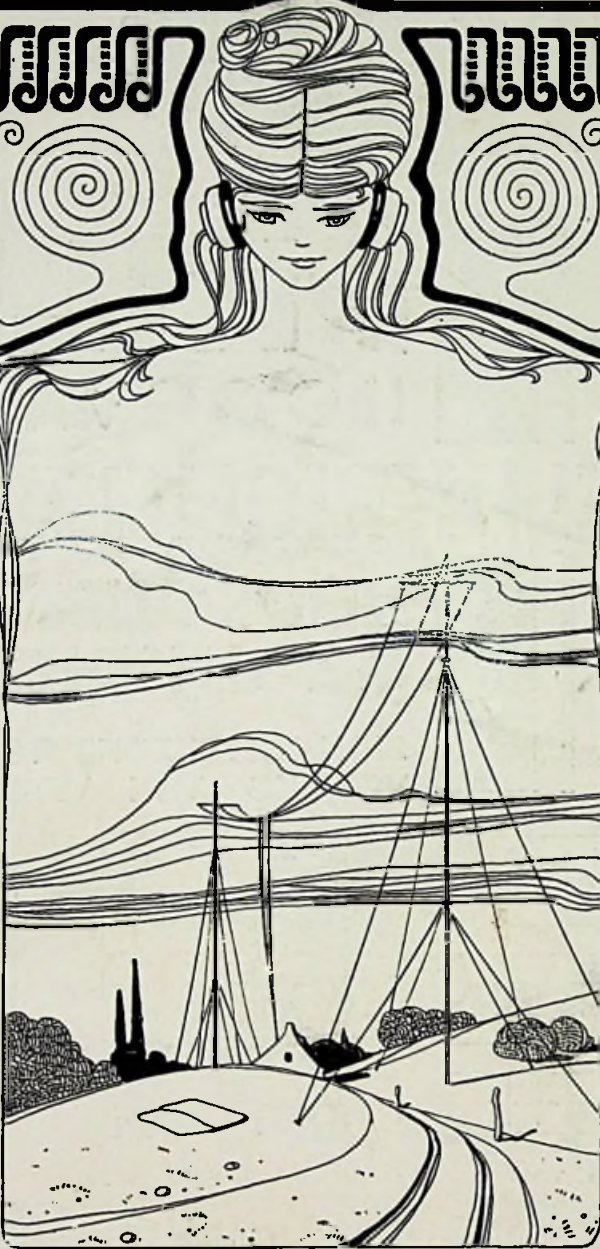


RADIO-NIEUWS



ORGAAN van de
NED. VER. voor RADIOTELEGRAFIE

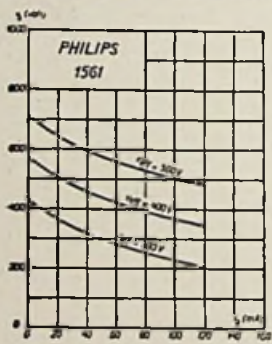


PHILIPS

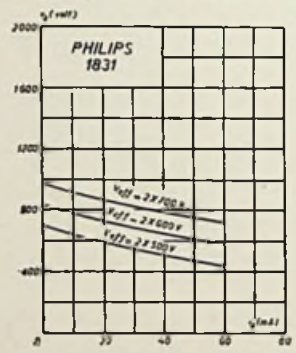
HOOGVACUUM GELIJKRICHTLAMPEN

VOOR DUBBELFASIGE
GELIJKRICHTING,

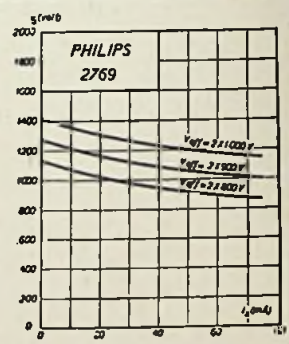
ZIJN IN HET BIJZONDER GESCHIKT VOOR
VOEDING VAN VERSTERKERLAMPEN



1561 VOOR
12 WATT VERSTERKERLAMPEN
ZOOALS E 443 N, E 408 N.



1831 VOOR
25 WATT VERSTERKERLAMPEN
ZOOALS F 410, F 443



2769 VOOR
GROOTERE VERSTERKERLAMPEN
ZOOALS M C 1/50

N.V. PHILIPS' RADIO

Radio-Nieuws.

ORGAAN VAN DE NED. VER.

Onder Redactie van J. CORVER,
BURNIERSTRAAT 38,
DEN HAAG.



VOOR RADIO-TELEGRAFIE.

Uitgever: N. VEENSTRA,
LAAN VAN MEERDERVOORT 30,
DEN HAAG, Tel. 332112.

Abonnementsprijs voor niet-leden / 9.— per jaargang van 12 nummers. Buitenland / 10.—
Leden der Vereeniging (contributie / 8.— per jaar) ontvangen het maandblad gratis.
Secretaris-Penningmeester: B. Silkkerveer, Obrechtstraat 104/6, den Haag.

INHOUD: Een laagfrequent filter voor den Omroep ontvanger. — Een gelijkstroomversterker. — Metingen aan het „Idzerda-schema“. — Het Piezo-electrische effect bij kwartskristallen. — Openbaar gemaakte Octrooiaanvragen.

Een laagfrequent filter voor den Omroep ontvanger.

Door G. A. VAN TILL, Stud. ing.

Hier volgen eenige gegevens voor een zeer effectief lowpass filtertje, dat direct vóór den in wel bijna alle amateurontvangers aanwezigen laagfrequenttransformator geschakeld kan worden.

Deze plaatsing heeft verschillende voordeelen, daar in het geval, dat de aan het filter voorafgaande lamp de detector is, overbelasting van den laagfrequentversterker door hogere frequenties, dan die het filter doorlaat, onmogelijk wordt en in vele gevallen zal dan ook een hoogfrequent smoorspoeltje tusschen detector en transformator gemist kunnen worden. In fig. I en II ziet men de schakeling, met toepassing van een enkel en met een dubbel filter. Men kan de hiermee te bereiken resultaten toetsen aan de gegeven krommen, die ik in de gelegenheid was op het Radio Laboratorium der Rijks-telegraaf op te nemen.

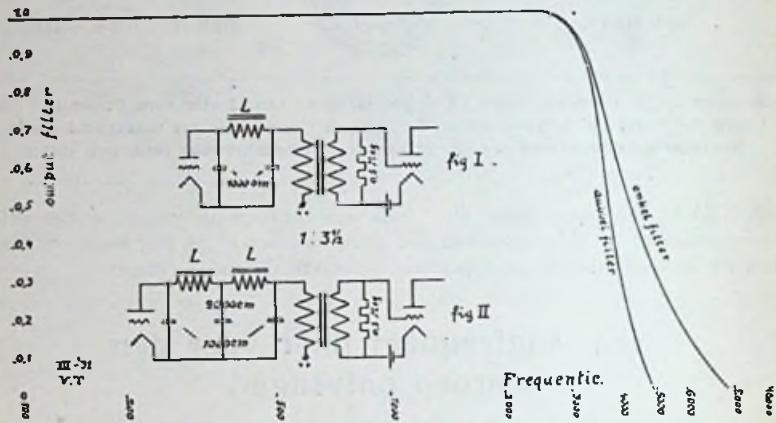
Zooals men ziet, is een dubbel filter (fig. II) wel gewenscht en dit zal voor alle practisch voorkomende gevallen voldoende zijn.

Als smoorspoelen werden hier gebruikt twee spoeltjes van 1650 windingen 0,2 mm, 2 × zijde, gewikkeld op ijzerkern van 1,5 cm Ø, die een zelfinductie van 3,9 Henry hadden en een gelijkstroomweerstand van ongeveer 60 Ω.

Zonder veel bezwaar zal men het in R.-E. No. 13 besproken

Varley smoorspoeltje DP 18 van 3 Henry voor dit doel kunnen gebruiken, indien de Ohmsche weerstand niet belangrijk grooter is ¹⁾. De afknijpfrequentie zal dan van ruim 3400 naar 3900 perioden verlegd worden, bij de zelfde waarden der condensatoren (Loewe).

De resultaten met een dergelijk filter in een ontvanger, vooral op de korte omroepgolven, zijn werkelijk de moeite van het maken waard. Een zender als Londen 356 m., die door de interferentie



van Mühlacker geregeld gestoord wordt, terwijl suizende en ruischende intermodulaties van de beide stations alle ontvangst soms bederven, wordt nu genietbaar. Merkwaardig is, dat de muziek niets van haar helderheid verliest, al wordt natuurlijk het timbre van de verschillende instrumenten, evenals bij gramfoonweergave, niet zoo zuiver meer weergegeven, maar dit laatste zal men alleen bij de allerbeste stations waarnemen. Bij de Hollandsche zenders merkt men er niets van, wat timbre betreft, of het filter in of uitgeschakeld is!

Hier volgen de noodige formules voor de berekening van Lowpass en Highpass filters, deze laatste b.v. voor de U. K. G. telegrafie ontvangst, waar een goede combinatie van beide filters de neembaarheid van zwakke signalen kan vergrooten.

Lowpass (fig. III):

$$\text{Hiervoor geldt: } Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$\text{Afknijp frequentie } f_c = \frac{1}{\pi \sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{\pi Z_0 f_c} \text{ en } L = \frac{Z_0}{\pi f_c}$$

¹⁾ Die weerstand bedraagt slechts 47 Ohm, Red.

Highpass (fig. IV):

$$\text{Hiervoor geldt: } Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

$$f_c = \frac{1}{4\pi \sqrt{LC}}$$

$$C = \frac{1}{4\pi Z_0 f_c} \text{ en } L = \frac{Z_0}{4\pi f_c}$$

Bij een afsluitweerstand van het filter Z_0 , sluite men de secundaire van den transformator af met $r^2 Z_0$, waarin r de wikkelingsverhouding van den transformator voorstelt. De ingangsweerstand van het filter is niet zoo kritisch; bij meting bleek, dat zelfs een belangrijk lagere waarde dan Z_0 de filterkwaliteit niet noemenswaard beïnvloedde. Men kan dus het filter zoowel achter een detector als achter de 1ste laagfrequent lamp schakelen.

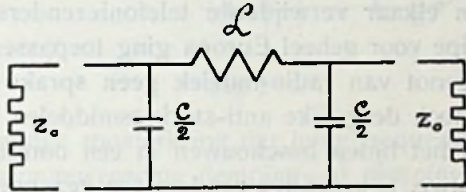


fig III lowpassfilter

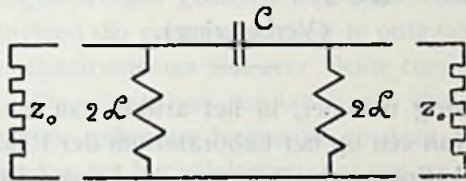


fig IV Highpassfilter

Natuurlijk kan men ook een lowpass filter uitsluitend als luidsprekerfilter uitvoeren, door plaatsing tusschen den uitgangstransformator en het luidsprekerspoeltje, maar in dat geval zijn er geen universeel bruikbare waarden voor op te geven, door het zoo uiteenloopen der gebruikte luidsprekers. Degene, die een luidsprekerfilter wil berekenen, dient er wel aan te denken, dat eventueele metingen, met een zuiver Ohmschen weerstand als afsluitweerstand, de werkelijkheid zeer zullen flatteeren, daar toch voor verschillende frequenties de impedantie van het luidsprekerspoeltje sterk van den Ohmschen weerstand verschilt. De lagere waarden van zelfinducties

in een dergelijk filter en de daarbij behorende lagere Ohmsche weerstand der wikkeling kunnen in theorie dus wel tot een filter leiden, dat scherper afsnijdt, maar dit voordeel wordt weer te niet gedaan door den met de frequentie varieerenden afsluitweerstand.

Voor verdere gegevens leze men na: Johnson, Transmission Circuits for Telephonic Communications, uitgegeven door de Western Electric Co., waarin alle vormen van filter uitvoerig behandeld worden.

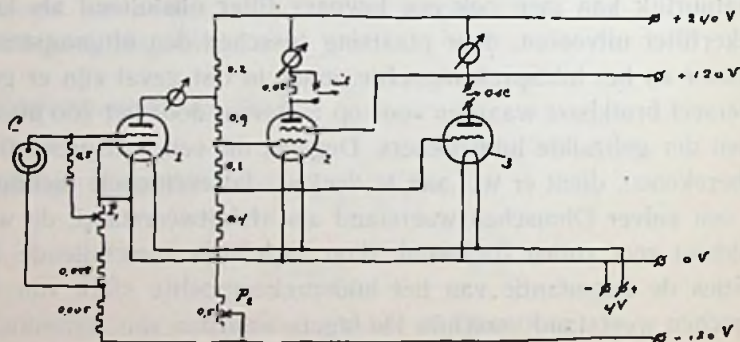
P.S. Zoojuist viel mijn oog op een stukje betreffende de Stenode Radiostat in R.-E. No. 16.

Met een selectieven ontvanger met bandfilters zou men, bij toepassing van het hierboven beschreven laagfrequentfilter, het zelfde geval krijgen. Ook dan zeeft men een interferentie van 5000 Hertz uit en hoeft men geen storing meer te ondervinden van twee slechts 5000 Hertz van elkaar verwijderde telefoniezenders. Indien men echter dit principe voor geheel Europa ging toepassen, zou er toch van muzikaal genot van radio-muziek geen sprake meer kunnen zijn. Men moet toch dergelijke anti-storingsmiddelen uitsluitend als verzachting van het lijden beschouwen in een omroepchaos, waar steeds meer nieuwe, te krachtige zenders een gezonde ontwikkeling van den omroep belemmeren.

Een gelijkstroomversterker.

(Verbetering).

Het in het vorig nummer, in het artikel van Ir. Vormer afgedrukte schema van een op het Laboratorium der Rijkstelegraaf uitgewerkten gelijkstroomversterker was door een fout in het cliché niet compleet. Wij drukken daarom het schema hierbij nogmaals af in verbeterden vorm.



Metingen aan het „Idzerda-schema”.

Door H. STOET en L. H. v. HARREVELT.

Daar de meeningen over deze schakeling nog steeds uiteenlopen, is het wellicht wenschelijk de resultaten van enkele door ons gedane metingen te publiceeren.

Deze metingen werden als volgt uitgevoerd:

De generator G (fig. 1) werd gekoppeld met den uit een enkele

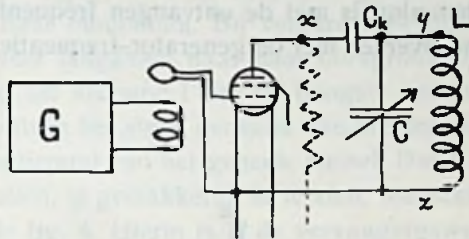


Fig. 1

winding bestaanden roosterkring der hoog-frequentlamp. Zulks ter vermindering van ongewenschte demping- of dempingsreductie.

Gezocht werd het verband tusschen de spanningen, die optreden tusschen Z en X (fig. 1) en tusschen Z en Y, bij verschillende waarden van C.

Deze spanningen werden gemeten met twee Moullin-voltmeters. Teneinde den invloed der meter-capaciteit te ontgaan, werd in serie met de beide meetinstrumenten een zeer kleine condensator geschakeld ($1 \mu\mu\text{F}$). De capacatieve reactantie van den meter bedroeg n.l. 6000Ω voor de gebruikte frequentie en deze zou parallel geschakeld worden aan het koppellement, dat een weerstand was van 75.000Ω .

Ter verduidelijking kunnen wij fig. 1 vervangen door fig. 2. Aangezien bleek, dat de spanningsvariaties tusschen Z en X het

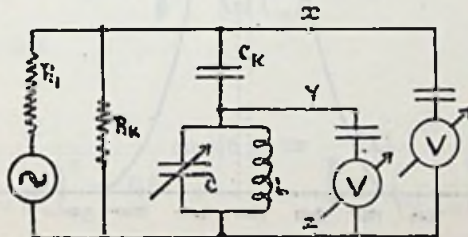


Fig. 2

beste afleesbaar waren bij betrekkelijk groote C_k , werd deze ingesteld op $8 \mu F$.

De LC-keten was van zeer goede kwaliteit en opgebouwd uit een spoel van Litze-draad (log. decr. = 0,03 en $L = 208 \mu H$) met een frequentie-lineairen condensator. In fig. 3 geeft kromme II het verband aan tusschen de spanning Z, X en de afstemming van de LC-keten. Kromme I geeft het verband weer van de spanning op de LC-keten (Z, Y) en de afstemming hiervan.

Wij zien hieruit, dat bij maximale spanning tusschen Z en Y in den plaatkring *geen serie resonantie optreedt*, terwijl de LC-keten evenmin in afstemming is met de ontvangen frequentie.

De lijn C komt overeen met de generator-frequentie. De spanning

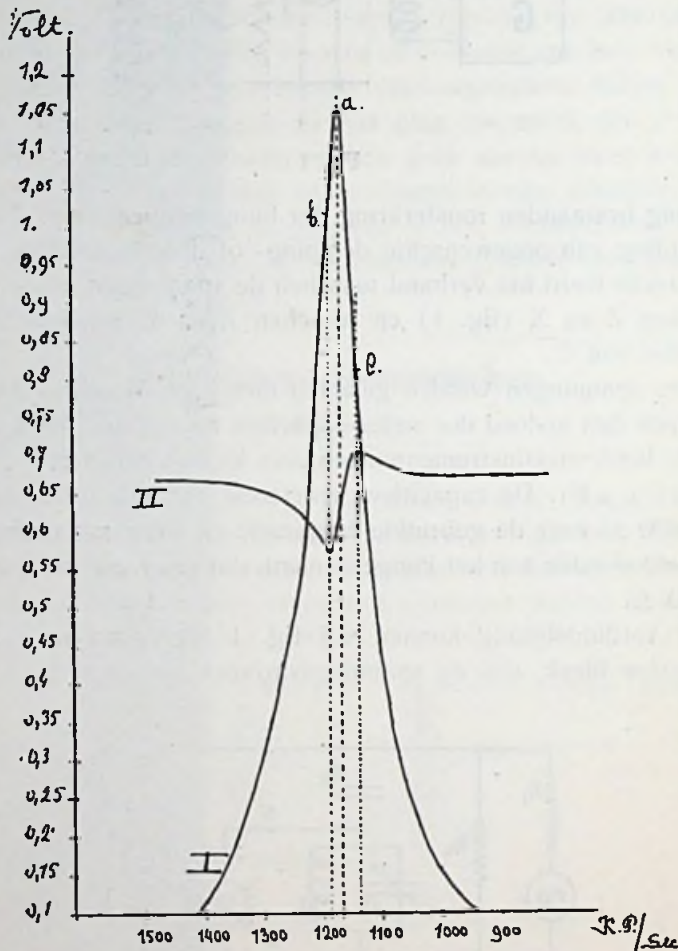


Fig. 3

tusschen Z en X is hier maximaal. Dit laatste ligt ook voor de hand, daar de totale plaatkring-impedantie nu gelijk is aan:

$$\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + \left(R_i + \frac{L}{C R}\right)^2}$$

(het koppellement is hier buiten beschouwing gelaten) en dus ook haar maximale waarde heeft.

Verminderen wij nu de capaciteit van C, dan wordt de LC-keten inductief. Bij een zekere waarde van deze inductieve reactantie treedt spanningsresonantie op met C_K . Dit laatste is het geval op lijn b. De spanning Z, X is nu zeer snel gedaald vanaf lijn c en komt hier op haar minimum. Bij verdere verkleining van C stijgt de spanning weer langzaam naar haar oorspronkelijke waarde.

Verder blijkt uit kromme I dat de hoogste spanning tusschen Z en Y (lijn a) valt in het steile gedeelte van kromme II. Dit laatste is dus het resonantiepoint van het geheele stelsel. Dat a steeds *tusschen* b en c moet vallen, is gemakkelijk in te zien, wanneer wij het stelsel beschouwen als fig. 4. Hierin is R de vervangingsweerstand van de parallelschakeling van R_i (lampweerstand) met den koppelweerstand.

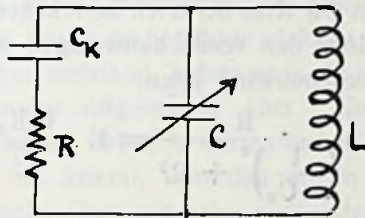


Fig. 4

Men kan nu C_K omrekenen als een capaciteit parallel aan C, en R als een weerstand (R_K) die in de keten opgenomen is en dus bij den reeds bestaanden kring-weerstand opgeteld kan worden.

De impedantie van de serieschakeling van C_K en R vinden wij uit:

$$Z = \sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2}.$$

Cos φ wordt dus:

$$\frac{R}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2}} \quad \text{en} \quad \sin \varphi = \frac{\frac{1}{\omega C_K}}{\sqrt{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2}}$$

De wattloze component door Z wordt dus:

$$I_{w1} = E \cdot \frac{\frac{1}{\omega C_K}}{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2}$$

De wattcomponent wordt:

$$I_w = E \cdot \frac{R}{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2}$$

De wattlooze component is dus het gedeelte van den rondgaanden stroom, dat door de omgerekende parallelcapaciteit aan C gaat.

$$\text{De rondgaande stroom is dus: } E \cdot \frac{\frac{1}{\omega C_K}}{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2} + E \cdot \omega C$$

of: $\frac{E}{\omega L}$ of wanneer de frequentie geëlimineerd wordt: $E \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$

Hier zijn dus de capacatieve reactanties en resp. ook de capaciteiten uit op te lossen. Wij zien tevens, dat door den invloed van R, de omgerekende parallel capaciteit aan C steeds kleiner is dan C_K .

Vervolgens kunnen wij R in de keten omrekenen. De wattcomponent, de de keten door den reeds aanwezigen weerstand opnam, kunnen wij buiten beschouwing laten.

$$I_w = E \cdot \frac{R}{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2} = E \cdot \frac{C R_K}{L} \text{ dus:}$$

$$\frac{R}{\left(\frac{1}{\omega C_K}\right)^2 + R^2} \cdot \frac{L}{C} = R_K$$

Hierin is C de totale capaciteit en R_K de weerstand, in de keten omgerekend, welke dus bij den reeds aanwezigen weerstand opgeteld kan worden.

Bij de meting was C_K op $8 \mu \mu F$ ingesteld en de koppelweerstand was 75000Ω terwijl de lampweerstand 250.000Ω bedroeg. De omgerekende weerstand was nu $\pm 30 \Omega$, terwijl de ketenweerstand slechts 16Ω bedroeg. De ketenweerstand werd dus tot 46Ω verhoogd.

Voor normaal gebruik was C_K dan ook zeer veel te groot en kon tot minder dan $1 \mu \mu F$ verkleind worden. De ketenweerstand wordt dan slechts zeer weinig vermeerderd. Dit is dan ook de oorzaak van het feit, dat de geluidsterkte maar weinig vermindert met het verkleinen van C_K en dat de selectiviteit enorm stijgt.

De stabiliteit van het stelsel wordt ook gemakkelijk verklaard, wanneer we bedenken, dat de plaatkring alleen inductief is tusschen b en c (fig. 3) en dan wordt de inductieve reactantie van de CL-keten nog verminderd met $\frac{1}{\omega C_K}$ en is dus steeds veel kleiner dan bij een sperkringschakeling buiten resonantie.

Zooals uit het bovenstaande blijkt, wordt de selectiviteit in sommige getallen (bij hooge R_1) beter, indien men als koppellement een smoorspoel bezigt van goede kwaliteit. Deze gedraagt zich als een kleine capaciteit (met betrekkelijk grooten verliesweerstand) welke weer in serie met C_K aan de CL-keten parrallel geschakeld wordt.

Het Piezo-electrische effect bij kwartskristallen.

Door Ir. H. NILLESEN.

Inleiding.

Het piëzo-electrische effect — waarvan o.a. gebruik wordt gemaakt voor het constant houden van de golflengte van een zender — bestaat daarin, dat er op bepaalde vlakken van een kwartskristal elektrische ladingen ontstaan, indien er in de een of andere richting krachten op worden uitgeoefend (het „directe” of „primaire” effect); en omgekeerd, dat er krachten in het kristal, dus vormveranderingen van het kristal, optreden indien elektrische ladingen worden aangebracht (het „omgekeerde” effect). Het verschijnsel is maximaal in richtingen loodrecht op de lengte-as van het kristal.

Het effect werd in 1880 door het echtpaar Curie ontdekt en nader bestudeerd.

Uit proeven van Cady, Pierce en Langevin is gebleken, dat een kristal in een electrisch wisselveld geplaatst in mechanische trilling geraakt, en dat er bij een trillend kristal een wisselveld gevormd wordt.

Bouw van het kristal.

Het kristal waaruit de kwartsplaatjes gesneden worden, is een zuiltje of pijpje, dat als loodrechte doorsnede een regelmatigen zes-hoek vertoont. Fig. 1 geeft hiervan een duidelijk beeld. Om de verschillende richtingen in het kristal aan te duiden, leggen we een assenstelsel vast.

De Z-as of lengte-as wordt ook wel optische-as genoemd.

De *X*-assen gaan door twee tegenover elkaar liggende hoekpunten van een loodrechte doorsnede en maken onderling hoeken van 120° . Zij worden ook wel elektrische assen genoemd.

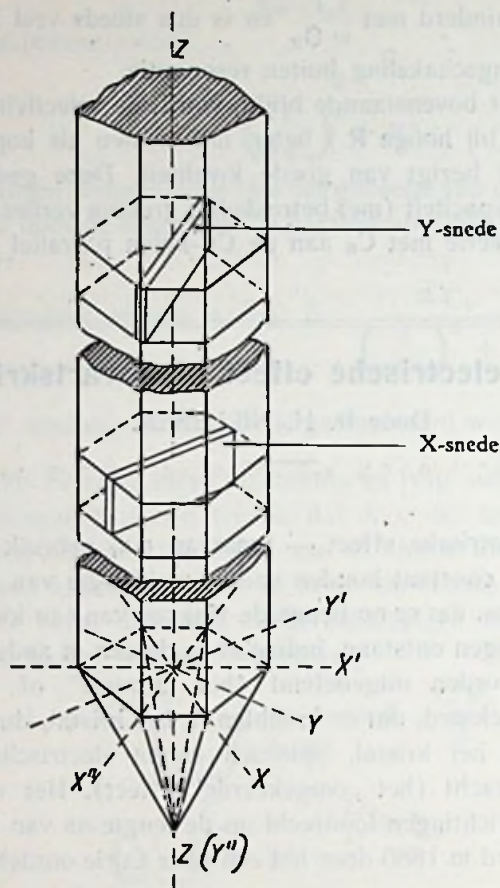


Fig. 1

De *Y*-assen staan loodrecht op de zijden van een loodrechte doorsnede en vormen onderling hoeken van 120° ; zij staan loodrecht op de *X*-assen. Zij heeten ook wel mechanische assen.

Snijwijzen van de kwartsplaatjes.

Daar het piëzo-electrische effect maximaal is in richtingen loodrecht op de *Z*-as worden de plaatjes gesneden evenwijdig aan deze as en verder loodrecht op een *X*- of *Y*-as. Plaatjes die loodrecht op de *X*-as en die welke loodrecht op de *Y*-as gesneden zijn, hebben geheel verschillende eigenschappen. In de litteratuur komen deze onder allerlei verschillende benamingen voor en wel als volgt:

De „X”, „N”, loodrechte, „O” of „Curie”-sneede; deze staat loodrecht op de X-as, dus loodrecht op een zijde van den zeshoek (zie fig. 2).

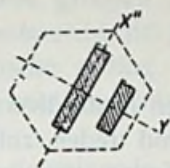


Fig. 3. Y-sneede.

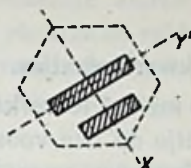


Fig. 2. X-sneede.

De „Y”, „T”, „parallel” of „30°” sneede; deze staat loodrecht op de Y-as, en is dus evenwijdig aan een zijde van den zeshoek (zie fig. 3).

In de volgende beschouwing zullen we de benamingen X- en Y-sneede aanhouden.

Algemeene beschouwing van de eigenschappen van kwarts-plaatjes.

Zooals reeds werd opgemerkt, treden er tengevolge van mechanische krachten elektrische ladingen, en tengevolge van elektrische ladingen mechanische krachten op. De figuren 4 tot en met 7 geven hiervan voorbeelden voor een X-sneede. Een druk op twee tegenover elkaar liggende vlakken veroorzaakt ladingen op twee hierop loodrecht staande vlakken, (fig. 4); trekkrachten op dezelfde vlakken



Fig. 5



Fig. 4

doen de ladingen van teeken omkeeren (fig. 5). De trekkrachten in fig. 6 hebben hetzelfde effect als de drukkrachten in fig. 4 en de drukkrachten in fig. 7 hetzelfde effect als trekkrachten



Fig. 7



Fig. 6

in fig. 5. We zien, dat bij deze voorbeelden het elektrische veld en de tengevolge hiervan optredende krachten (deformaties) loodrecht op elkaar staan; dit verschijnsel heet het

transversale piëzo-electrische effect. Indien het electriche veld en de deformatie in dezelfde richting optreden spreekt men van het longitudinale piëzo-electrische effect.

Trillingen van kwartsplaatjes.

Teneinde eenig inzicht te verkrijgen in de diverse trillingen, die bij een kwartsplaatje op den voorgrond treden, zullen we eerst het een en ander releveeren over trillingen van meer eenvoudige lichamen. Stellen we ons een aan één zijde ingeklemde breinaald voor; indien deze uit haar evenwichtstoestand gebracht wordt en dan aan zichzelf overgelaten, zal zij een trillende beweging uitvoeren. Deze trilling heet een eigen of vrije trilling.

In principe kunnen er twee soorten trillingen optreden, en wel: *longitudinale trillingen*, waarbij de beweging der trillende deelen in de voortplantingsrichting geschiedt;

transversale trillingen, waarbij de beweging der trillende deelen loodrecht op de voortplantingsrichting geschiedt.

Een voorbeeld van een longitudinale trilling is bijv. het voortplantingsverschijnsel van geluidstrillingen in de lucht of een in de lengterichting aangestooten staaf.

Voorbeelden van transversale trillingen zijn een buigingstrilling (ingeklemde breinaald), een wringings- of torsietrilling (scheepsas), een schuivingstrilling.

Gaat het om isotroop materiaal, d.w.z. materiaal, dat in alle richtingen dezelfde eigenschappen bezit, dan kan bij benadering de frequentie van den eigentrillingstijd bepaald worden. Zoo geldt b.v. voor de longitudinale trilling van een staaf:

$$n = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{E}{D}} \dots \dots \dots (1)$$

waarin:

- n = frequentie,
- l = lengte van de staaf,
- E = elasticiteits-modulus,
- D = dichtheid.

Proefondervindelijk is gebleken, dat formules geldende voor staven isotroop materiaal in eerste benadering kunnen worden toegepast op kwartsstaven en dat kwartsplaatjes zoowel volgens de X-, als volgens de Y-snede kunnen worden opgevat als staven met een geringe lengte, zoodat dus ook voor kwartsplaatjes conclusies kunnen worden getrokken uit de bekende eigenschappen van isotrope staven.

We zullen nu overgaan tot de beschouwing van de trillingen bij kwartsplaatjes. Wij merken hierbij essentiële verschillen op tusschen plaatjes volgens de X- en die volgens de Y-sned, zoodat we dus deze twee groepen afzonderlijk zullen bekijken. In het volgende is verondersteld, dat het elektrische veld tengevolge waarvan de mechanische trilling optreedt, loodrecht op de breedterichting van het kristal wordt aangebracht.

1) *X-sned.*

Hierbij treden de volgende trillingsvormen op den voorgrond:

a) *Een longitudinale trilling, die zich in de richting van de X-as voortplant, dus volgens de dikterichting van het kristal. Deze trilling wordt naar haar voortplantingsrichting ook wel „X-golf” genoemd. Zij ontstaat tengevolge van het longitudinale piëzo-electrische effect. Hiervoor geldt:*

$$\lambda = h \times e \dots \dots \dots (2)$$

waarin:

λ = golflengte van de elektrische trilling in m,

h = golfconstante; dit is de golflengte van de elektrische trilling in m per mm van de afmeting van het kristal in de voortplantingsrichting, dus in dit geval de dikte,

e = afmeting van het kristal in de voortplantingsrichting in mm, dus in dit geval de dikte.

Voor dezen trillingsvorm ligt h tusschen 103 en 107 met een gemiddelde van 104,8. Dit wil dus zeggen, dat b.v. de golflengte opgewekt door de elektrische trilling van een trillend kwartsplaatje van 1 mm dikte, 104,8 m bedraagt.

Men vindt een overeenstemmende waarde van de golflengte door formule (1) toe te pasen, waarin dan de waarden van E en D voor kwarts gesubstitueerd worden. De frequentie-temperatuur-coëfficiënt van deze trilling is negatief, d.w.z., dat bij toenemende temperatuur de eigenfrequentie afneemt.

b) *Een longitudinale trilling, die zich in de richting van de Y-as voortplant, dus in de breedterichting van het kristal. Deze trilling wordt, naar haar voortplantingsrichting, ook wel „Y-golf” genoemd. Zij ontstaat tengevolge van het transversale piëzo-electrische effect. De deformaties, die optreden, zijn in fig. 2 gestippeld aangegeven. De frequentie van deze trilling is vele malen lager dan die van de longitudinale trilling langs de X-as, hetgeen blijkt indien men formule (1) toepast waarin nu l de breedte van het kristal, die eenige malen de dikte is, voorstelt.*

Experimenteel is gebleken, dat ook voor dezen trillingsvorm formule (2) geldt, waarbij dan h ligt tusschen 110 en 118 met een

gemiddelde van 113,5. Dit wil dus zeggen, dat b.v. voor een kristal, dat 20 mm breed is (de trilling plant zich in de breedte-richting voort!) de golflengte der elektrische trilling ca. $20 \times 113,5 =$ ca. 2270 m bedraagt.

Ook de frequentie-temperatuurcoëfficiënt van deze trilling is negatief, evenals bij de onder a) genoemde trilling. Dit is logisch, immers beiden zijn van geheel denzelfden aard, dus op beiden kan formule (1) met dezelfde waarde van E worden toegepast.

2) Y-snede.

Hierbij zijn de volgende trillingen van belang.

a) *Een transversale trilling, die zich in de richting van de Y-as voortplant* (en dus in de richting van de X-as, d.i. in de breedte-richting, trilt). Zij wordt „Y-golf” genoemd, naar de voortplantingsrichting. Zij ontstaat tengevolge van het transversale piëzo-electrische effect. De deformatie die hierbij optreedt, is in fig. 4 (gestipeld) weergegeven. We zien, dat hierbij een verschuiving ten opzichte van elkaar van de verschillende lagen evenwijdig aan de X-as optreedt. Daarom wordt dit ook wel de schuivingstrilling genoemd.

Ook hiervoor geldt weer formule (2) waarbij h tusschen 130 en 175 ligt, met een gemiddelde van 153. Voor e moet ook nu weer de afmeting van het kristal in de voortplantingsrichting, dus in de richting van Y-as, genomen worden, d.i. de dikte. Deze waarde van h geldt alleen voor dunne platen met een groote oppervlakte. De frequentie-temperatuurcoëfficiënt van deze trilling is positief.

b) *Een longitudinale trilling, die zich in de richting van de X-as voortplant*, dus volgens de breedterichting van het kristal. Dit is dus een „X-golf”. Zij ontstaat tengevolge van het transversale piëzo-electrische effect. Ook hiervoor geldt formule (2) waarin h gemiddeld 104,8 bedraagt, en voor e de breedte van het kristal gesubstitueerd moet worden. De golflengte van deze trilling is vele malen grooter dan die van de schuivingstrilling. De frequentie-temperatuurcoëfficiënt is evenals bij de X-snede negatief.

We merken op, dat een Y-snede twee trillingen kan uitvoeren met tegengestelden frequentie-temperatuurcoëfficiënt; een eigenschap waarvan straks de belangrijkheid zal blijken.

Ofschoon de verschijnselen bij een Y-snede van zeer ingewikkelde aard zijn, zullen wij toch ook op deze dieper ingaan, daar zij in de practijk veelal wordt toegepast en wel omdat zij gemakkelijk genereert en bovendien zoodanig gemaakt kan worden, dat de

frequentie-temperatuur-coëfficiënt slechts zeer gering is. Het nadeel is, dat er gemakkelijker fouten bij het slijpen zullen ontstaan dan bij een X-snede omdat deze laatste voor eenzelfde golflengte grotere afmetingen heeft dan een Y-snede.

Verder merken we op, dat de golfconstante voor een bepaalden trillingsvorm bij een der beide sneden zich binnen zeer ruime grenzen beweegt. Dit kan het gevolg zijn van een der volgende oorzaken:

- a) Het kristal is niet nauwkeurig een X- of Y-snede; zoo kan een fout van 1 of 2° in de bepaling van de optische as zeer groote afwijkingen veroorzaken.
- b) Het kristal is niet zuiver op maat geslepen; een afwijking van slechts 0,005 mm geeft al groote verschillen.
- c) Het kristal is niet geslepen, doch gespleten.

Vervangingschema van een kwartsplaatje in een electrisch veld.

Indien een kwartsplaatje in een electrisch wisselveld geplaatst wordt (fig. 8) zal het in mechanische trilling geraken. Veranderen

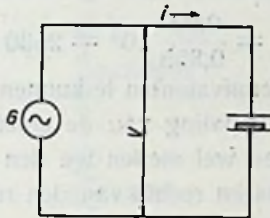


Fig. 8

we de frequentie van het wisselveld geleidelijk, dan zal het kristalplaatje op een gegeven oogenblik een zeer sterke trilling uitvoeren. Dit is het geval als een der mechanische eigen-frequenties van het kristalplaatje overeenkomt met de frequentie van het electrische wisselveld (resonantie). De trillingen zijn niet met het bloote oog waar te nemen, doch zij worden merkbaar tengevolge van de terugwerking op de keten waarin het plaatje geplaatst is.

Teneinde de terugwerking van een bepaald kristal op de keten na te gaan, ontleenen wij aan een onderzoek (1926) van Dr. Balth. van der Pol de uitkomsten van de volgende meting (zie fig. 8).

We veranderen geleidelijk de frequentie van den generator G. Indien we nu de grootte van den stroom i bepalen als functie van de frequentie, blijkt er een resonantiekromme te ontstaan (zie fig. 9). Inderdaad volgt uit berekeningen en proeven, dat we een kristal in eerste benadering vervangen kunnen denken door serie-schakeling

van een zelfinductie, een capaciteit en een weerstand. Brengen we de frequentie van den (triode-) generator G nauwkeurig in resonantie met een eigenfrequentie van het kristal dan vinden we bijvoorbeeld:

$$i_r = 0,355 \times 10^{-3} \text{ A,}$$

$$v = 0,90 \text{ V,}$$

$$\lambda_r = 2430 \text{ m.}$$

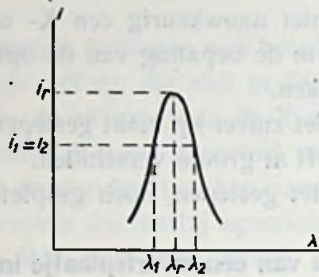


Fig. 9

De waarde van den weerstand, die een der elementen van het vervangingsschema uitmaakt, bedraagt dus:

$$R = \frac{v}{i_r} = \frac{0,90}{0,355} 10^3 = 2530 \text{ ohm.}$$

Teneinde de overige equivalenten te kunnen berekenen, verrichten we de meting, die ter bepaling van de constanten van een L—C keten gebruikt wordt, en wel stellen we den generator in op twee golflengten λ_1 , en λ_2 links en rechts van den resonantiepiek (zie fig. 9) waarvoor de stroomsterkten

$$i_1 = i_2 = \frac{i_r}{\sqrt{2}} = 0,7 i_r \text{ worden.}$$

Dan is:

$$\delta = \pi \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\lambda_r} \dots \dots \dots (3)$$

($\delta = \text{logarithmisch decrement} = \log \frac{A_1}{A_2} = \log \frac{i_t}{i_{t+T}} = \frac{R T}{2 L}$; zie fig. 10)

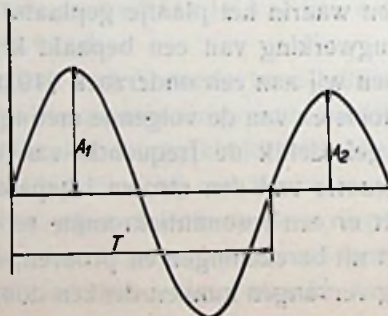


Fig. 10

Verder volgt dan:

$$L^H = 1,7 \frac{\lambda_r^m \times R^{\text{ohm}}}{\delta} \times 10^{-9} \dots \dots \dots (4)$$

$$C^F = 1,7 \frac{\lambda_r^m \times \delta}{R^{\text{ohm}}} \times 10^{-10} \dots \dots \dots (5)$$

Uit de meting blijkt, dat voor golflengten welke 0,11 m links en rechts van λ_r liggen, de stroom 0,7 i. wordt. Passen we nu de formules (3), (4) en (5) toe dan volgt:

$$\delta = \pi \frac{0,22}{2430} = 0,284 \times 10^{-3} = 0,0003,$$

$$L = 1,7 \frac{2430 \times 2530}{0,284 \times 10^{-3}} \times 10^{-9} \text{ H} = 37 \text{ H},$$

$$C = 1,7 \frac{2430 \times 0,284 \times 10^{-3}}{2530} \times 10^{-10} \text{ F} = 0,046 \mu\mu\text{ F}.$$

Blijkens deze meting is dus de equivalente zelfinductie zéér groot en de equivalente capaciteit zéér klein, terwijl ook het logarithmisch decrement gering is. Het vervangingsschema is in fig. 11 weergegeven.

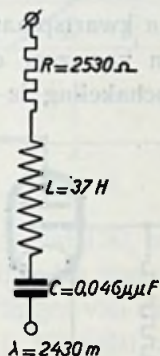


Fig. 11

Een ander kristal geeft de volgende resultaten:

$$i_r = 0,18 \times 10^{-3} \text{ A},$$

$$v = 1,0 \text{ V},$$

$$\lambda_r = 273 \text{ m}.$$

Hieruit volgt:

$$R = \frac{v}{i_r} = \frac{1,0}{0,18} \times 10^3 = 5500 \text{ ohm}$$

Voor golflengten 0,335 m links en rechts van de resonantiepiek worden de stroomen 0,7 i.

Hieruit volgt:

$$\delta = \pi \frac{0,67}{273} = 0,0077$$

$$L = 1,7 \frac{273 \times 5500}{0,0077} \text{ H} = 33 \text{ H}$$

$$C = 1,7 \frac{273 \times 0,0077}{5500} \text{ F} = 0,065 \mu\mu \text{ F}$$

Met behulp van de schakeling fig. 8 kunnen dus de eigenfrequenties van een kwartsplaatje bepaald worden.

Montage van een kristal.

Bij de apparaten, die in den handel worden gebracht, wordt meestal de montage met een luchtspleet (zie fig. 19) toegepast. Voor luchtvaartdoeleinden echter, waar het kristal aan hevige schokken blootgesteld is, wordt het veelal tusschen twee electroden vastgeklemd.

Bovendien kunnen onder bepaalde omstandigheden bijzondere constructies van den kristalhouder worden toegepast; zie bijv. fig. 23.

Nadere beschouwing der trillingen.

Zoals bekend is, worden kwartsplaatjes gebruikt in triodeschakelingen teneinde trillingen van zeer constante frequentie op te wekken. Een eenvoudige schakeling is in fig 12 aangegeven; de

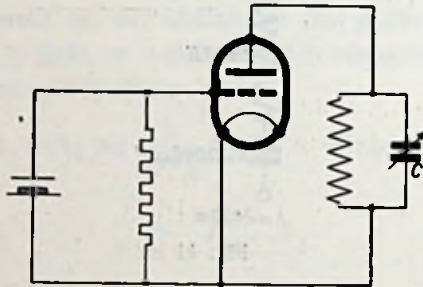


Fig. 12

benodigde stroombronnen zijn niet geteekend. Het kristal is geschakeld tusschen rooster en gloeidraad van de triode. Het is echter ook mogelijk om het met rooster en plaat te verbinden.

De rooster-gloeidraadschakeling is de meest gebruikelijke, zoodat we hierop dieper in zullen gaan.

Het optreden van mechanische trillingen van het kristal en elektrische trillingen in den in de anodeketen opgenomen LC-kring is te verklaren met behulp van de rooster-plaat capaciteit van de triode. Deze zorgt n.l. voor het terugvoeren naar de roosterketen van een

gedeelte van de in de LC-keten opgewekte trillings-energie. In het aldus ontstane elektrische wisselveld in de roosterketen is het kristal geplaatst.

We zullen nu overgaan tot het beschouwen van de frequentie van zulk een kwartsgenerator als functie van:

- 1o. Veranderingen van het kristal zelf (afmetingen, temperatuur).
- 2o. Veranderingen van groottheden van den generator, buiten het kristal gelegen (electroden-afstand, plaatketen-capaciteit, enz.).

Daarna zal ook worden nagegaan welken invloed de verschillende factoren op de amplitude der opgewekte trillingen hebben.

a) *Frequentie als functie van de afmetingen.*

Indien we bij een Y-snede de eigenfrequentie (van de schuivingstrilling) als functie van de dikte e bepalen, bestaat hier tusschen een lineair verband volgens formule (2), zie fig. 13. De golf-

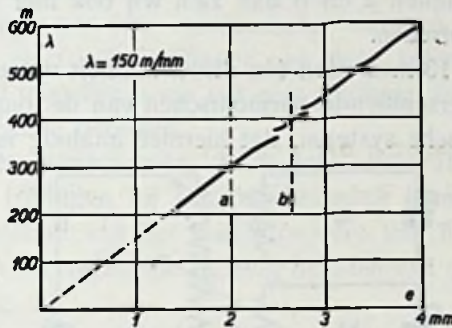


Fig. 13

constante h bedraagt in dit geval 150, er treden echter discontinuïteiten op. Deze onregelmatigheden komen voor in de buurt van die punten waar harmonischen liggen van de longitudinale trilling (van betrekkelijk lage frequentie). Dit wijst op een onderlinge beïnvloeding van de schuivings- en longitudinale trilling. Dit bracht R. A. Heising op het idee om de koppeling van deze mechanische trillingen te vergelijken met de verschijnselen die optreden bij koppeling van elektrische ketens. Inderdaad blijken deze verschijnselen analoog te zijn. Releveeren we eens eenige eigenschappen van gekoppelde ketens.

Indien kring I (zie fig. 14) met de eigen golflengte λ_1 , bepaald door de constanten van dien kring, trilt en hiermee een tweede kring zeer los wordt gekoppeld, dan zullen eventueele wijzigingen in kring II, b.v. draaien aan den condensator C_2 , practisch geen invloed uitoefenen op de eigengolflengte van I, d.w.z. de golflengte van het systeem gevormd door I + II blijft λ_1 . Bij vastere koppeling

van I en II zal een verandering van C_2 wel degelijk de golflengte van het systeem beïnvloeden en bij zeer vaste koppeling zal dit effect zelfs zoodanig zijn, dat bij draaien aan C_2 op een gegeven oogenblik een plotseling verspringen van de golflengte optreedt.

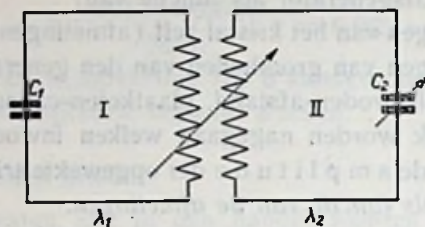


Fig. 14

Beschouwen wij nu in fig. 13 het gedeelte van de kromme tusschen de stippellijnen a en b dan zien wij ook hier een sprong in de golflengte optreden.

Dat in figuur 13 meer dan één discontinuïteit optreedt, vindt zijn oorzaak in de verschillende harmonischen van de longitudinale trilling. Het elektrische systeem, dat hiermee analoog is, is in fig. 15

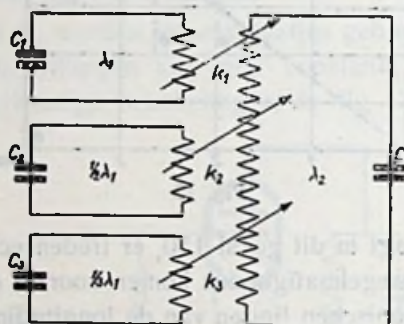


Fig. 15

aangegeven. Het afslijpen van een plaatje in de dikterichting komt overeen met verkleinen van den condensator C waarbij dus achtereenvolgens de verschillende harmonischen van de lengtetrilling gepasseerd worden.

Niet alleen voor het bovenbeschreven geval gaat de analogie op, doch men kan aantoonen, dat afslijpen van het plaatje in de breedterichting overeenkomt met het verkleinen van de condensatoren C_1 , C_2 en C_3 in fig. 15. Dit heeft een golflengte-variatie als aangegeven in fig. 16 tot gevolg. Deze krommen hebben betrekking op een y-snede waarvan de dikte (langs de Y-as) 1,64 mm bedraagt, de lengte (langs de optische as) 54,8 mm. Op de horizontale as in fig. 16 is de breedte van het kristal (langs de X-as) uitgezet.

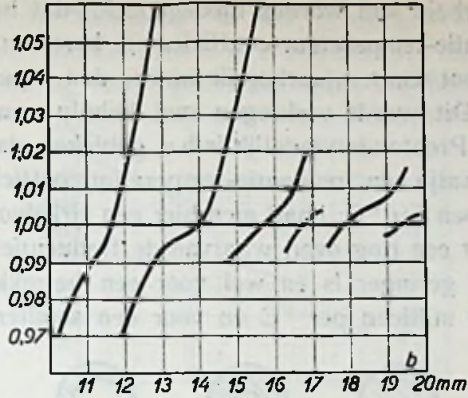


Fig. 16

b) *Frequentie als functie van de temperatuur.*

Uit de analogie van twee mechanische trillingen van een parallelsneede met de elektrische trillingen van twee ketens is ook te verklaren, dat het mogelijk is om een zeer geringen frequentie-temperatuurcoëfficiënt te bereiken.

Vanwege de tegengestelde frequentie-temperatuur-coëfficiënten van de twee trillingen bij een parallelsneede komt het verhoogen van de temperatuur van het kristal overeen met het over een zeer klein gebied in tegengestelde richting draaien van de condensatoren C_1 en C_2 in fig. 14.

Het is zonder meer duidelijk, dat het mogelijk is, dat dan over een bepaald gedeelte van de condensatorschaal (waarmee de temperatuurschaal overeenkomt) de golflengte nagenoeg constant kan blijven (zie fig. 17), terwijl er op een gegeven oogenblik ook weer een golflengtesprong optreedt.

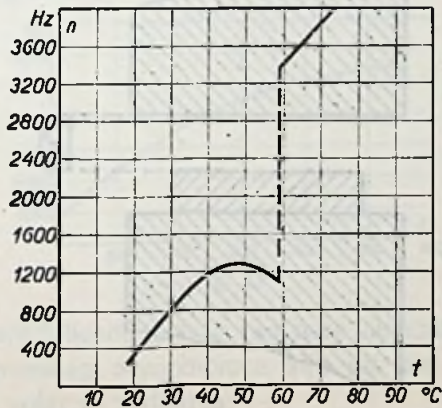


Fig. 17

Als bijzonderheid kan worden medegedeeld, dat het mogelijk is om een frequentie-temperatuur-coëfficiënt te bereiken, die over een betrekkelijk groot temperatuurbereik minder dan 1 per miljoen per $^{\circ}\text{C}$ bedraagt. Dit wordt verkregen met behulp van ringvormige parallelsleden. Proefondervindelijk is b.v. gebleken, dat een bepaald cirkelvormig plaatje een frequentie-temperatuurcoëfficiënt heeft van $+45$ per miljoen per $^{\circ}\text{C}$; haalt men hier een cirkelvormig gedeelte uit, dan blijft er een ring over, waarvan de frequentie-temperatuurcoëfficiënt veel geringer is en wel voor een betrekkelijk breeden ring $+37$ per miljoen per $^{\circ}\text{C}$ en voor een smalleren ring $+4$

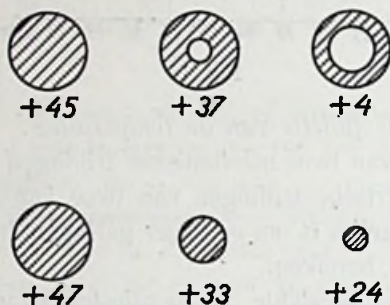


Fig. 18

per miljoen per $^{\circ}\text{C}$ (zie fig. 18). In het vervolg van dit artikel zullen wij zien, dat deze ringvorm nog meer voordeelen heeft.

c) *Frequentie als functie van den electrodenafstand.*

Dit is de eerste van de groep van factoren die de frequentie beïnvloeden en die buiten het kristal zelf gelegen zijn.

We gaan hierbij uit van de montage die in principe in fig. 19

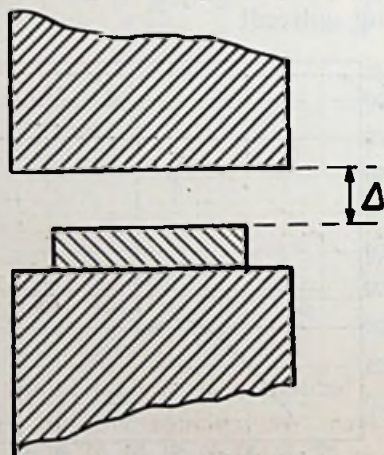


Fig. 19

aangegeven is. De luchtspleet is met Δ aangeduid. De eigenfrequentie van een bepaald kristal is 2 156 800 Hz en we vinden een kromme volgens fig. 20; (getrokken lijn). Bij toenemende lucht-

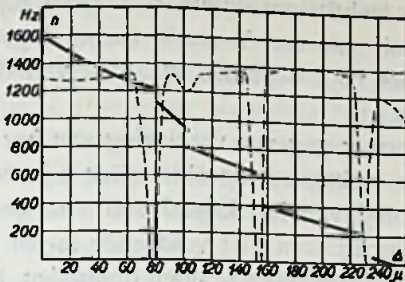


Fig. 20

spleet wordt de frequentie grooter en voor bepaalde waarden van de luchtspleet genereert het kristal geheel niet meer (zoodat dus de wisselstroom in de anodeketen — de gestippelde lijn — nul wordt). De verklaring van deze onregelmatigheden is als volgt:

We zien, dat de „dode plekken” op regelmatige afstanden en wel van 78μ , van elkaar liggen. Nu trilt het kristal met een frequentie van ca. 2 156 800 Hz, waardoor trillingen in de omringende lucht ontstaan met een golflengte van ca. $\frac{333000000}{2156800}$
 $\mu = \text{ca. } 155 \mu$.

We merken op, dat het oscilleeren ophoudt zoodra de luchtspleet een geheel aantal halve golflengten bedraagt. De luchtspleet gedraagt zich klaarblijkelijk als een gesloten orgelpijp.

Niet bij alle kristallen blijkt dit uitdooven van de trillingen bij regelmatige waarden van de luchtspleet op te treden; dit wordt in fig. 21 weergegeven.

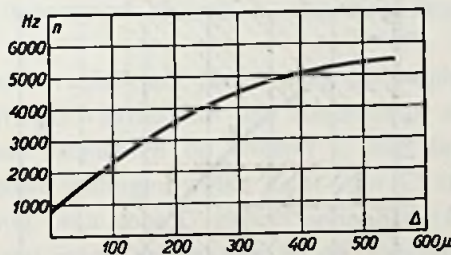


Fig. 21

Dit geheel verschillende gedrag van twee verschillende kristallen, waarvan de krommen overgenomen zijn uit een artikel van ir. Vormer, is als volgt te verklaren:

In het eerste geval hebben we te doen met een kristal, dat in de

richting van de luchtspleet trilt, zoodat de reeds genoemde dempende luchttrillingen optreden.

In het tweede geval voert het kristal een trilling uit zóó, dat er geen trillende luchtkolom ontstaat, hetgeen bij voorbeeld voorkomt bij de Y-golf van een Y-snede (schuivingstrilling), met het gevolg, dat er niet voor bepaalde waarden van de luchtspleet een demping ontstaat.

De door ir. Vormer gegeven verklaring van het continue verloop van de frequentie-luchtspleet karakteristiek bij sommige kristallen, als zou de demping van het kristal zelf zoo gering zijn, dat de demping van de luchtkolom niet voldoende is om bij de aanwezige terugkoppeling het genereeren te doen ophouden, lijkt niet erg aannemelijk. Veeleer zouden we te doen moeten hebben met een groote demping van het kristal, zoodat de optredende luchtdemping t.o.v. de demping van het kristal een te verwaarloozen invloed uitoefent.

Verder merken we op, dat binnen het beschouwde gebied een verandering van de luchtspleet van 1μ gemiddeld een frequentie-variantie van 10 Hz geeft, hetgeen ca. 5 per miljoen beteekent.

d) *Frequentie als functie van de grootte van het elektrodenoppervlak.*

Bij metingen in houders met elektroden van kleinere oppervlakte krijgen we frequentie-luchtspleet-krommen geheel analoog aan die van de figuren 20 of 21. Het blijkt, dat reeds bij kleineren elektrodenafstand het kristal ophoudt met genereeren hetgeen veroorzaakt wordt door de lossere koppeling van het kristal met de keten.

Verder neemt bij kleinere elektrodenoppervlakte de frequentie toe.

e) *Frequentie als functie van den condensator in den anodekring.*

Indien we de waarde van C in fig. 12 veranderen, treedt bij zuiver geslepen kristallen slechts een geringe frequentievariantie op. In fig.

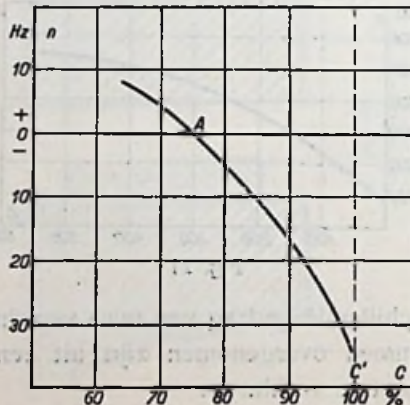


Fig. 22

22 is een beeld gegeven van den invloed van de verandering van C . Langs de horizontale as is de capaciteit van den condensator uitgezet in % van de waarde C' waarbij de eigen frequentie van de anodeketen gelijk wordt aan de eigen frequentie van het kristal. Langs de verticale as is de frequentieverandering in Hz per millioen uitgezet. We zien in fig. 22, dat als we beginnen met een lagen condensatorstand op een gegeven oogenblik het systeem begint te genereeren en dat dan aanvankelijk een verandering van de capaciteit de frequentie betrekkelijk weinig beïnvloedt, maar hoe dichter we de waarde C' naderen des te grooter wordt deze invloed. Juist even voor C' slaat de generator af.

De opgewekte frequentie is dus steeds grooter (de golflengte kleiner) dan de eigen frequentie van het kristal. Bovendien blijkt experimenteel, dat de frequentie-variatie voor een bepaalde verandering C grooter is bij een kleineren lekweerstand.

Teneinde den invloed van C zooveel mogelijk te beperken, verdient het dus aanbeveling om den generator in te stellen met de kleinste capaciteit waarbij het stelsel nog behoorlijk genereert.

Het blijkt, dat in fig. 22 in het werkpunt A bij 1 % capaciteits-variatie de frequentie ca. 1 per millioen verandert.

Bij kristallen waarvan de vlakken niet zuiver evenwijdig geslepen zijn, kan men met den condensator de frequentie over een groot gebied veranderen. Het kristal bezit in dit geval een zeer groot aantal eigen frequenties vlak naast elkaar.

f) *Frequentie als functie van capaciteit parallel aan het kristal.*

Een fijn-instelling van de frequentie van enkele tienden per millioen kan verkregen worden met behulp van een condensator-tortje van eenige $\mu\mu F$ parallel aan het kristal geschakeld.

g) *Invloed van den roosterlekweerstand op de frequentie.*

Hoe lager de weerstand hiervan is, des te geringer is de frequentie.

h) *Invloed der verschillende factoren op de amplitude.*

1) Bij een geringe waarde van den condensator in den anodekring treedt geen oscilleeren op. Neemt C toe dan krijgt men aanvankelijk zwakke trillingen welke dicht voor C' sterk toenemen en iets verder, nog even voor C' geheel ophouden (fig. 22).

2) De weerstand in de anodeketen en de lekweerstand veroorzaken een demping, dus een geringere amplitude. Met het roosterlek is dit niet altijd het geval, bij bepaalde waarden wordt de amplitude grooter omdat dan de lamp in een gunstiger punt van haar karakteristiek gebracht wordt.

3) De rooster-plaat capaciteit bewerkstelligt juist het genereeren

zoals reeds werd verklaard. Bij een zeer groote waarde van deze capaciteit slaat de generator af. Er is een bepaalde waarde waarbij de amplitude maximaal is.

4) Capaciteit parallel aan het kristal verkleint de amplitude.

Uit het bovenstaande blijkt, dat veranderingen in de keten waarin het kristal is opgenomen, zoowel de frequentie als de output beïnvloeden. Het is dus duidelijk, dat een kristal slechts voor een bepaalde frequentie gegarandeerd kan worden in een schema met nauwkeurig vastgelegde waarden der verschillende grootheden.

Toepassing van een kwartskristal in een frequentiestandaard.

Wij zullen een uitvoeringsvorm van een kwartsgenerator beschrijven, waarbij de invloed van die factoren welke de frequentie beïnvloeden, tot een minimum wordt gereduceerd. De bedoelde inrichting dient in een frequentiestandaard voor 100000 Hz en moet dus aan zeer hoge eischen voldoen. Zij is beschreven door Marrison in de „Proceedings”.

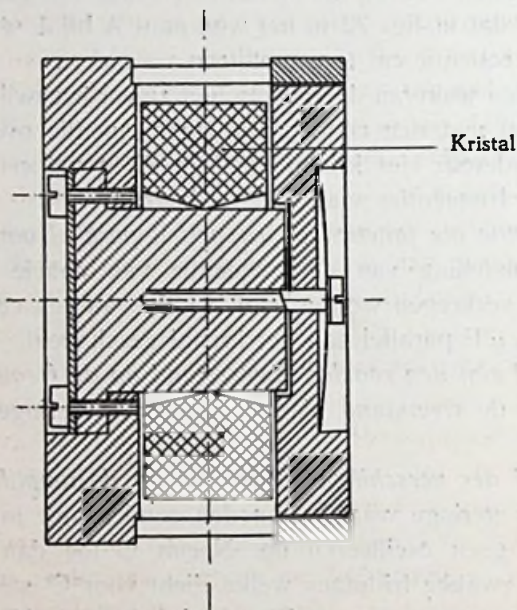


Fig. 23

Er wordt gebruik gemaakt van een ringvormig kristal, volgens de parallelsneede. Niet alleen omdat, zoals reeds werd opgemerkt, hiervan de frequentie-temperatuur-coëfficiënt zeer gering is (minder dan 1 per miljoen per $^{\circ}\text{C}$), maar ook daar dit op een zoodanige wijze in een houder gemonteerd kan worden, dat het nagenoeg geheel vrij

kan trillen. Dit biedt het voordeel, dat kleine druk-veranderingen op de aanrakingsplaatsen, die practisch steeds optreden, slechts een geringe dempingsverandering veroorzaken. De montage in kwestie is in fig. 23 aangegeven. De kristalring is zoodanig geslepen, dat het gedeelte waarmede het kristal op den horizontalen cylinder rust, theoretisch een trillingsknoop is. Vanzelfsprekend bestaat op deze plaats wel eenige trilling, maar in elk geval is de toestand veel gunstiger dan bij een gewoon kristal, dat op een der vlakken ondersteund wordt. Het kristal wordt midden tusschen de electroden gehouden met behulp van papieren spreidertjes.

De verandering van den totalen electroden-afstand is van grooten invloed op de frequentie, maar er wordt voor gezorgd dat deze afstand ondanks temperatuurschommelingen nauwkeurig gelijk blijft door gebruik te maken van een ring van pyrex-glas. De temperatuurcoëfficiënt van pyrex glas is ongeveer een vierde gedeelte van die van kwartskristal loodrecht op de optische as, zoodat de verandering van den electrodenafstand hoofdzakelijk is toe te schrijven aan de uitzetting van het kristal. De invloed op de frequentie, tengevolge van het verschil in uitzetting van het kristal en van den kristalhouder, is zoodoende minder dan 0,5 Hz per millioen °C en kan dus meestal worden verwaarloosd. Het is natuurlijk ook mogelijk om dezen invloed geheel op te heffen, door in plaats van pyrex-glas materiaal te nemen dat denzelfden uitzettingscoëfficiënt heeft als het kwartskristal loodrecht op de optische as.

De kristalhouder is zoodanig uitgevoerd, dat de totale electrodenafstand veranderd kan worden. Hiervan kan gebruik worden gemaakt om de frequentie eenigszins te wijzigen. De schroefdraad van de verplaatsbare electrode wordt met behulp van een veer aangedrukt, zoodat het instellen gelijkmatig plaats vindt.

Ofschoon het kristal en de houder slechts een bijzonder geringen frequentie-temperatuurcoëfficiënt bezitten, is het gewenscht de temperatuur toch zoo constant mogelijk te houden, waartoe een speciale inrichting geconstrueerd is.

Deze bestaat uit een cilindrischen pot van aluminium met een wanddikte van ongeveer $2\frac{1}{2}$ cm voorzien van verwarmingselementen en temperatuurregelaar. Hierin wordt de kristalhouder bevestigd. Aangezien aluminium een goede warmtegeleider is, is de temperatuur binnen in den pot zeer gelijkmatig. Over den aluminium-cylinder is een verwarmingsspoel gewikkeld; ook zijn er verwarmingsspoelen aangebracht op de beide zijvlakken van den cylinder. Op deze wijze wordt de warmte gelijkmatig verdeeld. Teneinde het effect van schommelende of ongelijkmatige temperaturen in de om-

geving tot een minimum te reduceeren, is de aluminiumcylinder omgeven door lagen vilt en bladkoper. De temperatuur van den aluminium pot wordt met behulp van een thermostaat geregeld tusschen ongeveer $+ 0,02$ en $- 0,02$ °C. Om er voor te zorgen, dat zelfs deze kleine veranderingen het kristal niet bereiken, is de geheele kristalhouder omwikkeld met een laag vilt ter dikte van ongeveer 0,5 cm. Op deze wijze worden temperatuurschommelingen die tot het kristal doordringen, nog meer dan 1000 maal verzwakt.

Teneinde het kristal te beschermen tegen vochtigheids- en luchtdrukveranderingen, wordt het onder een luchtdichte klok opgesteld, die iets beneden 1 atm. gepompt wordt.

Bij de gebruikte kristallen verandert de frequentie ongeveer 1 Hz per millioen per 10 cm kwikdruk. De druk wordt constant gehouden tot op ongeveer 1 mm nauwkeurig, zoodat ook de frequentie veranderingen tengevolge van luchtdrukschommelingen geheel te waarloozen zijn.

Daar de luchtdruk de frequentie beïnvloedt, is het mogelijk deze laatste (binnen zeer nauwe grenzen!) te regelen door den luchtdruk te varieeren.

De gebruikte schakeling van den oscillator is aangegeven in fig. 12. Zooals reeds werd opgemerkt, moet de condensator C slechts zoo groot genomen worden, dat nog juist genereeren optreedt; dan zal een geringe verandering van de capaciteit (bijv. tengevolge van een temperatuurverandering) de frequentie nagenoeg niet beïnvloeden.

Verder is de uitgaande keten van den oscillator zeer los gekoppeld met de volgende ketens, teneinde den invloed van veranderingen in deze ketens tot een minimum te reduceeren.

Ook mag het kristal niet te zwaar belast worden, d.w.z. te groote amplitudes krijgen. Dit heeft n.l. verwarming tot gevolg, zoodat de frequentie verandert.

Voor de fijnregeling van de frequentie is een condensatortje van max. $5 \mu\mu$ F aan het kristal parallel geschakeld.

Deze condensator is zoo fijn instelbaar, dat 1 schaaldeel overeenkomt met een frequentie-verandering van ongeveer 0,1 per millioen. Door den geheelen condensator in te draaien, wordt de frequentie ca. 10 per millioen gewijzigd.

Toepassing van een kwartskristal voor zenddoeleinden.

Aan den vorenbeschreven frequentiesstandaard worden inderdaad zeer hooge eischen gesteld. In andere voorkomende gevallen is de gevraagde nauwkeurigheid niet zoo groot en we zullen van een

dergelijke inrichting, genereerende op 500—1500 Hz zooals die in de „General Radio Experimenter” beschreven wordt, de frequentieafhankelijkheid beschouwen.

De volgende factoren komen in aanmerking:

de temperatuur,

de afstemmiddelen in de plaatketen,

de lampen,

de gloeispanning en de anodespanning van de lampen, mechanische schokken.

De normale temperatuur van den generator bedraagt 50° C. Deze temperatuur is hooger dan die welke onder normale omstandigheden ergens optreedt, en niet zoo hoog, dat er groote hoeveelheden warmte moeten worden toegevoerd om ze te bereiken. De afstemcondensator in de plaatketen is ingesteld op de kleinste waarde waarbij, nog behoorlijk genereeren optreedt. Gebruikt worden een kristal volgens de parallelsneede met zeer geringen frequentie-temperatuurcoëfficiënt, en een triode van het type B 405.

a) *Invloed van de temperatuur.*

Uit metingen blijkt, dat gemiddeld voor een temperatuurschommeling van $\pm 0,1$ °C (deze grenzen zijn met een eenvoudigen thermostaat bereikbaar) de frequentieschommelingen ca. 5 per miljoen bedragen. Dit is dus 50 per miljoen per °C. We merken op, dat dit belangrijk onnauwkeuriger is dan bij den beschreven frequentiestandaard, waar de variatie minder dan 1 per miljoen per °C bedraagt.

b) *Invloed van den condensator in den anodekring.*

Indien we den condensator instellen op de kleinste waarde waarbij nog genereeren met een behoorlijke amplitude optreedt, blijken ook variaties van deze capaciteit slechts geringen invloed op de frequentie te hebben. Zij bedraagt slechts 1 per miljoen per 1 % capaciteitsverandering (zie fig. 22).

c) *Invloed van de plaatspanning.*

De veranderingen in de frequentie tengevolge van plaatsspanningsvariatiën zijn nagenoeg onafhankelijk van den stand van den condensator in den anodekring. Zij bedragen ca. 0,5 per miljoen per 1 volt spanningsverandering, en het is op zeer eenvoudige wijze mogelijk om de anodespanning binnen ± 1 volt constant te houden.

d) *Invloed van de gloeispanning.*

Deze invloed is afhankelijk van den stand van den afstemcondensator. Gemiddeld bedraagt zij ca. 5 per miljoen voor 0,1 Volt verandering van de gloeispanning.

e) *Invloed van het verwisselen van lampen.*

Uitwisselen van lampen van eenzelfde type geeft in het algemeen weinig frequentievariatie. Practisch kunnen we rekenen met ± 2 per millioen.

f) *Invloed van schokken.*

Bij een hevigen schok kan de frequentie ca. 10 per millioen verspringen. Na den schok blijft er als regel slechts een geringe permanente frequentieverandering over (ca. 3 per millioen). Een veerende opstelling van kristal met houder reduceert deze variatie aanmerkelijk.

Resumeerende krijgen we dus het volgende lijstje:

Temperatuursverandering	$\pm 0,1$ °C	± 5	per millioen
Condensator "	$\pm 1\%$	± 1	" "
Plaatspanning "	$\pm 1,0$ V	$\pm 0,5$	" "
Gloeispanning "	$\pm 0,1$ V	$\pm 0,5$	" "
Lampenuitwisseling	—	± 2	" "
Schokken	—	± 3	" "
Totaal		± 12	" "

Daar de mogelijkheid niet uitgesloten is, dat de factoren elkaars invloed gedeeltelijk opheffen, kunnen we aannemen dat de frequentie van den generator in kwestie onder normale omstandigheden minder dan 12 per millioen verandert. Voorop gesteld zij echter, dat de generator slechts matig genereert en zeer los gekoppeld is met de volgende keten.

Beschrijving van een kwartsgestuurden zender.

Teneinde eenig inzicht te verkrijgen in de wijze waarop de volgende ketens met den kristalgenerator gekoppeld kunnen zijn en welke maatregelen worden toegepast om de terugwerking op den generator te voorkomen, zullen we een typisch zenderschema nader bekijken.

De door den kwartsgenerator opgewekte trillingsenergie wordt in het algemeen door middel van trioden of schermroosterlampen versterkt waarbij al of niet gebruik wordt gemaakt van frequentieverveelvoudiging.

Een zeer eenvoudige methode om te voorkomen, dat belastingsveranderingen van den zender invloed uitoefenen op de frequentie van den kwartsgenerator is, de versterkerlamp volgende op den kwartsgenerator zonder roosterstromen te laten werken, waartoe dan aan deze lamp een hooge negatieve rooster spanning moet worden aangelegd. Deze trap dient dus als scheidingstrap (zie fig. 24).

Overigens moet er natuurlijk voor gezorgd worden, dat de anodeketen niet op de roosterketen kan terugwerken via de roosterplaatcapaciteit.

Dit kan worden voorkomen door neutrodyniseeren van een triode

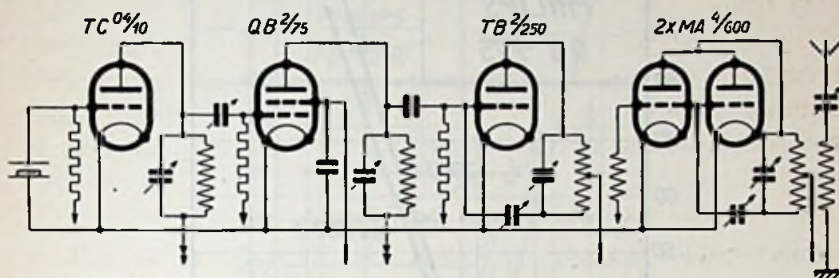


Fig. 24

of door een schermroosterlamp te gebruiken. Deze laatste methode biedt zeer vele voordeelen; immers bij neutrodyniseeren verliest men òf de helft van de voor het stuurrooster beschikbare spanning (fig.

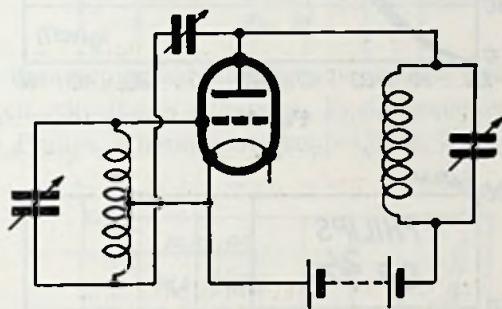


Fig. 25a

25a) òf men verkleint de impedantie in de anodeketen (fig. 25b). Bij een schermroosterlamp is de roosterplaatcapaciteit tot een zeer gering bedrag teruggebracht, zoodat geen neutrodynesckeling

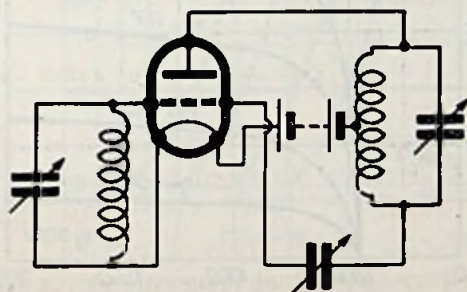


Fig. 25b

behoeft te worden toegepast. Bovendien heeft een schermroosterlamp een hoogen versterkingsfactor en, in vergelijking met een

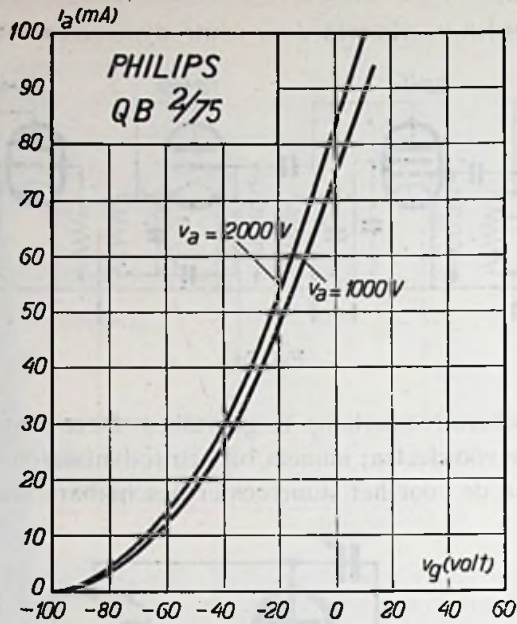


Fig. 26a

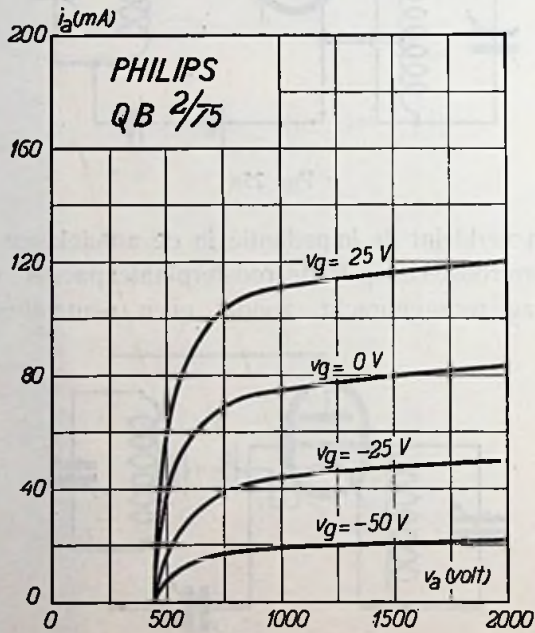


Fig. 26b

triode, is een geringere stuurroosterspanning voldoende om de lamp vol te belasten.

In fig. 24 is een prinsieschema van een telefonie-zender voor

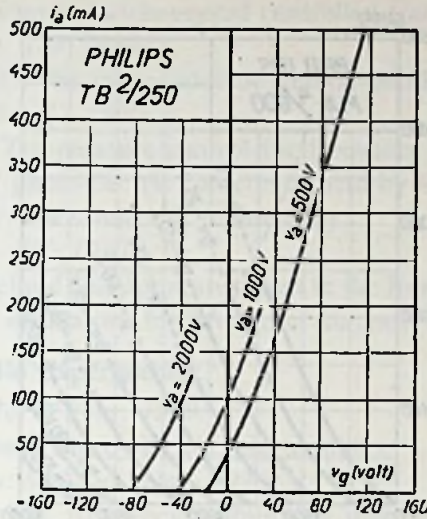


Fig. 27

het kortegolfomroepgebied aangegeven, waarin met bovenstaande overwegingen rekening is gehouden. In den tweeden (scheidings-) trap wordt Philips schermroosterlamp QB 2/75 gebruikt als ver-

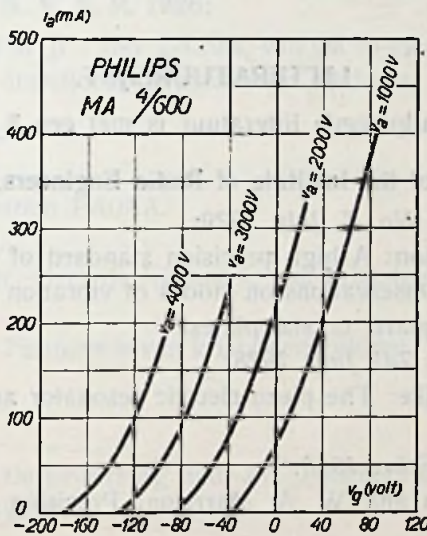


Fig. 28a

sterker zonder roosterstromen. In fig. 26a en b zijn de karakteristieken van deze lamp weergegeven. In den derden trap wordt een

geneutrodyniseerde TB 2/250 (zie karakteristiek fig. 27). toegepast. In den eindtrap zijn twee parallel geschakelde geneutrodyniseerde MA 4/600 (zie fig. 28a en b) gebruikt. Vanzelfsprekend is het van

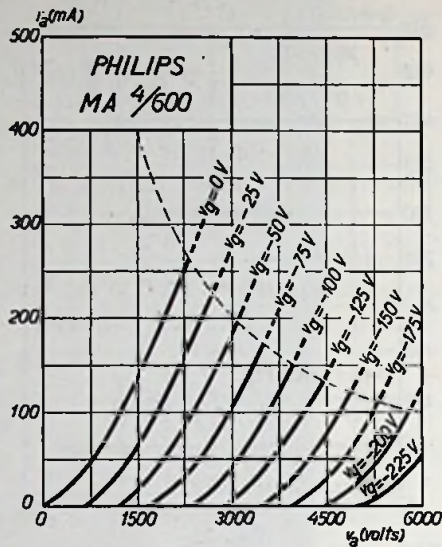


Fig. 28b

het grootste belang, dat de verschillende kringen niet direct op elkaar kunnen terugwerken, zoodat een deugdelijke afscherming noodzakelijk is.

LITTERATUURLIJST.

(De geraadpleegde litteratuur is met een * gemerkt.)

Proceedings of the Institute of Radio Engineers.

* *Volume 17 No. 7, July 1929:*

W. A. Marrison: A high precision standard of frequency.

F. R. Lack: Observations on modes of vibration and temperature coefficients of quartz crystal plates.

Volume 16 p. 742 June 1928:

K. S. van Dijke: The piezo-electric resonator and its equivalent network.

Volume 16, Febr. 1928:

J. W. Horton and W. A. Marrison: Precision determination of frequency.

Volume 10 p. 8. 3. 1922:

W. G. Cady: The piezo-electric resonator.

Volume 16 p. 1486 1928:

E. M. Terry: The dependence of the frequency of quartz piezo-electric oscillators upon circuit constants.

Volume 15 p. 9 1927:

A. Crossley: Piezo-electric crystal controlled transmitters.

Volume 17 p. 127 1929:

J. W. Wright: The piezo--electric crystal-oscillator.

Volume 18 No. 12 1930:

J. K. Clapp: Temperature control for frequency standards.

*Summary of piezo-electric conference held by U. S. Navy Dept.

*W. G. Cady: Piezo-electric terminology.

Volume 18 p. 490 1930:

E. L. Hall: Method and apparatus used in the Bureau of standards in testing piezo oscillators for broadcast stations.

***General Radio Experimenter.**

Volume IV No. 9 Febr. 1930:

Ch. E. Worthen: Piezo-electric quartz plates.

Volume V No. 5/6 Oct. Nov. 1930:

J. K. Clapp: The frequency stability of piezo-electric monitors.

Telefunken Zeitung.

No. 52 Sept. 1929.

*No. 53 (zie bewerking in Radio-Expres No. 9 1930).

***Gedenkboek N. V. V. R. 1926:**

Dr. B. v. d. Pol Jr.: Het gebruik van piezo-electrische kwarts-kristallen in de draadlooze telegrafie en telefonie.

Radio Nieuws.

No. 11 1929.

Het amateurstation PA0AA.

**No. 12 1930.*

Ir. J. J. Vormer: Over de frequentie van kristalgeneratoren.

**No. 1 1931.*

Ph. Tulleners: Frequentie van kristalgeneratoren.

Q.S.T.

Nov. 1929.

Mr. Howden (zie bewerking door Ph. Tulleners in Radio-Expres Nos. 50 en 51 1929).

Journal of the Institution of Electrical Engineers.

**Volume 68 p. 265.*

J. E. P. Vigoureux: The valve maintained quartz oscillator.

Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences.*Volume 59 p. 81 1923.*

G. W. Pierce: Piezo-Electric Crystal Resonators and Crystal Oscillators applied to the Precision Calibration of Wavemeters.

Proceedings of the Physical Society of London.*Volume 38 p. 399 1926:*

D. W. Dye: The piezo-electric quartz resonator and its equivalent circuit.

Philosophical Magazine.*Volume 6 p. 1140 1928:*

J. E. P. Vigoureux: Developments of formulae for the constants of a quartz resonator.

Physical Review.*Volume 29 p. 617 1927:*

W. G. Cady: A shear mode of crystal vibration.

No. 11 p. 1417 1930:

J. R. Harrison: The excitation of (even) overtones of shear vibrations in y-cut quartz plates.

The American Chemical Society.*Monograph Series 1928:*

Th. Sosman: The properties of Silica.

Zeitschrift fuer Physik.Band 65 p. 145 1930:*

A. Meissner: Strukturbestimmung durch akustische Eigenschwingungen.

Comptes Rendus.*Nov. 1930, p. 768—770:*

P-Tcheng Kao: Sur la vibration du quartz piëzo-electrique suivant l'axe optique.

Openbaar gemaakte Octrooiaanvragen op het gebied der Hoogfrequentietechniek.

No. 46016 Ned. Aanvraag ingediend 24 April 1929, openbaar gemaakt 15 April 1931, voorrang van 25 April 1928 af (Duitschland). Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlijn.

Inrichting ten gebruike bij omroepontvangers ter verhindering van overbelasting.

Conclusie: Inrichting ten gebruike bij omroepontvangers ter verhindering van overbelasting, met het kenmerk, dat de antennekoppeling en de geluidsterkeregelbaar (gloeistroomweerstand of potentiometer) zoodanig uitgevoerd en mechanisch met elkaar gekoppeld zijn, dat bij instelling op een verminderde geluidsterkte automatisch eerst de antennekoppeling zoo los mogelijk gemaakt wordt en vervolgens indien nog verdere vermindering gewenscht wordt bij constante losse koppeling de gloeistroom van de eerste buis vermindert, of aan die buis een andere hulpspanning toegevoerd wordt.

2 pag., 1 conclusie, 2 fig.

No. 44621 Ned. Aanvraag ingediend 23 Januari 1929, openbaar gemaakt 15 April 1931. J. G. v. d. Brink, Bergen op Zoom.

Schakelaar voor het in- en uitschakelen van radio-ontvangtoestellen.

Conclusie: Schakelaar voor het door één handeling in- of uitschakelen van radio-ontvangtoestellen, met het kenmerk, dat in het beweegbare gedeelte van den schakelaar zich een handel bevindt, waarin inlaten voor een of meer pallen zijn aangebracht, die dienstdoende, het beweegbare gedeelte in een der twee standen kunnen houden, in welk beweegbaar gedeelte vijf contactpennen gevat zijn, die steeds verbonden blijven met evenzooveel vaste aansluitpunten en van welke vijf contactpennen in den eenen stand twee onderling zijn verbonden, twee geen contact sluiten en een al of niet met een instelbaar contact kan samenwerken en die in den anderen stand met vijf contacten op het vaste gedeelte van den schakelaar, verbonden worden door middel van vijf stekerbussen, die in dit vaste gedeelte zijn bevestigd.

3 pag., 2 conclusies, 5 fig.

No. 43478 Ned. Aanvraag ingediend 29 October 1928, openbaar gemaakt 15 April 1931, voorrang van 29 October 1927 af (Ver. Staten van Am.). N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.

Electrische ontladingsbuis, bevattende een direct verhitbare gloeikathode, die uit één of meer schroefvormig gewonden gloeidraden bestaat.

Doel is bij versterker- en vooral bij ontvanglampen, die met zulk een schroefvormig gewonden gloeikathode zijn toegerust, aan het microfonisch effect, dat bij deze buizen in sterker mate optreedt dan bij die, waarin als gloeikathode van recht uitgespannen draden wordt gebruik gemaakt, paal en perk te stellen.

Conclusie: Electrische ontladingsbuis, geschikt voor het ontvangen of versterken van electrische trillingen, bevattende een direct verhitbare gloeikathode, die uit één of meer schroefvormig gewonden gloeidraden bestaat, met het kenmerk, dat in de buis één of meer organen aanwezig zijn, ten opzichte waarvan één of meer schroefwindingen van de gloeikathode zich wrijvend kunnen bewegen.

2 pag., 2 conclusies, 3 fig.

No. 42019 Ned. Aanvraag ingediend 6 Juli 1928, openbaar gemaakt 15 April 1931, voorrang van 9 Juli 1927 af (Duitschland). Dr. Siegmund Loewe, Berlijn Steglitz.

Werkwijze voor het vervaardigen van oxydekathoden.

Conclusie: Werkwijze voor het vervaardigen van oxydekathoden, waarbij voor het verkrijgen van het sterk-emitterend oppervlak, gebruik wordt gemaakt van daarvoor geschikte metaaloxiden, sulfiden, carbonaten, of metalen in suspensie en bij voorkeur in colloidalen vorm, met het kenmerk, dat deze stoffen in dunne opeenvolgende lagen met behulp van een fijn instelbaren verstuiver in den vorm van uiterst kleine druppeltjes op een stijve kathodekern gespoten worden, waarbij de kathodekern gedurende het verstuiven met gelijkmatige snelheid gedraaid wordt en waarbij tusschen het aanbrengen der verschillende lagen de benodigde reductie en/of verwarming plaats vindt.

3 pag., 1 conclusie, 1 fig.

No. 38683 Ned. Aanvraag ingediend 24 October 1927, openbaar gemaakt 15 April 1931, voorrang van 26 October 1926 af (Duitschland). Radiofrequentz G.m.b.H., Berlijn-Friedenau en H. Eberhard, Berlijn-Lichterfelde.

Inrichting voor het opwekken van electrische trillingen, waarbij gebruik gemaakt wordt van een piëzo-electrisch kristal.

Conclusie: Inrichting voor het opwekken van electrische trillingen, waarbij gebruik gemaakt wordt van een piëzo-electrisch kris-

tal, met het kenmerk, dat anode en kathode van een thermionische buis met elkaar verbonden zijn over een gelijkstroombron en een zelfinductiespoel, waarbij de rooster van de buis over een piëzo-electrisch kristal verbonden is met een zoodanig tusschen anode en kathode gelegen aftakpunt van de spoel, dat de zelfinductie van het gedeelte van de spoel, gelegen aan de zijde der anode, kleiner is dan de zelfinductie van het aan de zijde der kathode gelegen deel, met dien verstande, dat een eventueel tusschen anode en gloeidraad liggend deel van een gloeistroomtransformator niet tot de spoel gerekend wordt.

2 pag., 3 conclusies, 1 fig.

No. 38353 Ned. Aanvraag ingediend 24 September 1927, openbaar gemaakt 15 April 1931. N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.

Ferromagnetisch systeem voor het omzetten van elektrische trillingen in acoustische of omgekeerd.

Conclusie: Ferromagnetisch systeem voor het omzetten van elektrische trillingen in acoustische of omgekeerd, voorzien van een enkelvoudigen poolschoen en van een dubbelen poolschoen, waartusschen zich het anker in gebalanceerden toestand bevindt, met het kenmerk, dat het anker onveerkrachtig is en zoodanig is opgesteld, dat het zich in zijn lengterichting tusschen en loodrecht op de twee naar het anker toegekeerde zijden van den dubbelen poolschoen, parallel aan het eindvlak van den enkelvoudigen poolschoen bewegen kan, waarbij tusschen dit eindvlak en het anker een luchtspleet aanwezig is.

3 pag., 2 conclusies, 6 fig.

No. 38167 Ned. Aanvraag ingediend 7 September 1927, openbaar gemaakt 15 April 1931, voorrang van 13 September 1926 af (Ver. Staten van Amerika). N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven.

Werkwijze voor het opvangen, doorgeven en heruitzenden van radiosignalen.

Doel is den invloed van storende geluiden in laagfrequente kringen te vermijden.

Conclusie: Werkwijze voor het opvangen, doorgeven en weder uitzenden van radiosignalen, met het kenmerk, dat de signalen op de plaats van ontvangst gedetecteerd worden na heterodyniseering met een zoodanig gekozen, eventueel in overeenstemming met de toevallige veranderingen van de draaggolf veranderlijke frequentie,

dat een practisch constante middelfrequentie resulteert, die in een eenvoudige verhouding staat tot de binnenkomende frequentie en in dien vorm over leidingen overgebracht wordt naar een zender, waar zij met behulp van een frequentievermenigvuldiger op de oorspronkelijke frequentie wordt teruggebracht.

2 pag., 1 conclusie, 2 fig.

NIEUWE geheel herziene derde druk

KORTEGOLF-ONTVANGST

door Ir. J. J. NUMANS.

PRIJS INGENAARD f 4.—, GEBONDEN f 5.50.

Alom bij den Boekhandel verkrijgbaar, en tegen inzending van het bedrag, plus f 0.20 voor porto, bij den Uitgever

N. Veenstra Laan v. Meerdervoort 30
DEN HAAG

BANDEN RADIO-NIEUWS 1930

Prijs f 1.40 afgehaald

f 1.55 franco p. post

Levering uitsluitend na inzending van het bedrag aan het Bureau van Radio-Nieuws:

LAAN VAN MEERDERVOORT 30 ◆ DEN HAAG

GECO LAMPEN

De lampen, die ook **INDERDAAD** datgene presteeren, wat men, op grond van de karakteristieken, ervan mag verwachten!

De Heer **CORVER** schreef in **Radio-Expres**:

... „Wat dat betreft, zou er veel voor te zeggen zijn als algemeen de methode werd toegepast van den fabrikant der **GECO-lampen**, die niet de uiterste waarden opgeeft maar gemeten waarden bij een veel lagere anodespanning dan de maximale en bij nul roosterspanning. Maxima zou men alleen oscillografisch kunnen bepalen wilde men niet reeds bij de meting de lamp bederven.

Opgaven als die der **GECO-lampen** daarentegen kan men zelf nameten; en dan blijken ze ook te kloppen!”

VRAAGT UITVOERIGE PROSPECTUS MET KARAKTERISTIEKEN BIJ:



**N. V. Algemeene Radio
Import Maatschappij**

Nassau-Ouwerkerkstraat 3
DEN HAAG.

≡≡≡ **Televisie voor den Amateur** ≡≡≡

door **J. CORVER** en **G. J. ESCHAUZIER**

Prijs in driekleurendrukomslog f 1.25

Het Zendend Amateurisme in Nederland

door **W. KEEMAN** - **Prijs f 1.50**

Uitgaven van **N. VEENSTRA** te 's-Gravenhage



**Beide boeken zijn verkrijgbaar
bij den boekhandel en tegen
inzending van het bedrag, plus
f0.15 voor porto, bij den Uitgever**

VARTA

GLOEI- EN PLAATSTROOM-ACCU'S
VOOR
ONTVANG- EN ZEND-INSTALLATIES
HET MERK!

RADIO INRICHTING Fa. CH. VELTHUSEN
TELEFOON 116227 — DEN HAAG

MAVOMETERS EN INBOUWMETERS

Thans de

MAWECO

maakt Uw **Mavometer** voor wisselstroom metingen geschikt

MAWECO-VOLT

stroomverbruik 3 m.A.

6 spanningsmetingen!

5 Volt	} 145.50
25 "	
50 "	
100 "	
250 "	
500 "	

MAWECO-M.A.

6 stroommetingen!

5 milliamp.	} 145.50
10 "	
25 "	
50 "	
100 "	
250 "	



RADIO

— TOESTELLEN

— LUIDSPREKERS

— LAMPEN

De oudste ervaring — De modernste constructie

TELEFUNKEN

vert. door Siemens & Halske A.G.

DEN HAAG

Huygenspark 38-39