaar, waarna in de lamp gelijkrichting plaats vond *(1e detectorlamp)*. Men heeft later aan deze lamp ook de naam *modulatorlamp* gegeven, terwijl het in de laatste jaren meer gewoonte is om van een *menglamp* te spreken.

Beschouwt men fig. 196 kritisch, dan ziet men spoedig in, dat de beide trillingskringen elkaar zeer sterk kunnen beïnvloeden, m.a.w. de oscillatortrilling wordt sterk uitgestraald en anderzijds meegetrokken door de antennetrilling (§ 111B).

Verder ontstonden bij deze primitieve uitvoering heel wat hoogere harmonischen. Al deze moeilijkheden werden nog vergroot, toen men met één lamp wilde volstaan, die gelijktijdig als 1e detector en oscillator moest functionneeren. Men kan dit b.v. bereiken door de roosterkring als oscillatorkring te gebruiken, terwijl een in de anodekring op-

genomen spoel als terugkoppelspoel functionneert. De roosterspoel werd inductief gekoppeld op de antennespoel. Terwijl nu de antenne afgestemd werd op de te ontvangen golf, werd de roosterkring op de oscillatorfrequentie afgestemd. In de roosterkring kwamen de beide h. f. trillingen bij elkaar, waarna verder menging in de lamp plaats vond. Tal van schema's zijn destijds gepubliceerd, die thans geen waarde meer hebben.

B. R-tetrode (dubbelroosterlamp).

Toen omstreeks 1920 de dubbelroosterlamp of R-tetrode (I-§ 58) op de markt kwam (o.a. Philips D 6; later A 441), vond deze vooral in Frankrijk spoedig toepassing als menglamp en met succes. Deze lamp bood de mogelijkheid om de oscillatorkring aan het eene en de antennekring aan het andere rooster te verbinden (fig. 203). Men geeft het ruimteladingsrooster 1 een zoodanige negatieve voorspanning Cs, dat voor de ontvangen trilling gelijkrichting optreedt. Rooster 1 laat dus een h.f. pulseerende anodestroom door (fig. 204b). Op het rooster 2 komen de h.f. oscillatorspanningen (204c).

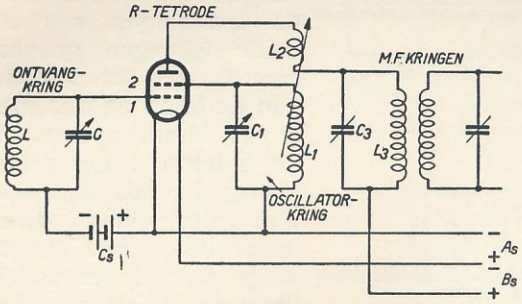

Fig. 203

Principe schema voor het h.f. gedeelte van een super met R-tetrode als menglamp.

Op de oogenblikken, dat beide roosters positief zijn, wordt de anodestroom vergrooten op de oogenblikken, dat rooster 1 negatief en rooster 2 positief is, hangt het van beider invloed af of er al dan niet een anodestroom ontstaat; overwint 1, dan blijft de lamp dicht, overwint 2 dan ontstaat toch een anodestroom. In fig. 204 d, geven we een voorstelling van de ontstaande h.f. stroomstootjes, die m.f. veranderen, terwijl deze m.f. veranderingen weer de l.f. modulatie bezitten. De kring L_3 C_3 is afgestemd op

de m.f. veranderingen, zoodat m.f. stroomen (fig. 204e) in de kring L_3 C_3 ontstaan. De h.f. stroomvariaties gaan daarbij over condensator C_3.

Bij deze methode vindt de menging volkomen in de lamp plaats en wel zoodanig, dat elk rooster voor zich, de electronenstroom in de lamp tracht te regelen. Daarom spreekt men van een *electronische menging*.

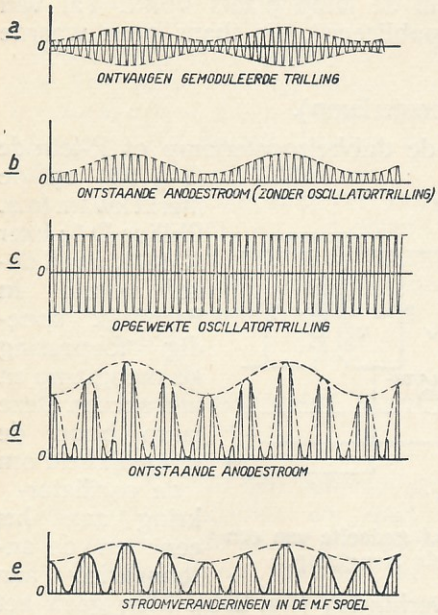

Fig. 204

Overzicht van de trillingen bij een R-tetrodeschakeling als in fig. 203.

Bij de menging met behulp van een triode komen de spanningen van de beide trillingen gesommeerd op het rooster van de lamp en dus niet in de lamp, zooals bij de R-tetrode. De schakeling in fig. 203 gaf intusschen lang geen ideale oplossing. Tengevolge van de capaciteit tusschen beide roosters bestond nog een zoodanige koppeling tusschen ontvang- en oscillatorkring, dat straling en meetrekeffect bij langena niet waren opgeheven. Ook was de last van hoogere harmonischen nog zeer groot. De slechte afscherming, die men destijds nog toepaste, was bovendien zeer onvoldoende.

C. *S-Tetrode* (schermroosterlamp).

Waar geen der beide voorgaande lampen voldoende bevrediging kon geven, lag het voor de hand, dat de in 1927 verschenen S-tetrode ook spoedig zou worden toegepast. We geven in fig. 205 een veel gebruikt schema. Men bedenke wel, dat het 2e rooster hier een geheel andere

functie heeft dan het ruimteladingsrooster bij de R-tetrode, n.l. om de capaciteit tusschen rooster 1 en plaat klein te maken, terwijl tevens een lamp van zeer groote versterkingsfactor en inwendige weerstand verkregen wordt. Nu kan de kleine capaciteit benut worden om de koppeling van beide kringen klein te houden. Daarom werd de ontvangkring aan rooster 1 en de oscillatorkring aan de plaat verbonden, doch met tusschenschakeling van een koppelcondensator C_k, aangezien anders voor de stroombron een kortsluiting zou ontstaan.

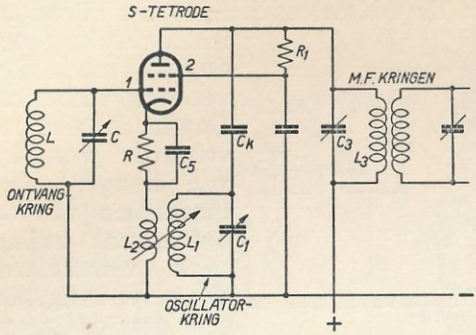

Fig. 205

Principeschema voor het h.f. gedeelte van een super met een S-tetrode als menglamp.

De terugkoppelspoel L_2 werd in de kathodeleiding opgenomen. De oscillatortrilling werd hierbij a.h.w. aan de kathodezijde aan de lamp toegevoerd (*kathode-injectie*). Door de spoel L_2 gingen ontvangen trilling en oscillatortrilling, waarna verder menging, inclusief gelijkrichting, in de lamp plaats vond (negatieve voorspanning op rooster 1 door R).

Het spreekt vanzelf, dat, ondanks de kleine capaciteit, door de spoel L_2 een vrij sterke koppeling tusschen ontvang- en oscillatorkring bestaat, met de bekende gevolgen daaraan verbonden. Nu werd dit gewoonlijk belangrijk verbeterd door een afzonderlijke triode-oscillator te nemen; daardoor kon men sterkere oscillatortrillingen opwekken en een slechts losse koppeling met de spoel L_2 maken, die dan niet als terugkoppelspoel behoefde te functionneeren.

Afgezien van deze afzonderlijke oscillatorlamp, was deze schakeling wat de versterking betrof, toch veel gunstiger dan die in fig. 203 (deze was gemakkelijk 30 à 40 maal zoo groot); bovendien oefende de in de loop der jaren ontwikkelde afschermmethode een zeer gunstige invloed uit op de ontvangresultaten.

D. *H. F. Penthode.*

Ongetwijfeld heeft de in 1933 verschenen h.f. penthode, de super weer een schrede verder gebracht. Dit was vooral te danken aan de penthode-selectode, welke a.s.r. mogelijk maakte en waardoor de vóórselectiviteit, in het bijzonder met betrekking tot de kruismodulatie, veel werd verbeterd. Daarmede was tevens de vorming van hoogere harmonischen van de ontvangen trilling sterk verminderd. We geven in fig. 206 een destijds gangbaar schema. Het onderscheidt zich van het vorige daarin, dat de terugkoppelspoel L_2 nu in de schermroosterleiding is opgenomen; daardoor vindt in de lamp de oscillatie plaats tusschen rooster 2 en de plaat en gaat dus buiten de ontvangkring om, terwijl tusschen plaat en rooster 1 een zeer zwakke capacitieve koppeling bestaat. Er is echter toch nog een plaats waar koppeling plaats vindt, n.l. in spoel L_2, want hierdoor gaan ook altijd nog eenige stroomvariaties tengevolge van de ontvangen trilling. Toch waren straling en meetrekken nu al weer kleiner dan bij gebruik van de S-tetrode. Wilde men tot nog geringere beïnvloeding komen, dan paste men een afzonderlijke oscillator toe, als bij de h.f. tetrode.

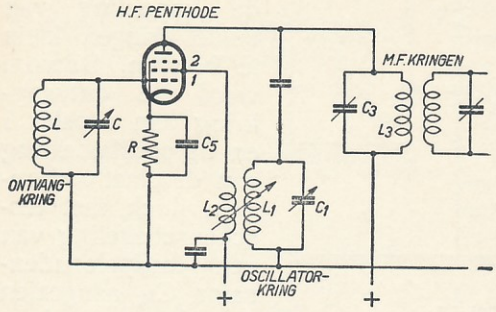

Fig. 206

Principeschema van het h.f. gedeelte van een super met een h.f. penthode als menglamp.

§ 116. De hexode als menglamp.

A. *De hexode E 448.*

In 1933 bracht Philips op de Europeesche markt een indirect verhitte lamp met 4 roosters, *de hexode E 448*, waardoor een meer algemeene verbreiding van supers in

de hand gewerkt werd. De uitbreiding van de tetrode met twee roosters (de hexode heeft geen vangrooster) gaf de mogelijkheid meer bevrijd te worden van de onderlinge beïnvloeding der twee trillingskringen, terwijl ook de kans op het ontstaan van hoogere harmonischen veel verkleind werd.

Door deze toevoeging van twee roosters ontstond een lamp, die eigenlijk als een cascadeschakeling van twee lampen is te beschouwen. Daartoe hebben we in fig. 207 door de hexode een streeplijn getrokken. Het onderste, triodedeel, doet dienst als oscillatorlamp, waarbij 1 het stuurrooster is en 2 als anode functionneert; daar dit echter geen plaatanode, maar een draadanode is, gaat een groot deel van de anodestroom door rooster 2, terwijl het andere deel beschikbaar blijft voor het daarboven geplaatste tetrodedeel, dat als modulatorlamp moet dienen en waarvan 3 het stuurrooster en 4 het schermrooster voorstelt. Deze tetrode is dus aangewezen op de electronen, die als rest door rooster 2 treden, waarom men het onder rooster 3 gelegen deel wel als de kathode beschouwt en spreekt van een *virtueele kathode* (*virtueel* = denkbeeldig). We hebben hier, als bij de R-tetrode, te doen met een *electronische menging*. Het proces is evenwel sterk verschillend, omdat het rooster 3 nu niet tot in de ruimtelading bij de kathode grijpt (rooster 2 werkt als scherm), zooals bij de R-tetrode door rooster 2 geschiedt (fig. 203). Straks komen we op dit proces terug.

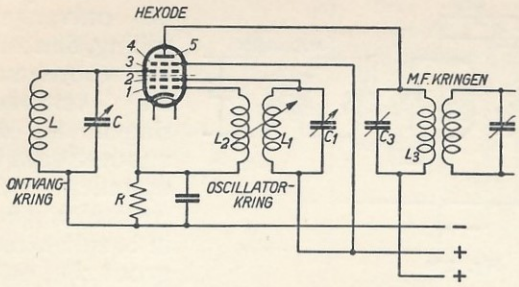

Fig. 207

Het h. f. gedeelte van een super met de hexode E 448 als menglamp.

Nu was dit scherm niet het meest doelmatige. Het in fig. 208 gegevene gaf betere resultaten. Hier stelt de kathode met de roosters 1, 2 en 3 de ontvangtetrode voor (2 is

schermrooster), terwijl het daarboven gelegen triodedeel als oscillatorlamp functionneert. De spanningsval V_1 in het bovendeel van de weerstand R, geeft aan rooster 1 de noodige voorspanning (ca 1,3 V), terwijl V_4 dit aan stuurrooster 4 geeft (ca 3 V). De weerstand R_L is de lekweerstand voor eventueel op rooster 4 komende ladingen. Door het rooster 3 en de plaat 5 kunnen de anodestroomen I_3 en I_5 gaan, die door de roosters 3 en 4 beheerscht worden.

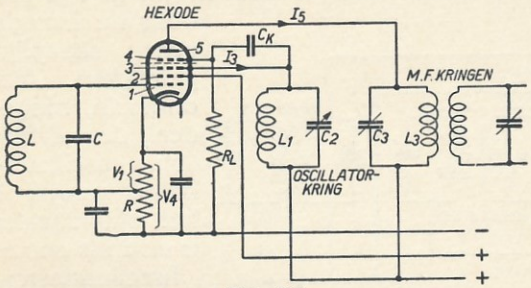

Fig. 208

Het h.f. gedeelte van een vroeger veel toegepast superschema met de hexode E 448 als menglamp.

Bestaat alleen de ontvangen trilling, dan zullen voornamelijk veranderingen in de anodestroom I_5 optreden; de veranderingen in I_3 zullen niet groot zijn, daar de oscillatorkring een veel grootere impedantie voor deze trillingen heeft dan de m.f. kring. Werkt de oscillatorkring alleen, dan zullen h.f. trillingen over C_K en R_L gaan en het gevolg is, dat door de spanningsval in R_L wisselspanningen tusschen rooster 4 en de kathode ontstaan. Daardoor wordt de anodestroom bestuurd en wel in die zin, dat, als rooster 4 positief wordt, I_5 grooter en I_3 kleiner wordt, terwijl, als 4 negatief wordt, I_5 kleiner en I_3 grooter wordt. Men ziet, dat de spanning op rooster 4 in tegengestelde zin als we dit gewoon zijn bij rooster en plaat, terugwerkt op rooster 3 en daarin ligt nu juist de mogelijkheid, dat de eenmaal in L_1 C_1 optredende trilling blijft bestaan (men duidt dit wel aan als het *negadyneprincipe*). Daardoor is dus de terugkoppelspoel overbodig.

Denken we nu het geval, dat de ontvangen trilling en oscillatortrilling beide optreden, dan zullen de door de ontvangen trilling te voorschijn geroepen anodestroomveranderingen pulseerende ruimteladingen onder rooster 4 vormen (virtueele kathode), die verder in het rhythme der oscillatortrillingen worden doorgelaten naar de anode.

B. *Grafische voorstelling van de menging.*

We willen nu nagaan hoe het mogelijk is, dat bij de hexode uit twee h.f. trillingen een m.f. trilling ontstaat, zonderdat gelijkrichting plaats vindt door de tot nog toe besproken middelen.

We beschouwen de anodestroom I_3 en I_5, waarvan de laatste ons het meeste interesseert en waarvan we in fig. 209 enkele karakteristieken hebben gegeven in afhankelijkheid van de spanning op rooster 1 (V_1), bij verschillende negatieve spanningen op rooster 4 (V_4) en bij een constante spanning op de roosters 2, 3.

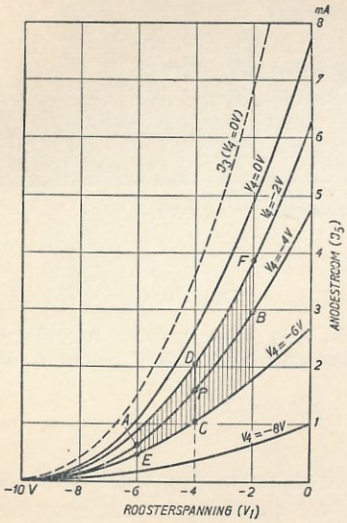

Fig. 209

Enkele Ia-Vg krommen van de menghexode (E 448).

Er is slechts één kromme van I_3 gegeven bij $V_4 = 0$, waaruit volgt, dat I_3 grooter is dan I_5 bij gelijke waarden van V_1 en V_4. Zou men de roosters 1 en 4 beide een spanning van —4 V geven, dan zou P het werkpunt voorstellen.

Indien dan geen trillingen aan rooster 4 worden toegevoerd en de antennetrilling de spanning op het rooster tusschen —2 en —6 V zou doen varieeren, dan zou men werken langs het stuk AB. Zou men geen antennetrilling hebben en zou op rooster 4 een oscillatortrilling optreden, die eveneens tusschen —2 en —6 V varieerde, dan zou de rechte lijn CD de werkkarakteristiek zijn.

Worden zoowel trillingen aan rooster 1 als aan rooster 4 toegevoerd, beide varieerende tusschen —2V en —6 V, dan worden punten binnen het gearceerde gebied doorloopen. Dit gebied verandert natuurlijk met de grenzen, waartusschen de spanningen op de roosters 1 en 4 varieeren.

In fig. 210 hebben we aangegeven hoe uit beide pas ver-

onderstelde trillingen (het is geenszins noodig gelijke trillingen en gelijke negatieve voorspanningen te veronderstellen, zooals we deden) zwevingen ontstaan, terwijl gelijktijdig gelijkrichting plaats vindt. We hebben voor een paar punten a_2 en b_2 de constructieve bepaling aangegeven. Gesteld, dat de trilling op rooster 1 de waarde heeft, welke door punt a is voorgesteld (ca —2,5 V). Op datzelfde oogenblik geeft

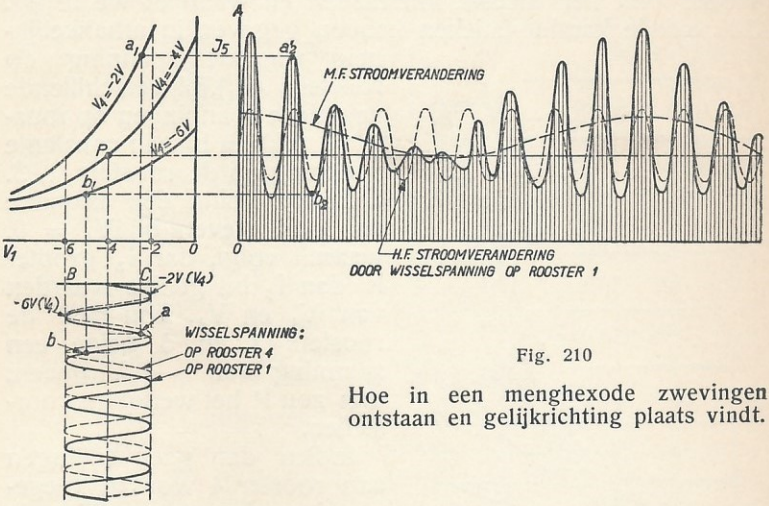

Fig. 210

Hoe in een menghexode zwevingen ontstaan en gelijkrichting plaats vindt.

de trilling op rooster 4 (zie gestreepte trilling) dit rooster een waarde van —2 V, zoodat we punt a_1 bepalen op de kromme voor $V_4 = -2$ V. Punt a_2 moet nu even ver rechts van de lijn OA liggen als a onder de lijn BC ligt. Op overeenkomstige wijze is b_2 via b_1 bepaald en zijn alle andere punten van de rechter kromme vastgesteld.

De menging op deze wijze verkregen is, zooals gezegd, principieel verschillend van die bij de R-tetrode. Daar kan men het gelijkrichteffect verkregen denken door de som van de spanningen op beide roosters; hier is deze het gevolg van het *product* van beide. Dit volgt direct uit deze overweging, dat als rooster 4 een constante spanning zou bezitten van —4 V, de stroomvariatie grooter wordt naarmate de trilling op rooster 1 grooter wordt (AB in fig. 209 grooter). Maar, als de oscillatortrilling grooter wordt, wordt

CD, en dus ook de maximale anodestroomverandering, bepaald door E en F, vergroot. Deze stroomverandering is dus evenredig met de spanning van de ontvangen en de oscillatortrilling. Men ziet hieruit, dat het karakter van de menging *multiplicatief* (multiplicatie = vermenigvuldigen) is.

§ 117. De regelhexode als menglamp.

A. *Regelhexoden E 449, AH1, CH1.*

In 1933 verscheen naast de E 448 de E 449, welke een hexode-selectode was (regelhexode). Zooals we reeds bij de h.f. penthode opmerkten, heeft de selectode groote voordeelen en het is ook geen wonder, dat de regelhexode de gewone hexode geheel heeft verdrongen. Deze is in de loop der jaren opgevolgd door de AH1. Aangezien een afzonderlijke oscillator de reeds eerder genoemde voordeelen meebrengt, worden deze lampen vrijwel uitsluitend in dergelijke schakelingen gebruikt. Naast de AH1 wordt dan de triode AC2 als oscillatorlamp gebruikt. In de C-serie gebruikt men de CH1 met de CC2 als oscillatortriode.

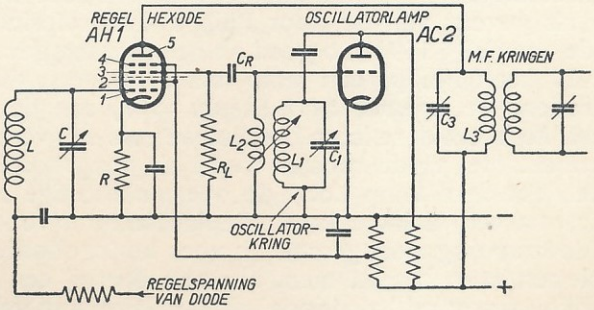

Fig. 211

Het h.f. gedeelte van een super met een regelhexode als menglamp en een triode als oscillatorlamp.

Uit het schema van fig. 211 blijkt, dat de hexode nu opgevat kan worden als te bestaan uit een cascadeschakeling van een triode, die de ontvangen trillingen verwerkt en een tetrode met 3 als stuurrooster, waardoor de oscillatortrillingen aan de hexode worden toegevoerd.

Opmerking: De regelhexode leent zich bijzonder om, geplaatst als h.f. lamp in een cascadeontvanger, een zeer effectieve a.s r. te verkrijgen. De schakeling wijkt dan in zooverre van die in fig. 211 af, dat men rooster 3 een vaste negatieve voorspanning geeft, terwijl rooster 1 als stuurrooster functionneert en hierop de regelspanning werkt.

Door rooster 3 een grootere negatieve spanning te geven, loopt de Ia-Vg karakteristiek minder steil. Zoo kan men door het instellen van deze spanning de regelende werking van de hexode sterk varieeren.

B. *De triode-regelhexode ACH 1.*

Ter vereenvoudiging van de superconstructie is een combinatielamp ontworpen, die een regelhexode en een triode bevat; het eerste deel komt overeen met de AH1, het tweede met de AC2. Hoe voortreffelijk deze combinatielamp ook mag zijn, wij meenen, dat de octode (§ 119) toch nog daarboven staat.

§ 118. **De regelheptode als menglamp** (EH2).

In 1933 verscheen in Amerika een lamp met vijf roosters en daarom aangeduid als *pentagrid* (*penta* = 5, *grid* = rooster). Deze vijf roosters werden deels als schermrooster, deels als stuurrooster gebruikt. In Europa heeft deze *hepthode* vooral als gevolg van de door Philips' Laboratorium ontwikkelde octode (§ 119) zoo goed als geen ingang gevonden.

In 1937 heeft Philips een lamp met 5 roosters, dus met 7 electroden, de *heptode* EH2 (*hepta* = 7) aan de markt gebracht. Men kan deze lamp beschouwen als een verbeterde regelhexode. Het vijfde rooster werkt als vangrooster. Het voordeel, dat deze lamp t.o.v. de overeenkomstige hexode bezit, is, dat een kleinere kruismodulatiefactor is verkregen, terwijl de lamp nog meer geschikt is voor kortegolfontvangst. De beste resultaten bereikt men, als men daarbij een ABC3 of een EF6 (geschakeld als triode) als oscillatorlamp gebruikt.

§ 119. **De regeloctode als menglamp.** (AK1, AK2, CK1, EK1, KK1, EK2).

Ongetwijfeld was de super met de invoering van de hexode (Europa) en de pentagrid (Amerika) een belangrijke schrede vooruit gegaan. Toch was de toestand zoo, dat er nog altijd een zoodanige koppeling tusschen ontvang- en oscillatorkring bestond, dat bij elk apparaat individueel

nog heel veel zorg besteed moest worden, om die koppelingsinvloeden, door herhaaldelijk trimmen der kringen, zooveel mogelijk ongedaan te maken.

Eerst nadat in 1933 Philips' Laboratorium er in geslaagd was goede octoden (AK1, CK1, EK1, KK1) te construeeren,

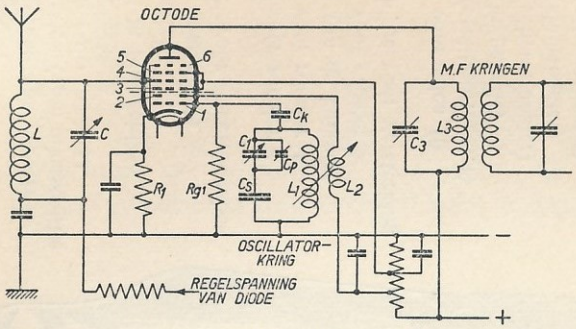

Fig. 212

Het h.f. gedeelte van een super met een regeloctode als menglamp.

die een groote koppelingsvrijheid waarborgden en het ontstaan van hoogere harmonischen door een goed gekozen regelkarakteristiek voorkwamen, kon de massafabricage van supers succesvol worden ondernomen.

Wij geven in fig. 212 een gebruikelijk schema, waarbij volledigheidshalve ook de serie- en parallelcondensatoren (paddings en trimmers; § 113) zijn aangegeven.

Men kan de octode opvatten als een cascadeschakeling van een triodedeel met 1 als stuurrooster en 2, dat uit slechts een paar draadjes bestaat, als *hulpanode;* dit deel werkt als oscillatorlamp. Daarboven bevindt zich een h.f. penthode, door een extra schermrooster 3 van het triodedeel gescheiden. Rooster 4 heeft een varieerende wikkelspoel, zoodat een regelkarakteristiek wordt verkregen. Tengevolge van de spanningsval in R_1 heeft rooster 1 bij niet-werkende lamp een negatieve spanning t.o.v. de kathode van ca 1,5 V, zoodat geen roosterstroomen optreden. Door de oscillatorkring worden via de koppelcondensator C_K de trillingen op rooster 1 gebracht. De daarbij ontstaande roosterstroomen vloeien door R_L, waarbij roostergelijkrichting

CONSTRUCTIE VAN DE OCTODE

1. topaansluiting (voor rooster **4**) *
2. isolator voor verbindingsdraad van rooster **4**
3. glazen ballon
4. verbindingsdraad van rooster **4**
5. bevestigingsklem (voor micaschijfje dienende voor centreering)
6. veerend micaschijfje
7. insnijdingen in micaschijfje
8. afschermmantel
9. steundraad voor anode
10. micaschijfje voor electrodenbevestiging
11. steundraad voor rooster **3**
12. steundraad voor rooster **1**
13. boveneinde van de kathode
14. steundraad voor rooster **6**
15. metalen schijfje voor versterking van 10
16. steundraad voor mica 10
17. **rooster 1** (oscillatorrooster)
18. **rooster 2** (hulpanode)
19. **rooster 3** (schermrooster)
20. **rooster 4** (stuurrooster)
21. **rooster 5** (schermrooster)
22. **rooster 6** (vangrooster)
23. **anode**
24. steundraad voor rooster **2**

* vette cijfers gelden voor fig. 212

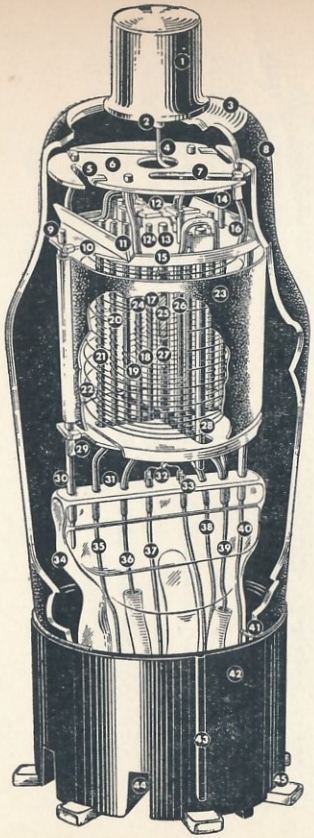

Fig. 213

25. **gloeidraad met isolator**
26. steundraad voor rooster **4**
27. **emitteerende laag v.d. kathode**
28. steundraad voor rooster **6**
29. klem voor bevestiging van electrodendrager
30. steundraad voor electrodendrager
31. laag voor oppervlakte-isolatie
32. **gloeidraad**
33. bevestigingsklem voor gloeidraad en verbindingsdraad
34. glaslichaam
35. verbindingsdraad voor rooster **6**
36. verbindingsdraad voor rooster **2**
37. verbindingsdraad voor gloeidraad
38. verbindingsdraad voor rooster **1**
39. verbindingsdraad voor rooster **3** en **5**
40. verbindingsdraad voor anode
41. verbindingsdraad voor afschermmantel
42. lamphuls
43. zoek-nok bij het plaatsen van de lamp in de huls
44. gleuf voor vermijding van h.f. verliezen
45. contacten

optreedt en rooster 1 een sterke negatieve voorspanning krijgt. De aan rooster 1 toegevoerde oscillatorspanning bedraagt bij de AK1 ca 6,3 V en bij de AK2 8,5 V. Door de gelijkrichting wordt de negatieve voorspanning belangrijk vergroot tot resp. ca 8 V en 11 V. De op rooster 4 verkregen negatieve voorspanning wordt door de a.s.r. geregeld.

Het mengproces komt in principe overeen met dat in de hexode en heptode (§ 116).

Bovengenoemde octoden werden in 1935 gevolgd door de AK2 en KK2; beide waren beter aangepast voor de korte golven, doordat de inwendige capaciteiten nog meer verkleind waren; de opwarmtijd was belangrijk verkort.

De in 1937 verschenen EK2 overtreft weer laatstgenoemde typen.

§ 120. Steilheid, inwendige weerstand en versterkingsfactor bij menglampen.

A. *Conversiesteilheid.*

Wij herinneren er even aan, dat de steilheid bij een triode, tetrode en penthode de anodestroomverandering per volt roosterspanningsverandering is (bij constante anodespanning). Wanneer bij deze lamp b.v. h.f. trillingen op het rooster komen, ontstaan in de anodekring h.f. trillingen van dezelfde frequentie en het is mogelijk de steilheid te gebruiken bij de bepaling van anodestroom- en spanningsveranderingen.

Bij de menglampen kan men voor het stuurrooster (bij octode rooster 4) hetzelfde steilheidsbegrip invoeren, doch daar heeft men practisch zeer weinig aan, omdat aan dit rooster h.f. trillingen worden toegevoerd en in de anodekring m.f. trillingen te voorschijn komen. Voor eenige berekening b.v. omtrent de versterking door de menglamp, is het dus practisch van belang om te weten welke m.f. stroomverandering er per volt h.f. stuurroosterspanning wordt verkregen. Deze waarde is de bij de frequentietransformatie verkregen steilheid, die men aanduidt als *conversiesteilheid* = Sc (*conversie* — lat. *conversio* — beteekent: de verande-

ring, omwisseling, omzetting) of ook wel als *transponeeringssteilheid.*

Vanzelfsprekend kan deze steilheid alleen maar bestaan, als er een oscillatortrilling optreedt, daar er zonder deze geen m.f. trilling ontstaat. Wordt dus de conversiesteilheid opgegeven, dan veronderstelt dit, behalve een gegeven anode- en roosterspanning, een bepaalde oscillatorspanning. Trouwens deze laatste wordt ook opgegeven bij de Ia-Vg karakteristiek. Men beschouwt dus de oscillatortrilling als een constante grootheid. Raadpleegt men de gegevens van een regelmenglamp (Aanhangsel), dan ziet men, dat, als Sc een zeer kleine waarde heeft, men deze aangeeft bij een negatieve roosterspanning (punt a in fig. 214a; 0,1 μA/V bij —22 V) en dat, als Sc een groote waarde heeft, men uitgaat van de anodestroom (punt b in fig. 214a; 600 μA/V bij 1,6 mA). Dit laatste is noodig om een meer nauwkeurige bepaling van het punt b op de kromme te krijgen. (Bij elke lamp met een regelkarakteristiek volgt men bij voorkeur deze methode). In fig. 214b hebben we de Sc-Vg karasteristiek van de octode gegeven. In deze figuur zijn de overeenkomstige punten a en b gegeven.

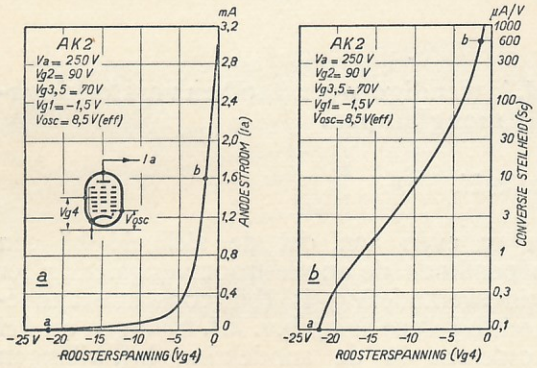

Fig. 214

Ia-Vg_4 en Sc-Vg_4 karakteristiek van de octode AK2.

Wij merkten reeds op, dat behalve Va, Vg2, Vg3 en Vg1 de grootte van oscillatorspanning van belang is. Gewoonlijk wordt de grootte van de lekweerstand R_{g1} (fig. 212) ook nog opgegeven. Deze weerstand is in het algemeen noodig om de vereischte negatieve voorspanning op rooster 1 te verkrijgen; overigens is de grootte afhankelijk van de oscilleerings eigenschappen van de oscillator.

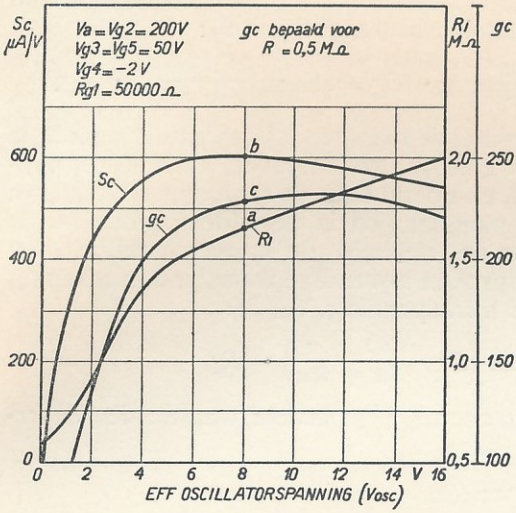

Fig. 215

Hoe conversiesteilheid, inwendige weerstand en conversieversterking bij een octode afhangen van de sterkte van de oscillatortrilling.

Uit fig. 215 is na te gaan, hoe de conversiesteilheid afhangt van de toegevoerde oscillatorspanning. Is de laatste klein, dan is vanzelfsprekend de conversiesteilheid Sc dit ook.

In het gegeven voorbeeld bereikt Sc een maximum (600 μA/V) voor een trilling van 8 V (eff). Er zijn blijkbaar vrij sterke veranderingen van Vosc. mogelijk zonderdat Sc belangrijk verandert.

B. *Inwendige weerstand.*

De inwendige weerstand wordt bij een menglamp bepaald door de m.f. anodestroomveranderingen, gedeeld door de m.f. anodespanningsverandering. Natuurlijk moet men hier weer van een bepaalde oscillatortrilling uitgaan. Hoe de inwendige weerstand met de grootte van de oscillatorspanning samenhangt, is in fig. 215 aangegeven.

Men ziet, dat met toenemende oscillatorspanning de inwendige weerstand niet onbelangrijk toeneemt. Men vindt gewoonlijk de weerstand Ri voor dezelfde negatieve roosterspanning (Vg 4) en anodestroom opgegeven als waarbij men Sc opgeeft.

C. *Conversieversterking.*

Bij een gewone versterkerlamp vindt men, dat, als Vg de roosterspanning, Ri de inwendige weerstand, Ru de uitwen-

dige weerstand en S de steilheid is, de in de anodekring verkregen wisselspanning bedraagt (§ 64B):

$$V = \left(g \cdot \frac{Ru}{Ri + Ru}\right) \cdot Vg = \left(S \cdot \frac{Ri \,.\, Ru}{Ri + Ru}\right) \cdot Vg.$$

Men heeft dus Vg met de tusschen ( ) geplaatste waarde te vermenigvuldigen, welke aangeeft hoeveel maal deze spanning versterkt wordt, en noemt deze de *spanningsversterking*.

Bij de moderne menglampen is dezelfde formule toe te passen, als we voor de steilheid de conversiesteilheid en voor Ri de pas besproken inwendige weerstand in rekening brengen, zoodat de m.f. spanning V_m is:

$$V_m = \left(Sc \cdot \frac{Ri \,.\, Ru}{Ri + Ru}\right) \cdot Vg$$

Men noemt de tusschen ( ) geplaatste waarde de *conversieversterking* (gc), dus:

$$gc = Sc \cdot \frac{Ri \,.\, Ru}{Ri + Ru} \quad \text{en}$$

$$V_m = gc \,.\, Vg$$

In fig. 215 is de conversieversterking door de lijn gc aangegeven; men ziet, dat deze waarde toeneemt met de oscillatorspanning en bij 8 V sterk de maximale waarde nadert. Volgens fig. 215 is bij een oscillatorspanning van 8 V Ri = 1,65 MΩ (punt a) S_c = 600 μA/V (punt b). Bij Ru = 0,5 MΩ (R in fig. 215) moet dan de conversieversterking bedragen $0{,}0006 \times 1{,}65.10^6 \times 0{,}5.10^6 : (1{,}65.10^6 + 0{,}5.10^6)$ = ca 230 (punt c).

We zien uit dit voorbeeld tevens, dat voor een groote versterking de inwendige weerstand ruim 3 maal zoo groot is als de uitwendige of kringweerstand Ru.

De conversiesteilheid van een menglamp is de m.f. stroomverandering per volt h.f. stuurroosterspanningsverandering bij constante anodespanning en bij een gegeven oscillatorspanning.

De inwendige weerstand van een menglamp is de m. f. spanningsverandering gedeeld door de m. f. stroomverandering, die daarvan het gevolg is, bij een constante stuurroosterspanning en gegeven oscillatorspanning.

De conversieversterking van een menglamp is het getal, dat aangeeft hoeveel maal zoo groot de m. f. spanning op het koppelelement is als de h. f. spanningsverandering op het stuurrooster bij een gegeven oscillatorspanning.

§ 121. Het mengproces in de octode.

We willen nog even nagaan, hoe eigenlijk de transponeering van de modulatie in de octode tot stand komt.

Men bedenke, dat het penthodedeel de zwakke antennetrillingen toegevoerd krijgt op het stuurrooster 4; deze trillingen bewegen zich over een zoo'n klein gedeelte van de Ia-Vg karakteristiek, dat nagenoeg van geen steilheidsverandering, dus van gelijkrichting of transponeering, sprake kan zijn. Dit moet verkregen worden door de oscillatortrilling; deze moet groote steilheidsveranderingen geven, onverschillig in welk deel van de regelkarakteristiek van het penthodedeel men zich bevindt.

Om nu eenig idee te krijgen van hetgeen er geschiedt, bepalen we bij een willekeurige voorspanning op rooster 4 de gewone steilheid (aantal mA per volt verandering op 4); deze hangt af van de spanning op rooster 1. Want als dit een groote stroom doorlaat, kan rooster 4 ook meer doorlaten en wordt Ia en dus ook de steilheid S grooter.

Het is dus wenschelijk om de steilheid te weten, die bij verschillende spanningen op rooster 1 optreedt. In fig. 216 geeft de S-Vg karakteristiek dit aan.

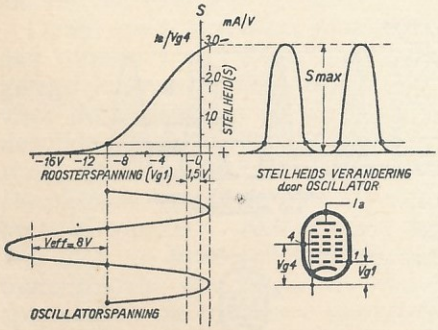

Fig. 216

Hoe de steilheidsveranderingen ontstaan door de oscillatortrillingen bij een constante waarde van Vg_4.

Gesteld nu, dat een oscillatortrilling op rooster 1 komt. Er treedt dan gelijkrichting op en automatisch wordt een negatieve voorspanning verkregen, welker grootte bepaald wordt door de sterkte van de trilling en de grootte van de Rg_1 (figuur 212). Daarvan hangt ook af hoever de toppen v. d. kromme over de lijn van de vaste negatieve voorspanning (—1,5 V) heen kijken. Wanneer we nu verder de roostertrillingen projecteeren op de S-Vg lijn, dan kunnen we bepalen hoe groot de steilheid

op elk oogenblik van de trilling is, zooals door de krommen (rechts) is aangegeven. Men ziet, dat de steilheid wel heel sterk periodisch op en neer gaat. Dit is juist de oorzaak van de modulatie. Wiskundig kan men hieruit afleiden hoe groot de conversiesteilheid is; deze is, ruw genomen, ongeveer 0,25 van de topwaarde S max. (fig. 216).

§ 122. De keuze tusschen hoogere harmonischen en lampgeruisch.

A. *De grootte van de oscillatortrilling.*

In fig. 217 is een Ia - Vg karakteristiek gegeven, die aangeeft hoe de anodestroom (i_a), welke door de lamp gaat, afhangt van de spanning op rooster 1 (Vg_1) bij een constante Vg_4.

Gaan we nu thans na wat de invloed is van de grootte van de oscillatorspanning. Hoe kleiner deze is, hoe meer men gebruik maakt van het rechte deel van de karakteristiek d.w.z. hoe kleiner de niet-lineaire vervorming is, dus hoe zwakker en hoe kleiner het aantal hoogere harmonischen is; daarmede is de kans op fluittonen verkleind. Tegenover

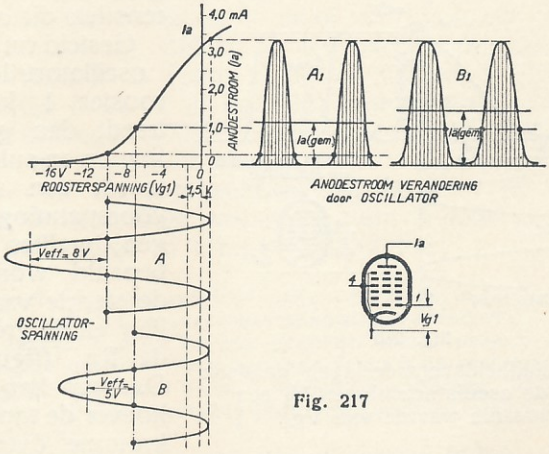

Fig. 217

Een grootere oscillatortrilling geeft een kleiner gemiddelde anodestroom en verkleint de kans op lampgeruisch.

dit voordeel door een *kleine* oscillatorspanning staat een nadeel, dat we nu zullen leeren kennen.

B. *Lampgeruisch.*

Volgens § 43 E ontstaat ruischen door schrooteffect en door thermische beweging. Bij het eerste effect ontstaan in de anodekring van de lamp uiterst zwakke wisselstroomen van allerlei frequenties en aangezien na de eerste lamp de grootste versterking volgt, moet men aan de versterking in deze lamp bizondere aandacht besteden. Voor zoover dit geen h.f. lamp is, is dit bij supers doorgaans de menglamp.

De ruischtrillingen, die in de bandbreedte van de m.f. kring vallen, worden versterkt en door allerlei onderlinge interferenties ontstaan door de tweede detectie l.f. trillingen van zeer onregelmatige frequentie en sterkte; zij geven het bekende ruischgeluid. Wordt nu bovendien ook nog een draaggolf ontvangen, dan wordt de kans, dat er nog meerdere en sterkere ruischtrillingen ontstaan, sterk vergroot, zoodat het geruisch dus toeneemt. Het spreekt wel vanzelf, dat hoe breeder de frequentieband der kringen is, hoe sterker het ruischen zal zijn.

Denkt men zich een lamp zonder ruisch, dan zou men aan rooster 4 van deze lamp een zoodanige wisselspanning gelegd kunnen denken, dat in de meetinstrumenten, welke voor de luidspreker in de plaats gedacht kunnen worden, dezelfde uitslag verkregen wordt als door het ruischen ontstaat. Men noemt die denkbeeldige roosterspanning, de *ruischspanning*. Deze kan bij een octode en bij een bandbreedte van b.v. 10 000 c/sec b.v. wel 1,8 μV bedragen. Wil men nu tijdens de muziekweergave geen hinder daarvan ondervinden, dan moet de ontvangantenne veel grootere spanningen op rooster 4 brengen, b.v. 200 μV.

Voor de constructeur is het nu wel zeer belangrijk om deze ruischspanning klein te houden. Men kan nu experimenteel aantoonen, dat de ruischspanning evenredig is met: de wortel uit de anodegelijkstroom i_a en omgekeerd evenredig met de conversiesteilheid Sc bij menglampen, dus met: $\sqrt{i_a}$: Sc (bij gewone h.f. lampen geldt deze betrekking ook, waarbij men dan de steilheid S heeft te nemen). Hoe grooter deze waarde is, hoe sterker het ruischen is. De

omgekeerde waarde ($Sc/\sqrt{i_a}$) geeft de kwaliteit van de lamp met betrekking tot *ruischvrijheid* aan.

Beschouwen we nu fig. 217, dan zien we, dat de anodegelijkstroom (gemiddelde waarde) bij grootere oscillatorspanning kleiner wordt (bij B_1 grooter dan bij A_1), terwijl uit fig. 215 af te leiden is, dat de conversiesteilheid grooter wordt, zoodat door beide omstandigheden de ruischspanning verkleind wordt, of wel de ruischvrijheid vergroot wordt.

Uit het bovenstaande volgt, dat het nu wel zeer verleidelijk is een groote oscillatorspanning toe te passen.

Intusschen staat men voor de moeilijkheid, dat een groote oscillatorspanning de kans op fluittonen verhoogt, doch de kans op ruisch vermindert. De superconstructeur heeft hier dus een compromis te sluiten.

Opmerking: Men kan de waarde $\sqrt{i_a}$: S_c voor een menglamp bepalen, als men de tabel (Aanhangsel) raadpleegt. Voor de EK2 is $i_a = 1{,}2$ mA en $S_c = 0{,}55$ mA/V, zoodat men vindt: $\sqrt{1{,}2} : 0{,}55 = 2{,}0$.

Een groote oscillatorspanning vergroot de kans op het ontstaan van hoogere harmonischen, dus op het ontstaan van fluittonen.

Een kleine oscillatorspanning verhoogt de kans op lampgeruisch van het toestel, daar de gemiddelde anodestroom grooter en de conversiesteilheid kleiner wordt.

De ruischspanning, d.i. de waarde, die een aan het stuurrooster gelegde wisselspanning zou moeten hebben, om dezelfde wisselspanning in de anodekring te geven, is evenredig met de wortel uit anodegelijkstroom (ia) en omgekeerd evenredig met de conversiesteilheid (Sc).

§ 123. Moeilijkheden met menglampen bij kortegolfontvangst.

Kortegolfontvangst stelt nog veel hoogere eischen aan lampen en toestel dan de kortste golven uit het middengolfgebied. Een zeer geringe capaciteit van b.v. 0,1 cm kan een zeer funeste invloed uitoefenen. Wij willen ons hier bepalen tot een paar op de voorgrond tredende verschijnselen bij de menglampen.

A. *Electronische koppeling.*

Bij de kortste golven uit het middengolfgebied zal, als geen tegenmaatregel wordt genomen, bij de octode het verschijnsel optreden, dat met hooger wordende frequentie

de conversiesteilheid afneemt. De oorzaak hiervan ligt in het feit, dat oscillatorspanningen in de stuurroosterkring worden opgewekt. Men heeft bij 200 m tot 600 m golven en bij een oscillatorspanning van 8 V in de stuurroosterkring wel een spanning van ca 1 V gemeten. Deze spanning bleek juist tegengesteld in fase te zijn met de oscillatorspanning, zoodat hij de invloed van deze verkleinde.

Nu ligt het vermoeden voor de hand, dat de capaciteit tusschen rooster 1 en 4 wel de oorzaak zal zijn. Echter is deze zoo klein (vaak nog minder dan 0,1 $\mu\mu$F) dat daardoor het verschijnsel niet verklaard kon worden. Men moest de verklaring zoeken in de verdeeling van de electronen in de nabijheid van het stuurrooster. Het rooster 1 laat in het rhythme van de oscillatortrilling electronen door, die zich ook in dit rhythme voor het stuurrooster ophoopen. Deze, aldus gevormde wisselende ruimteladingen, induceeren in het stuurrooster spanningen van dezelfde frequentie en hebben een invloed als een condensator van enkele $\mu\mu$F. Zoo zijn dus met behulp van de electronenwolk de beide kringen aan elkaar gekoppeld, waarom men spreekt van *electronische koppeling.*

Het verschil van deze koppeling met de capacitieve is, dat bij de laatste de in de stuurroosterkring opgewekte spanningen in fase zouden zijn met de oscillatorspanningen, terwijl ze nu juist tegengesteld in fase zijn. Daarin vindt men nu juist een middel om de gevolgen van de electronische koppeling te compenseeren. Men doet dit door een klein condensatortje (ca 2 $\mu\mu$F) buiten de lamp tusschen rooster 1 en 4 te schakelen. Bij de nieuwe lampen (EK_2) is door meer geschikte roosterconstructie en juiste keuze van daaraan te leggen spanning, deze capaciteit belangrijk verkleind, terwijl men het condensatortje in de top van de lamp heeft ondergebracht. Het is intusschen nog wel merkwaardig, dat, als men de oscillatorfrequentie lager zou nemen dan de ontvangen frequentie, wat geen gewoonte is (§ 112), bovengenoemde maatregelen niet zijn te nemen, omdat dan de in de stuurroosterkring opgewekte spanningen in fase blijken te zijn met de oscillatorspanningen. Door dit feit is het derhalve een punt van overwegingen om b.v. bij kortegolfontvangst de oscillatorfrequentie kleiner te kiezen dan de ontvangfrequentie.

B. *Frequentieverschuiving.*

In het kortegolfgebied kan zich het verschijnsel voordoen, dat de oscillatorfrequentie belangrijk verschoven wordt, waardoor de m.f. kringen ook niet meer afgestemd zijn en de ontvangst veel verzwakt is. Deze *frequentieverschuiving* treedt in het bizonder op bij verandering van de netspanning. Zoo heeft men bij 10 % netspanningsvariatie en 15 m golflengte, verschuivingen van 20 kc/sec kunnen constateeren. Men schrijft dit o.a. toe aan capaciteitsveranderingen tusschen kathode en 1e rooster door de, door de netspanning veroorzaakte ruimteladingsveranderingen. Een waardevol bestrijdingsmiddel wordt verkregen, doordat men gebruik maakt van de 2e harmonische van de oscillatortrilling. Moet de oscillatortrilling b.v. 20 000 kc/sec zijn (15 m), dan stemt men de oscillatortrilling op 10 000 kc/sec (30 m) af. Het merkwaardige is, dat de oscillatortrilling nu, door hier niet nader te bespreken oorzaken, veel stabieler is. De pasgenoemde verschuiving van 20 kc/sec werd teruggebracht op ca 4 kc/sec.

Ook kan de a.s.r. aanleiding geven tot frequentieverschuiving. Wanneer n.l. de negatieve voorspanning op rooster 4 verhoogd wordt, dan wordt daarbij ook de capaciteit tusschen rooster 1 en kathode gewijzigd, hetgeen verklaarbaar is door de gewijzigde ruimteladingen daartusschen. Verschillende hulpmiddelen worden toegepast om dit hinderlijke verschijnsel, dat we hier niet nader zullen aangeven, te bestrijden.

In menglampen kunnen bij ontvangst van korte golven vooral twee storende factoren optreden n.l. electronische koppeling en frequentieverschuiving.

Electronische koppeling is het verschijnsel, dat de oscillatorspanning meer of minder de stuurroosterspanning tegenwerkt, doordat de ruimtelading onder het stuurrooster verandert in het rhythme van de oscillatortrilling en induceerd werkt op het stuurrooster.

Frequentieverschuiving is het verschijnsel, dat de oscillatorfrequentie verschoven wordt, doordat de ruimtelading tusschen de kathode en het 1e rooster zich wijzigt, als gevolg van netspanningsveranderingen.