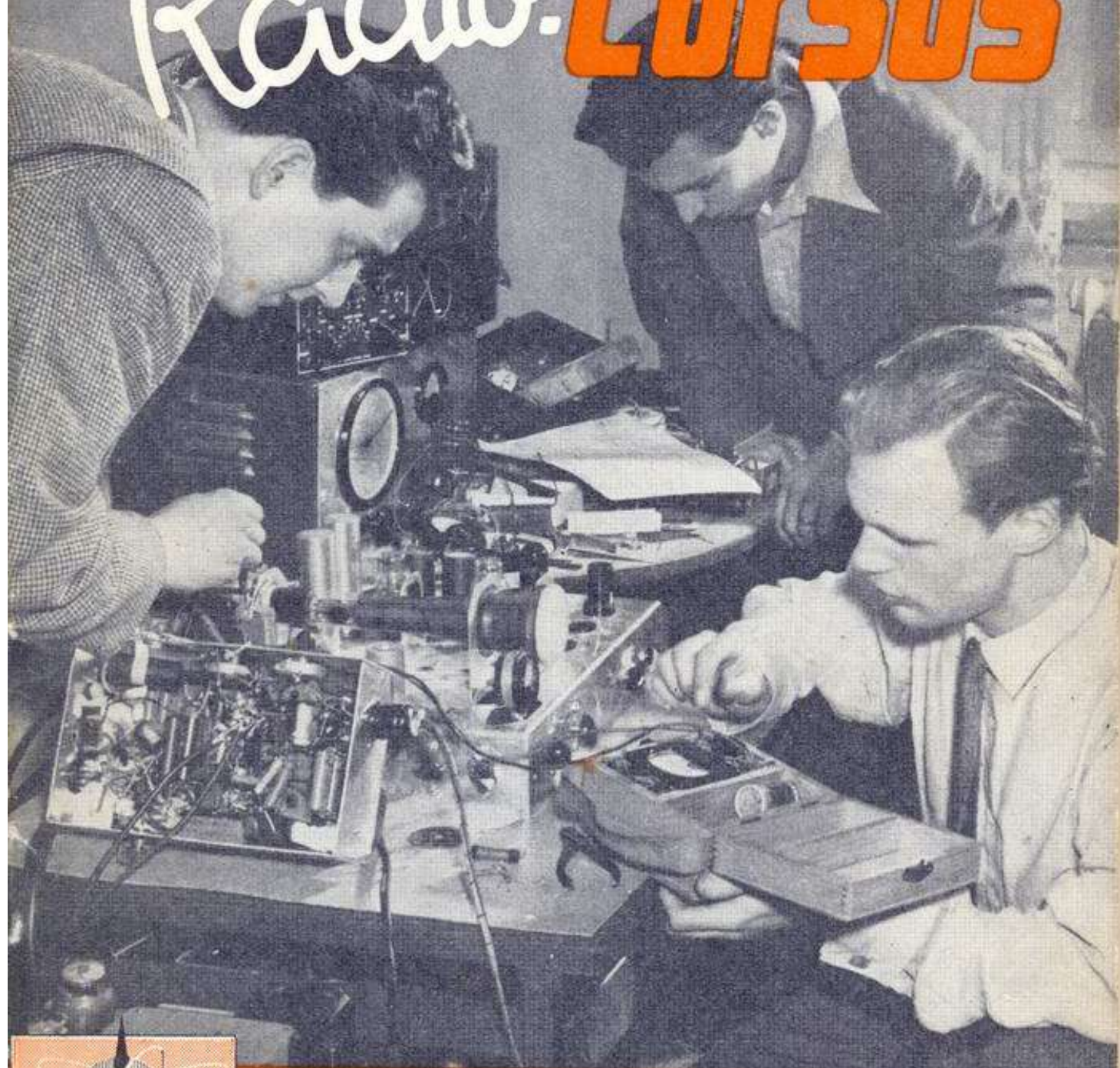


dr. Blan

12

Radio-CURSUS



vormingscentrum voor radio en electronica

INHOUDSOPGAVE

Antennesystemen	3
Stralingsweerstand	4
Ingangskring	4
Aanpassing	5
Director en reflector	7
Frequentie-modulatie	7
Dynamiek	9
Pre- en de-emphasis	9
Voordelen metergolven	10
Begrenzer	11
Discriminator	12
Televisie	15
Beeldontleding	17
Katodestraalbuis	18
Iconoscoop	18
Meetapparaten	22
De draaispoelmeter	22
Stroommeting	24
Spanningsmeting	25
Gelijkrichtinstrument	28
Outputmeter	29
Weekijzerinstrument	30
Een eenvoudige meetzender	30
Vragen bij de twaalfde les	32

OVER DE ONTVANGST VAN TELEVISIE- EN FM-UITZENDINGEN

12e LES

We zijn nu aan de laatste les gekomen. De laatste les uit deze Dr. Blan radiocursus. Het onderwerp dat we nu nog gaan behandelen gaat over de jonge takken van de radio: Televisie en de ontvangst van zenders, die niet op de tot dusverre behandelde manier in amplitude gemoduleerd zijn (AM) maar in frequentie (FM).

De bedoeling van deze les is niet zozeer een volledige instructie over de ontvangst van deze korte golven te geven, doch veeleer om duidelijk te maken, welke moeilijkheden ons te wachten staan wanneer we dit gebied betreden, want veel van wat voor midden-, korte- en lange golven opgaat blijkt hier niet van toepassing te zijn.

Wie echter precies het hoe en het waarom van de televisie wil weten, wel die kan niet beter doen dan onze televisiecursus volgen.

Zowel de televisie als de FM-zenders maken gebruik van zéér hoge frequenties (dus zeer korte golven). Deze frequenties worden in 't algemeen met z.h.f. aangeduid: zeer hoge frequenties, in 't Duits U.K.W., Ultra-Kurz-Wellen of V.H.F., Very High Frequencies in 't Engels. Wat we hier dus over antennes en de verbinding met de ontvanger gaan vertellen, geldt dus zowel voor A.M., F.M. als televisie.

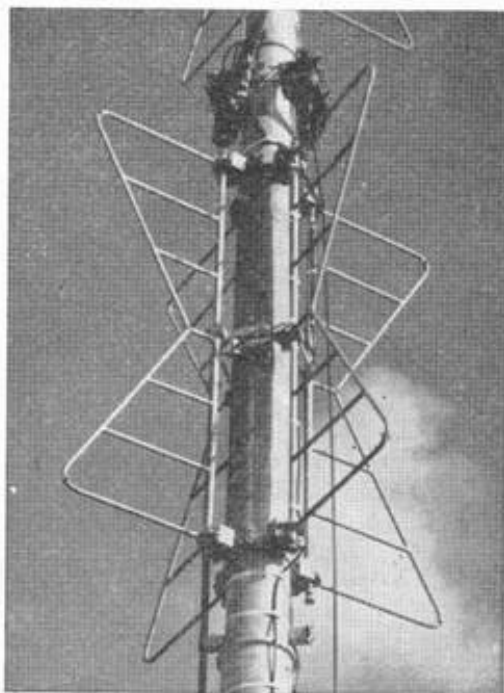
We laten de zendtechniek maar geheel buiten beschouwing en beginnen aan de ontvangst van wisselstromen met Zeer Hoge Frequenties in het algemeen.

Welke zijn die frequenties? Voor ons zijn van belang de televisiebanden van 61–69 MHz en van 174–216 MHz Mega Cycles of Mega Hertz, dus Millioen Hertz, de F.M. banden van 87.5 MHz tot 100 MHz en eventueel de banden gereserveerd voor de Mobilfoondienst, die contact onderhoudt tussen rijdende voor- en vaartuigen enerzijds en het telefoonnet met zijn aangesloten anderenzijds.

ANTENNESYSTEMEN

Reeds bij de behandeling van de omroepzenders zagen we, dat het voordeel heeft de afmetingen van de zend-antenne te laten samenvallen met de golflengte, of met hele gedeelten daarvan, dus $\frac{1}{2} \lambda$ of $\frac{1}{4} \lambda$. Voor de ontvang-antennes zou dat prachtig zijn, maar ten eerste is een antennedraad voor de ontvangst van Hilversum van 300 m wel wat erg kras en ten tweede zou die voor de ontvangst van andere zenders niet „op maat” zijn.

Bij de ontvangst van z.h.f. is dat anders; daar ligt de „golflengte” beneden de 5 meter en wanneer we een antenne van $\frac{1}{4} \lambda$ willen toepassen, dan zijn er geen bezwaren van „onhanteerbaarheid” te duchten. In feite passen we nu 2 antennestaven, elk van $\frac{1}{4} \lambda$ toe; de ene helft is dan de eigenlijke antenne, de andere is de „tegencapaciteit”, die dezelfde functie vervult als de „aarde” doet bij de uitzending en ontvangst op middengolven. Deze twee staven worden dan in elkaars verlengde geplaatst; op de plaats waar de staven bij



Moderne zendantenne voor zeer hoge frequenties z.g. Vlinder- of Tourniquetantenne

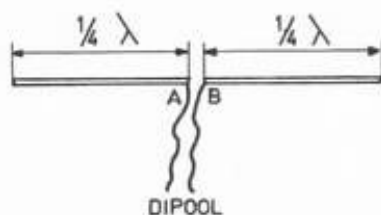


fig. 1

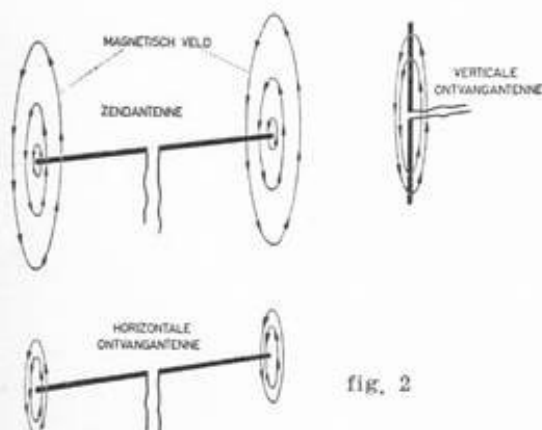


fig. 2

Een horizontale ZEND-antenne zal slechts in een horizontale ONTVANG-antenne r.f. spanningen doen ontstaan, mits deze bovendien op elkaar georiënteerd zijn

elkaar komen worden de verbindingen met de ontvanger aangesloten (fig. 1). We noemen een dergelijke antenne een dipool.

Bij de MG, KG en LG doet het er eigenlijk volstrekt niet toe hoe wij onze antenne spannen, verticaal of horizontaal. Bij de z.h.f. doet het er wel degelijk toe. Men kan aan de zenderzijde n.l. de antenne verticaal of horizontaal opstellen; de golven worden dan uitgesproken verticaal of horizontaal gepolariseerd. Wij moeten de ontvangantenne op gelijke wijze opstellen als de zendantenne, anders ontvangen we niets (fig. 2). En dan is het nog noodzakelijk dat we onze antennestaven loodrecht op de richting van de zender plaatsen, dus oriënteren, want ook in het platte vlak hebben deze antennes een uitgesproken richt-effect.

Daar dit voor een zendantenne bepaald ongewenst zou zijn past men gecombineerde zendantennesystemen toe die in alle richtingen stralen (zie de foto op pag. 3).

In Engeland, dat we als de bakermat van televisie op zeer korte golven moeten beschouwen, paste men verticale polarisatie toe; alle andere landen konden tijdig met de daaraan verbonden bezwaren rekening houden en passen horizontale polarisatie toe; hierbij verkeren n.l. beide antennestaven in gelijkwaardige, symmetrische positie t.o.v. aarde, wat van het verticale systeem niet gezegd kan worden. Wanneer we, verderop in de les, gekomen zijn aan de meer gecompliceerde antennevormen, zullen we het polariseren en oriënteren van de antennes gemakkelijker in beeld kunnen brengen (zie fig. 11b).

STRALINGSWEERSTAND

De eigenschappen van de antenne worden uitgedrukt in zijn stralingsweerstand. Feitelijk is het begrip stralingsweerstand speciaal toepasselijk op zendantennes, maar omdat de ontvang- en zendantennes voor z.h.f. praktisch niet verschillen gebruiken we dit begrip ook bij de ontvangantennes. Een uit 2 staven, elk van $\frac{1}{4} \lambda$ samengestelde antenne, die we een dipool noemen, heeft een stralingsweerstand van ongeveer 75Ω voor zijn resonantiefrequentie. In werkelijkheid zal de staflengte steeds iets korter moeten zijn dan zijn „elektrische lengte”. Werken we dus met frequenties van ca. 100 MHz, dus een golflengte van ca. 3 m, dan zal de dipoolengte iets korter dan 1,50 m moeten zijn, waardoor de stralingsweerstand op circa 70Ω komt. De ontvanger dient aangesloten te worden op de voetpunten van de beide antennehelften, dus bij A en B (fig. 1).

INGANGSKRING

Ook de ingangskring van de ontvanger bezit een bepaalde impedantie, die bij de voor FM en TV gebruikte frequenties véél lager ligt dan voor de omroep frequenties, n.l. niet meer dan enige duizenden ohms. Deze waarde kunnen we echter door het toepassen van een resonantietransformator op een bepaalde waarde, dus ook 70Ω brengen en daarmee is de ontvanger „aangepast” aan de antenne (fig. 3).

Nu is het vrij ongebruikelijk om met de ontvanger bij de antenne op het dak te gaan zitten en daarom moet er een dubbel-leiding van de beide antenne-helften naar de ont-

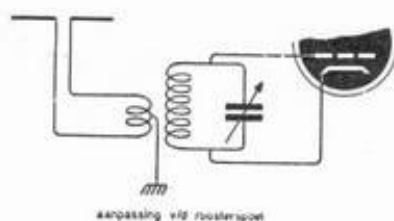


fig. 3

vanger in de huiskamer lopen. Nu bezitten dergelijke draden uit de aard der zaak een zekere zelfinductie en vormen onderling een condensator; bovendien zal de draadlengte steeds veel langer dan de toegepaste golflengte zijn.

AANPASSING

Wanneer we dus in de antennepaal geen impedantietransformator willen gebruiken is het noodzakelijk een leiding toe te passen die een bepaalde golfweerstand, in dit geval van 70Ω bezit. Daar de onderlinge capaciteit van beide draden afhangt van de afstand tussen die draden en deze capaciteit constant moet zijn, vervaardigt men een soort snoer, twin-lead of lintlijn genoemd. De golfweerstand van dergelijk twin-lead wordt nu geheel bepaald door de draaddikte en de onderlinge afstand; is deze laatste ca. 5 mm, dan is de golfweerstand 70Ω ; is deze ca. 8 mm, dan bedraagt de golfweerstand 300Ω en bij groter lengte dan de toegepaste golflengte doet de lengte van de twin-lead niets aan die golfweerstand, die dus niets te maken heeft met ohmse weerstand.

Men heeft deze beide waarden van 70Ω en 300Ω gestandaardiseerd; andere waarden zijn praktisch niet in de handel. We zien ze in fig. 4.

Een veel toegepaste antennevorm is de z.g. folded dipool, gevouwen dipool (fig. 5a), of met het middenstuk doorverbonden (fig. 5b). Daar dit middenstuk elektrisch gesproken spanningloos is, mag het zonder bezwaar geaard worden (fig. 5c).

De aanpassingswaarde van de folded dipool is 300Ω .

Wat is nu het voordeel van een gevouwen dipool? Wat betreft de ontvangstgevoeligheid is er weinig voordeel; er zit slechts een voordeel in de 300Ω stralingsweerstand.

Elke lint- of kabelleiding geeft n.l. verliezen en voor een leiding van 70Ω zijn die groter dan voor 300Ω in verband met de kleinere onderlinge draadafstand en de diektrische verliezen. Om een voorbeeld te geven: bij een lengte van 30 meter geeft een 70Ω lijn een verlies van circa 51 %, doch een van 300Ω geeft slechts een verlies van 18 % bij gelijke lengte.

De enige toepassingsmogelijkheid van een 70Ω lijn is daar, waar een kamerantenne reeds voldoende spanning geeft; we snijden met een warm mes de lijn over een lengte van $\frac{1}{2} \lambda$, dus ca. 75 cm in tweeën, binden de zaak vast om verder in scheuren te voorkomen en spannen de afzonderlijke einden uit elkaar. Om een paar „oogjes” aan de einden te maken scheuren we 6 cm extra in (fig. 6). De aldus gevormde dipool heeft een stralingsweerstand van 70Ω en kan dus zonder meer op de 70-ohms lintlijn worden aangesloten.

Een nadeel van de 300Ω lijn is de hogere gevoeligheid voor storingen, b.v. afkomstig van auto's. Deze vormen n.l. de nachtmerrie van elke bezitter van een televisie- of FM-ontvanger.

Hiervoor biedt weer da afgeschermd leiding uitkomst (fig. 7). Helaas is deze slechts in een waarde van 70Ω verkrijgbaar; de prijs is toch al veel hoger dan van twin-lead en is voor hogere waarde onbetaalbaar.

Het nare is, dat deze kabel beslist on-symmetrisch is; aan de ontvangerkant is dit wel te plooien, maar aan het antenneeind moet een symmetrie-aanpassing worden toegepast.

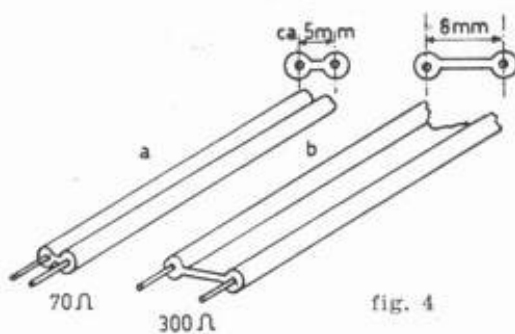


fig. 4

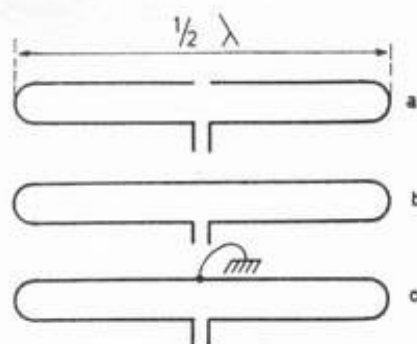


fig. 5

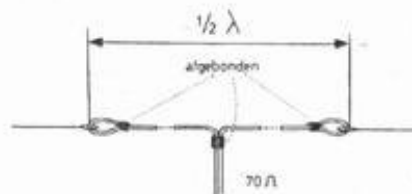


fig. 6

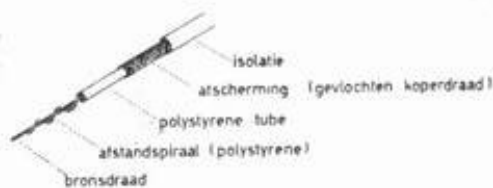


fig. 7

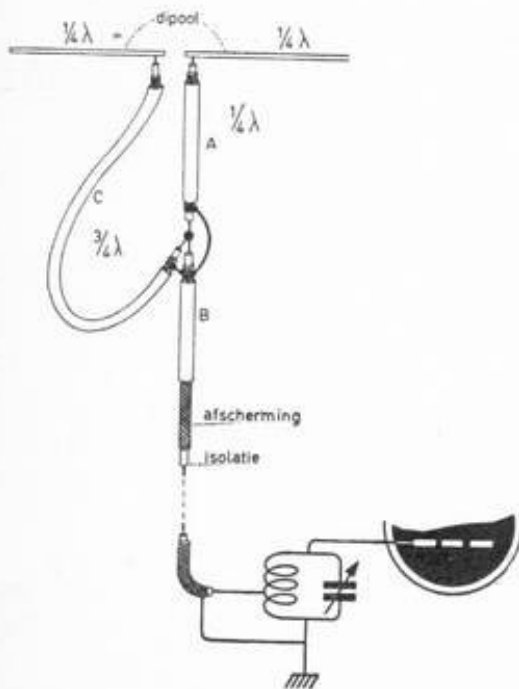


fig. 8

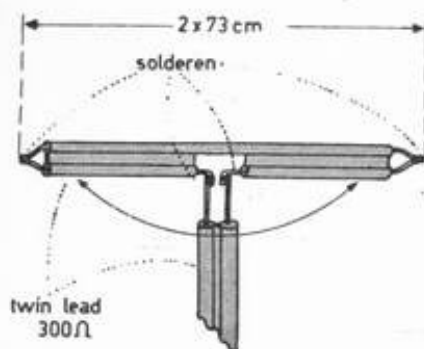


fig. 9

We zien een dergelijke aanpassingstransformator in fig. 8, waarbij uitsluitend kabel van 70Ω wordt gebruikt; één der dipoolhelften is via een stukje kabel (A) met een lengte van $\frac{1}{4} \lambda$ aan de afgaande kabel B verbonden; de andere dipoolhelft via een stukje C met een lengte van $\frac{3}{4} \lambda$. Nu lijkt dit grapje eenvoudiger dan het in werkelijkheid is, want ten eerste dienen we hier de 5 kabeluiteinden waterdicht af te werken en ten tweede komt de elektrische lengte van $\frac{1}{4} \lambda$, resp. $\frac{3}{4} \lambda$ volstrekt niet overeen met de lengte die we met de duimstok afmeten. Slechts met elektronische meetapparatuur is een dergelijk werkje uitvoerbaar.

Vocht in de kabel is funest in verband met de verliezen; ook de normale twin-lead gaat in eigenschappen achteruit tijdens regen, zodat de verliezen groter worden; bij droog weer echter worden de oorspronkelijke eigenschappen weer herkregen. Een kabelsoort dat min of meer immuun is voor slechte of ongunstige weersomstandigheden ziet er uit als bij fig. 7 te zien is; ook hier dient de holle ruimte droog te blijven; dus einden waterdicht afsluiten.

Met een twin-lead van 300Ω kunnen we een kamerantenne fabriceren, op nagenoeg dezelfde manier als voor de 70Ω beschreven (fig. 9). We moeten hier echter een folded-dipool maken en nu blijkt dat we wat nauwkeuriger de lengte moeten afpassen.

Er zit n.l. nog een tot dusver onbesproken factor in dit probleem: theoretisch is een dergelijke folded- of gewone dipool slechts 100 % voor één bepaalde frequentie. Daar het niet aangaat voor elke zender een afzonderlijke antenne aan te schaffen, moeten we de door te laten band, de bandbreedte wat „breder” zien te krijgen. Bij de ontvangst van TV hebben we in ons land praktisch slechts met één zender te maken; bij FM krijgen we met een band van b.v. 87,5–100 MHz te maken. We nemen nu een dipool, elektrisch afgestemd op het midden van die band, dus op 94 MHz; de „stoffelijke” lengte hiervoor is 2×73 cm. De elektrische lengte is n.l. ca. 8 % groter dan de mechanische.

Maar heel kritisch is deze lengte niet, wanneer de lengtefout niet meer dan enige cm bedraagt.

Om bij onze 300Ω te blijven: is de gemiddelde frequentie van de band, die wij wensen te ontvangen 94 MHz, dan krijgen we 2×72 cm en is de gemiddelde frequentie 90 MHz, dan is 2×75 cm goed.

De selectiviteit, als we het zo noemen mogen, of de „breedbandigheid”, van een folded dipool hangt o.m. samen met de uitwendige dikte van de toegepaste buis; bij normale LC-kringen hangt de selectiviteit en dus ook het tegengestelde, de bandbreedte, af van de demping op L en C. En de stralingsweerstand van een antenne hangt van de draaddikte af; hoe dunner die is, des te groter de stralingsweerstand en hoe smaller de bandbreedte. Daar hier een brede band gewenst is om meerdere zenders te kunnen ontvangen passen we dikke buizen van b.v. 1 cm ϕ toe.

Het is goed om hier tot slot nog even vast te stellen wat de gevolgen zijn, wanneer de aanpassing tussen antenne en kabel of tussen kabel en ontvanger niet goed is. Er treden dan n.l. reflecties op in deze geleiders, hetgeen zeggen wil dat het deel van de energie, dat door mis-aanpassing niet opgenomen wordt, teruggekaatst wordt als het ware in de kabel. Het resultaat is, dat we nadat de hoofdgolf de ontvanger bereikt heeft, even daarna een gereflecteerd golfje de ontvan-

ger bereikt; bij TV-ontvangst is dat te zien in de vorm van een (heel) zwak beeld, dat door het beeld heen te zien is; de engelsen noemen dat een ghost, een geest-verschijning. Een andere methode om de bandbreedte te vergroten is het koppelen van verschillende kringen, die elk op een andere frequentie zijn afgestemd; dat deden we ook in onze m.f. bandfilters.

DIRECTOR EN REFLECTOR

De praktische uitvoeringsvorm van dit streven is: een staaf van een bepaalde lengte, op een bepaalde afstand van de dipool aangebracht. In deze staaf zullen dezelfde stroom- en spanningsverdeling optreden als in de met de ontvanger verbonden dipool, aangenomen dat de staaf even lang is als de dipool. De koppeling met de dipool geschiedt door de straling vanuit de staaf. In fig. 10a zien we het stralingsdiagram van een dipool-antenne-zonder meer. In fig. 10b zien we een dipool met een op een zéér bepaalde afstand daarvoor geplaatste z.g. straler (director); in het bijbehorende stralingsdiagram zien we de verbeterde richtwerking naar één richting en de hogere signaalspanning tot uiting komen. Een z.g. reflector achter de dipool op een bepaalde afstand aangebracht geeft ongeveer dezelfde resultaten. Door de lengte van de dipool en straler of reflector ongelijk te maken verkrijgen we de gewenste richtingsgevoeligheid.

Het ligt voor de hand, dat een combinatie stellig nóg betere resultaten geeft; de richtwerking van het geheel, dat we in fig. 10c zien, is ook veel scherper: we kunnen o.a. deze richtwerking als selectiviteitsverbetering benutten door de staven loodrecht op de richting van een gewenste zender te plaatsen; zenders uit de andere richting worden praktisch niet ontvangen. Door meer directors aan te brengen in dergelijke antennesystemen, die we naar de japanse uitvinder Yagi's noemen (fig. 11), verbeteren we de situatie; het is zelfs mogelijk meerdere „verdiepingen” op elkaar te plaatsen om nog meer winst te krijgen (fig. 11a).

Helaas gaat met deze grappen onze aanpassingsweerstand van 300Ω verloren, waardoor een „aansluitingstransformator” noodzakelijk wordt. Een praktische vorm hiervan is een stuk 120Ω lijn van een zeer bepaalde lengte als „verbindings-schakel” tussen de dipoolaan-sluitingen en een normale lijn van 300Ω , die verder gewoon naar beneden gaat. Deze lengte laat zich niet eenvoudig „uitmeten”; er bestaan echter tabellen voor de lengte van dergelijke aansluitingstransformatoren.

Overigens is het raadzaam de twin-lead op zijn weg naar beneden enige „slagen” te draaien, opdat beide leidingen ten opzichte van aarde of goten en muren gelijke capaciteit behouden en door „afhouders” zover mogelijk daarvandaan houden (fig. 12). Voor de ontvangst van de FM is als regel een gevouwen dipool voldoende.

We zullen nu de FM-ontvangers zeer globaal bezien; dit onderwerp is op zichzelf namelijk reeds een boekdeel.

FREQUENTIE-MODULATIE

We weten, dat er meer AM-zenders dan plaatsen zijn om ze onder te brengen; de „kanalen” zijn 9 kHz breed en de

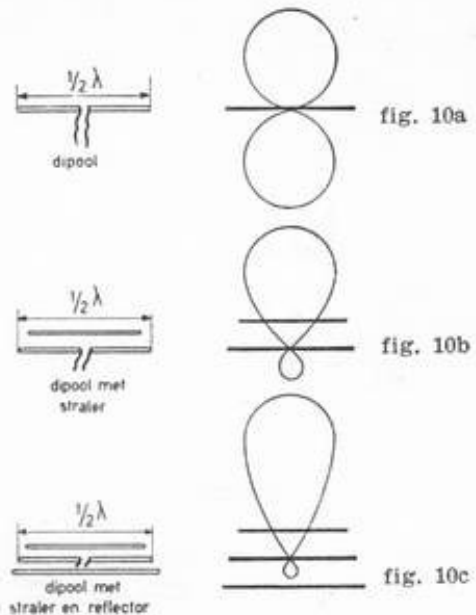


fig. 11

Gestapelde Yagi

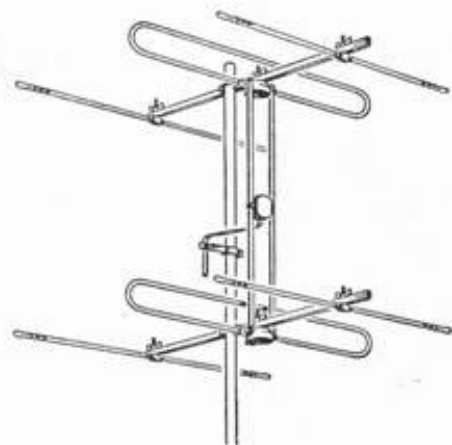


fig. 11a

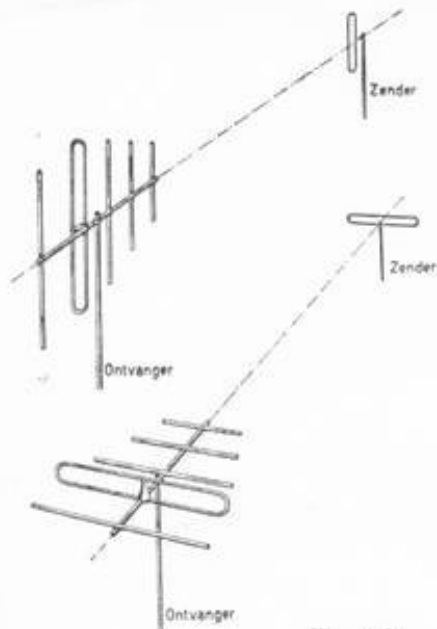


fig. 11b

De bovenste ontvangerantenne is, evenals de zendantenne verticaal gepolariseerd; de onderste ontvangerantenne is, evenals de zendantenne, horizontaal gepolariseerd; in beide gevallen is de ontvangerantenne georiënteerd, d.w.z. gericht op de zender



fig. 12

...enige „slagen“ in de twinlead op zijn weg naar beneden

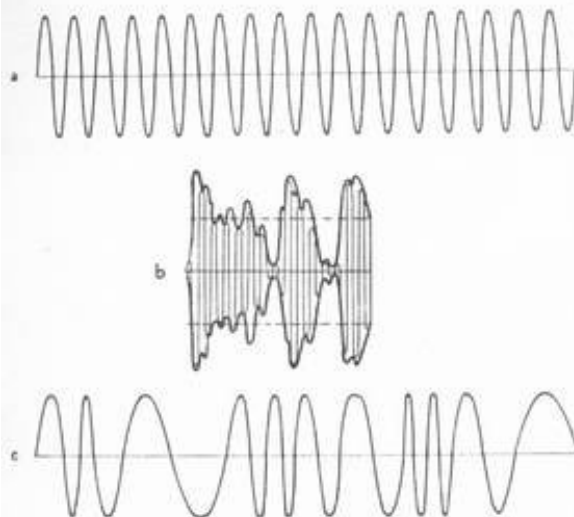


fig. 13

hoogste te verwachten toon in de modulatie is 4500 Hz, terwijl n.b. in de muziek tonen tot 15000 Hz voorkomen! Die gaan dus onze neus (en oor!) voorbij.

Gaan we naar de zeer hoge frequentiebanden, dan is daar voldoende ruimte om ettelijke zenders onder te brengen en bij de modulatie behoeven we niet op een paar duizend Hz te kijken. Er kleeft echter nog een groot bezwaar aan AM-ontvangst: allereerst hebben elektrische storingen n.l. ook de gedaante van amplitude-modulatie, waardoor elke AM-ontvanger deze storingen door alle programma's heen zal ontvangen.

En dat nu is bij FM-ontvangst veel gunstiger. Bij AM-ontvangst is de frequentie van de draaggolf constant zoals we in les 7 (fig. 32) zagen; de amplitude wordt groter en kleiner dan de nominaalwaarde, in het ritme van de a.f. modulatie (fig. 13, a en b).

Wordt bij AM een toon erg luid, dan neemt de amplitude van het a.f. signaal toe en neemt ook de amplitude van het r.f. signaal toe; de frequentie van de r.f. draaggolf blijft echter volstrekt onveranderd, wat er ook met het a.f. signaal gebeurt.

Bij FM, dus bij het frequentie moduleren van een zender gaat men óók uit van een r.f. draaggolf, die uit de aard der zaak een bepaalde frequentie bezit, de nominaal frequentie zou men 't kunnen noemen. Het punt van uitgang dus. Wanneer nu de draaggolf van een FM-zender niet gemoduleerd is, wel dan ziet de afbeelding daarvan er precies zo uit als die van een AM-zender, dus als fig. 13a. Laat deze b.v. maar eens 100 MHz zijn. Moduleert men nu deze FM-zender met een toon van b.v. 200 Hz, dan zal er niets met de amplitude van de r.f. draaggolf gebeuren, maar de zenderfrequentie gaat $200 \times$ per sec. van zijn nominale frequentie afwijken; hij schommelt van een bepaalde waarde onder die frequentie tot een even grote waarde boven die frequentie.

En is de laagfrequent toon niet 200 doch 2000 Hz, dan schommelt de frequentie $2000 \times$ per seconde heen en weer. Die afwijking t.o.v. de nominaal frequentie, noemt men de frequentie-zwaai, in 't engels de frequency swing en in 't Duits de Frequenzhub. En in fig. 13c zien we, dat de kromme telkens de nullijn passeert en daarbij stukjes van ongelijke lengte afsnijdt; omdat die nullijn de zg. tijd-as is, wijst dit er op, dat de frequentie niet constant is

Goed, maar hoe ver, hoeveel kilohertz wijkt die frequentie nu telkens van de nominaal frequentie af? Ja, nu moeten we nogmaals er de nadruk op leggen, dat in elke muziek- (of spraak-) uitzending niet alleen de toonhoogte, maar ook de luidheid, de geluidsterkte uitgezonden moet worden. Bij AM komt die „luidheid“ tot uitdrukking in de amplitude van het signaal, bij FM echter in de grootte van de frequentie-zwaai. Bij de verdeling van de FM- en TV-banden heeft men onderling overlegd, welke de maximum zwaai mag zijn; voor FM-zenders heeft men deze op 75 kHz vastgesteld. Dit wil dus zeggen: voor de allerluidste passage in de muziek wijkt de zender 75 kHz van zijn nominaal frequentie af. Gebeurt dit bij een toon van 200 Hz, dan zal een zender met een draaggolf van b.v. 100 MHz $200 \times$ per sec. gaan afwijken van $100 \text{ MHz} + 75 \text{ kHz}$ tot $100 \text{ MHz} - 75 \text{ kHz}$, dus van 100075 kHz tot 99925 kHz. En is die toon 2500 Hz,

wel dan schommelt de zenderfrequentie $2500 \times$ per seconde tussen deze beide waarden. Nu worden er ook minder luide passages uitgezonden, en daarbij is de „zwaai” dan evenredig kleiner; een toon van 3000 Hz op „halve kracht” geeft dan $3000 \times$ per seconde een afwijking van $100 \text{ MHz} + 37,5 \text{ kHz}$ tot $100 \text{ MHz} - 37,5 \text{ kHz}$, dus van $100.037,5 \text{ kHz}$ tot $99962,5 \text{ kHz}$.

In 't kort herhaald krijgen we dus bij FM: Hoe luid er een signaal, des te groter de swing en hoe hoger de toon des te groter is het aantal malen per seconde dat de frequentie van zijn nominale waarde afwijkt.

Voor kwaliteitsontvangst van muziek heeft men dus voor de 100 MHz-band, waarin al onze Europese FM-zenders zijn ondergebracht, de maximum „swing” op 75 kHz gesteld; voor het televisiegeluid is dat 50 kHz. Dat wil dus zeggen: bij FM-uitzendingen varieert de swing van 0 tot max. + of - 75 kHz; bij TV-geluid van 0 tot max. + of - 50 kHz en deze swing is dus nooit groter dan deze genoemde waarden!

DYNAMIEK

Nu zien we meteen iets moois: bij AM kunnen we de „luidheid” nooit flink opschroeven, want we zitten steeds aan 30 % modulatie diepte vast. Om de zwakke geluiden („piano”) niet in de ruis te laten verdrinken versterken we die flink, maar de sterke geluiden („forto”) kunnen we niet in gelijke mate versterken; we moeten dus het geluidsvolume aan de zenderzijde „comprimeren”, de geluidsdynamiek verkleinen zoals dat heet. Bij FM is het inderdaad mogelijk een meer natuurgetrouwe dynamiek toe te passen, waardoor onderlinge sterkteverhoudingen in de muziek op juiste wijze weergegeven worden, dank zij de beschikbare zend-ruimte.

Een ander voordeel van FM is, dat we steeds het volle r.f. zendervermogen uitzenden; bij AM varieert ook dit in het a.f. ritme.

Overigens zenden we bij FM niet één frequentie uit, neen, in feite wordt tijdens de modulatie een heel brede bundel frequenties uitgezonden en die bundel is wel plm. 200 kHz breed, hoewel de maximum „swing” maar plm. 75 kHz is.

PRE- EN DE-EMPHASIS

Dat die bandbreedte zo groot is komt o.a. doordat alle toonfrequenties boven 2000 Hz onevenredig versterkt uitgezonden worden om boven de in het hoge frequentiegebied aanwezige ruis uit te komen; aan de ontvangerzijde worden de hoge tonen later weer verzwakt en de ruis natuurlijk in gelijke mate. We verkrijgen hierdoor een gunstige signaal-ruis-verhouding. Dit versterken noemt men pre-emphasis; het verzwakken de-emphasis. Daar dit in de a.f. versterker met een RC-filtertje geschiedt, waarvan de tijdconstante in μ sec. (microseconden) kan worden uitgedrukt (zie ASR in vorige lessen), drukt men de pre- en de-emphasis in μ sec. uit. Dat is internationaal zonder verdere uitleg begrijpelijk en te reconstrueren (fig. 14). 50 μ sec. is voor deze schakeling in ons

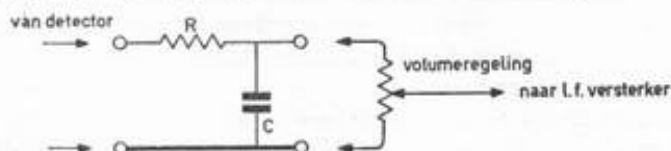


fig. 14

land en ook in Duitsland genormaliseerd voor het geluid bij Televisie en 75 μ sec. voor FM. Men bereikt die 50 μ sec. met een $C = 500$ pF en $R = 100$ kilohm, doch ook wel met: $C = 5000$ pF en $R = 10$ kilohm of $C = 100$ pF en $R = 500$ kilohm; 't hangt geheel van de schakeling af welke RC-combinatie men kiest, mits de tijdconstante maar onveranderd blijft, of in formule uitgedrukt:

$$C \text{ (in pF)} = \frac{50000}{R \text{ (in kilohm)}}$$

VOORDELEN METERGOLVEN

Wat zit er nu nog meer vast aan de ontvangst van deze metergolven?

Ten eerste de geringe mogelijkheid van storing door de zenders onderling. Bij de ontvangst van een AM-zender, die gestoord wordt door een andere AM-zender, horen we in feite 2 uitzendingen dóór elkaar. We kunnen eerst dan van storingsvrije ontvangst spreken wanneer het gewenste laagfrequent signaal t.o.v. het storende signaal een sterkteverhouding heeft van minstens 100 : 1; voor kwaliteitsontvangst is een verhouding van 500 : 1 zelfs gewenst. Bij FM ligt de zaak véél gunstiger; reeds bij een veldsterkteverhouding van 10 : 1, ja zelfs van 5 : 1 is de gewenste zender reeds geheel storingsvrij. Het lijkt net of de zwakste zender gewoon wordt „weggedrukt”; hij demonstreert zijn aanwezigheid dan slechts door een verhoogd ruispeil. En dit geldt nog voor 2 FM-zenders die op éénzelfde frequentie werken; werken ze b.v. 100 kHz van elkaar gescheiden, dan is de scheiding ook bij kleinere veldsterkteverhoudingen reeds volkomen. Dit betekent dat in een betrekkelijk klein gebied meerdere FM-zenders werkzaam kunnen zijn zonder onderlinge storing op te leveren.

Wanneer we nu zien dat de „swing” zó groot moet zijn om behoorlijke FM-ontvangst te verzekeren, dan zien we direct waarom we naar de zeer hoge frequenties moeten verhuizen: dáár is de ruimte. En deze ruimte kan niet nadelig beïnvloed worden door een groot aantal zenders; dank zij de geringe reikwijdte van de z.h.f. is het volkomen toelaatbaar op een onderlinge afstand van 250 km twee zenders van behoorlijk vermogen te laten werken op éénzelfde frequentie zonder dat ze elkaar storen. Intussen is voor kwaliteitsontvangst 50 km afstand tussen zender en ontvanger wel de grens.

Want de reikwijdte van een zender op 3 of 5 meter golflengte is quasi optisch, d.w.z. gaat praktisch maar iets verder dan we kunnen zien wanneer we in de zendermast zitten en het blijkt dat de ionosfeer, de reeds besproken Heaviside-laag niet in staat is deze golven te reflecteren. Wij ontvangen dus slechts de grondstraling. Goed, er zijn gevallen bekend dat de Londense televisieuitzendingen in Kaapstad ontvangen zijn, maar dat is dus een bijzondere gebeurtenis. In ons land zijn die beelduitzendingen praktisch niet te volgen; slechts het geluid (AM) komt nu en dan door.

De bij AM-ontvangst in het midden- en langegolfgebied optredende storingen zijn afkomstig van huishoudelijke apparaten en de atmosfeer; de korte golven worden hierdoor reeds merkbaar minder gestoord. Deze storingen dragen het karakter van een amplitudemodulatie.

Wanneer we nu kans zien om in onze FM-ontvangers elk in amplitude gemoduleerd signaal buiten de deur te hou-

den, dus elke r.f. amplitude-variatie te verhinderen, dan hebben we van dergelijke storingen geen last meer; dit is dan één der grote voordelen van FM.

Helaas is dit niet het geval voor de televisie - beeld-ontvangst; het beeldsignaal is namelijk in amplitude gemoduleerd en hierdoor onervinden we storingen door auto's en z.g. hoogfrequente bestralingsapparaten voor medisch gebruik. Gelukkig is een afstand van 25 m vaak reeds voldoende om geen last meer van de storing te hebben.

En dan is er de ruis, de ruis die veroorzaakt wordt door onregelmatige bewegingen van elektronen in weerstanden en in de ontvangbuizen. Deze ruis, die reeds in het midden- en langegolfgebied aanwezig is, speelt vooral bij ontvangst van zeer korte golven een belangrijke rol.

Wat bevat nu een FM-ontvanger? Een mengbuis, een middelfrequent versterker, een begrenzer, een gelijkrichter en daarna volgt de normale laagfrequentversterking.

Hoogfrequentversterking heeft voor deze frequenties betrekkelijk weinig voordelen; indien we niet oppassen krijgen we meer buisruis dan ontvangstverbetering. Als r.f. versterker fungeert in vele gevallen een triode, die als versterker natuurlijk in belangrijke mate achterstaat bij de pentode doch groot voordeel heeft in verband met de grotere ruisvrijheid; natuurlijk is neutrodynisering geboden.

Vooraf bij de ontvangst van de z.h.f. is een superheterodyne de aangewezen ontvangstmethode. Als mengbuis zien we veelal een diode toepassen. Nu zou een m.f. van 465 kHz ideaal lijken, vooral omdat hiervoor reeds de volledige versterker in onze ontvanger voor korte, midden- en lange golven aanwezig is en gezien de grote versterking bij deze middelfrequentie, maar... we vergeten hierbij dat de doorlaatbandbreedte van m.f.-versterkers voor FM-ontvangst heel breed moeten zijn, wel 250 kHz; voor televisie-ontvangst is de bandbreedte zelfs 5 MHz. Dit is slechts met een m.f. van véél hogere frequentie dan de tot dusver gebruikelijke te verwezenlijken. In verband met spiegelfrequenties kiest men thans vrijwel uniform (zeldzaam verschijnsel in Europa) 10,7 MHz, dus een golflengte van circa 30 meter. De veel geringere versterking, die we op deze frequentie kunnen bereiken dienen we te compenseren met een extra trap m.f. versterking.

BEGRENZER

Voor FM-gebruik komt na voldoende m.f.-versterking een begrenzer, die dus tot taak heeft amplitudepieken die nog het signaal mochten begeleiden af te kappen. Dit zijn dus ten eerste de van huishoudelijke apparaten afkomstige storingen, de atmosferische storingen en daarnaast de door de zender nog afgegeven amplitude-modulatie als ongewenst bijverschijnsel van de FM-modulatie. Tenslotte zal door atmosferische omstandigheden ook de veldsterkte van de zender variëren, evenals dit bij AM-zenders in de middengolfbanden wordt waargenomen. Als begrenzer fungeert vaak een r.f. pentode die met een heel lage spanning op anode en schermrooster werkt, 20 à 30 volt, b.v. doordat grote koppelweerstand zijn toegepast (fig. 15).

De roosterruimte van een op dergelijke wijze geschakelde buis is gering. Komen er nu r.f. wisselspanningen met grotere amplitude op het rooster, dan zal er roosterstroom gaan lopen en wordt de m.f. ingangskring sterk gedempt. Bovendien wordt

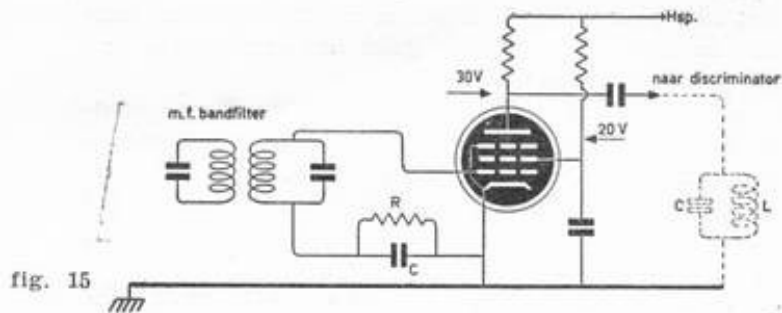


fig. 15

het werkpunt van de buis naar een gebied van grotere neg. roosterspanning verplaatst door de werking van het RC-filter (zie roosterdetectie, les 8, fig. 39 e.v.) en neemt de versterking van de buis af. Wanneer dus de m.f. wisselspanningen op 't rooster een bepaalde grootte overschrijden zullen de m.f. spanningen in de anodekring niet meer toenemen en is dus een zekere mate van begrenzing bereikt, terwijl de frequentiemodulatie volledig en onbeschadigd aanwezig blijft. Vrijwel alle r.f. pentoden zijn voor dit doel bruikbaar; de goede werking hangt o.a. af van de tijdconstante van het RC-filter, dat overeenkomt met de roostercondensator en lekweerstand van een roosterdetector. Met een R van 100000 ohm en een C van ca. 200 pF wordt een tijdconstante van ca. 20 μ sec. bereikt, welk bedrag door praktijkmetingen als het juiste bevonden is.

Natuurlijk zullen „begrenste” wisselspanningen die aan anode ontstaan nog maar weinig op sinussen lijken; ze hebben meer van trapezia weg (fig. 16).

In feite echter zijn deze trapezium-vormige wisselspanningen weer samengesteld uit zuiver sinusvormige trillingen, waarvan de frequentie overeenkomt met de grondgolf + harmonischen daarvan. Daar de anodebelasting wordt gevormd door een LC-kring in de discriminator, afgestemd op die grondgolf, zullen die harmonischen weer „geluidloos” afgevoerd worden: hiervoor bezit de LC-kring n.l. geen impedantie (fig. 15).

DISCRIMINATOR

Uit de aard der zaak zullen de in frequentie gemoduleerde m.f. trillingen niet met een roosterdetector of diode gedetecteerd kunnen worden.

Hiervoor is de z.g. discriminator ontwikkeld. Deze discriminator heeft dus tot taak de gewenste laagfrequente modulatie te onttrekken aan het in frequentie gemoduleerde hoogfrequente signaal. Om te beginnen moet hij in staat zijn te ontdekken, hoe vaak de frequentie per seconde afwijkt van de nomiaal-frequentie: dit wordt dan de toonhoogte. En aan de frequentie-zwaai kan worden ontleend, welke amplitude het laagfrequente signaal zal bezitten. De gelijkgerichte h.f. draaggolf is bij FM-ontvangers van geen enkele waarde, omdat automatische sterkteregeling overbodig is: de begrenzers hebben deze taak overgenomen. We moeten daarbij bedenken, dat het jagen op verafgelegen FM-zenders geen zin heeft in verband met de sterke ruis.

Een wel héél eenvoudige methode vinden we in de z.g. flank-

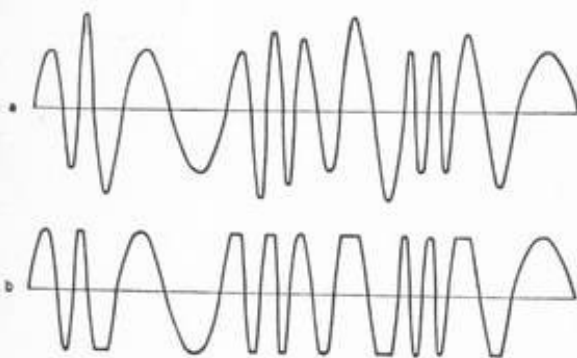


fig. 16

discriminator, waarop we even verder zullen ingaan, omdat op dit grondprincipe feitelijk alle andere later ontwikkelde schakelingen berusten. Wanneer we een afstemkromme van een niet al te selectieve LC-kring bezien (fig. 17) kunnen we ons best voorstellen dat een ongemoduleerde meetzender de grootste output op een achter die kring geschakelde diode geeft als hij werkelijk op de resonantiefrequentie van die kring afgestemd is. (Punt A). Op de verticale schaal geven we die output in volts aan, terwijl op de horizontale as de frequentie aangegeven is. We laten nu de ontvangerstemkring onaangeroerd maar nemen onze meetzender en stemmen die nu af op een frequentie van bijvoorbeeld 112 kHz; we komen dan op punt B terecht en meten dan een output van 5 volt. Laat ons deze frequentie nu even beschouwen als de „nominale” frequentie, de draaggolf-frequentie.

Wanneer we nu de frequentie van onze meetzender veranderen tot b.v. 120 kHz, dan bootsen we daarmee een „swing” na, die in dit geval 8 kHz bedraagt.

Op de vastgestelde kring van de ontvanger komen we nu op punt C terecht, waarbij we een output meten van 2 volt.

We zien nu duidelijk, dat een „swing” van 8 kHz een a.f. amplitudevariatie van $5 - 2 = 3$ volt tengevolge heeft. (De luidheid, de geluidsterkte dus.) Welnu, wanneer we daarbij nog bovendien $250 \times$ per seconde de meetzenderknop heen-en-weer wobbelen, dan ontstaat een a.f.-signaal, dat een toonhoogte van 250 Hz bezit bij een amplitude van 3 volt.

Welnu, een in frequentie gemoduleerd zender-sig-naal doet al niets anders: We variëren gedurig de zenderfrequentie, zodat we afwisselend op punt B of C zitten en het tempo waarin we dat doen wordt domweg bepaald door het laagfrequent ritme. De mate van afwijking geeft hier de amplitude (de grootte) van het a.f.-signaal weer; en het aantal malen dat de r.f. signaalfrequentie per seconde schommelt bepaalt de frequentie van het a.f.-signaal.

Nu is de flank van zo'n afstemkromme helaas nooit recht, dus: vervorming. En ook niet lang, dus de „swing” kan niet tot zijn recht komen en dus ook niet de a.f. amplitudevariaties. Of we nu de linker- of de rechter flank benutten, het resultaat is gelijk.

Met opzet is in bovenstaand voorbeeld een draaggolf-frequentie van 112 kHz gekozen, want het principe van de frequentiemodulatie kan zonder enig bezwaar ook b.v. bij de middengolven toegepast worden, maar in dat gebied kan en mag de swing niet zo groot zijn en daarom zoeken we het gebied van de zeer hoge frequenties op, waar deze bezwaren (nog) niet bestaan.

Een tijdlang, zo omstreeks 1950, hebben de inderdaad goedkope flankdiscriminator-voorzetapparaatjes in Duitsland furore gemaakt; nu zijn ze van de markt verdwenen.

Momenteel zijn er in de handelsapparaten slechts enkele typen in gebruik: Forster-Seely discriminator (fig. 19), die voorafgegaan moet worden door de besproken begrenzer en de ratio detector (fig. 20), die zelf tevens als begrenzer dienst doet, zodat deze als afzonderlijk element kan vervallen. Omdat de werking van deze buisdiscriminatoren niet eenvoudig te verklaren is, moeten we volstaan met te zeggen, dat hierbij van een combinatie van 2 afstemkrommen gebruik gemaakt wordt; deze krommen sluiten aaneen. Het hierbij ontstane rechte stuk, dat vrij „lang” is, kan een grote

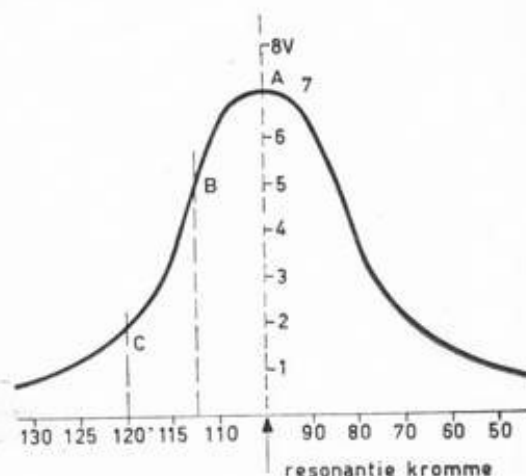


fig. 17

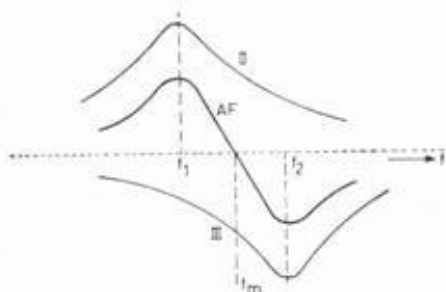


fig. 18

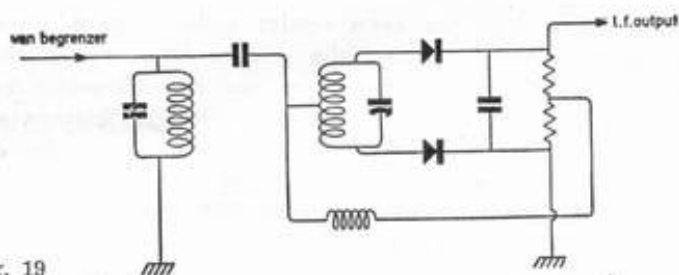


fig. 19

De Forster-Seely-schakeling

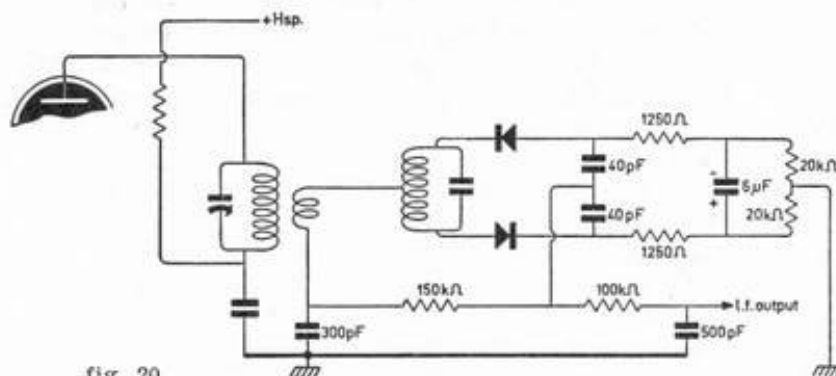


fig. 20

De ratio-detector

swing onvervormd verwerken (fig. 18). Ditzelfde voordeel biedt de toepassing van een speciaal door Philips ontwikkelde buis, de EQ80, een enneode (negen elektroden), die echter een behoorlijke m.f. versterking vereist, evenals trouwens alle schakelingen met begrenzer-buis. Maar... hij geeft 20–30 volt a.f. spanning af. En dat is ook wat waard (fig. 21).

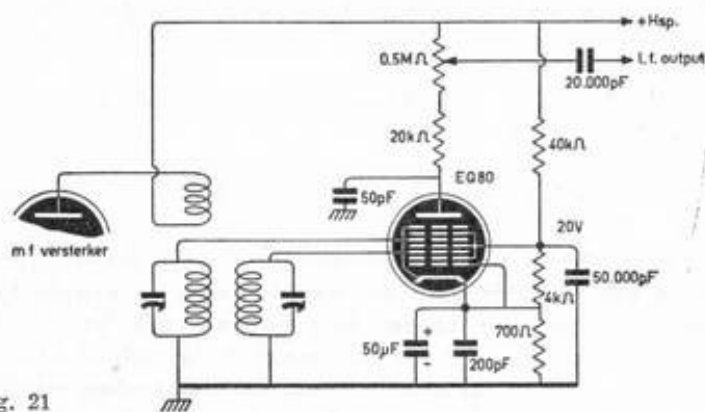


fig. 21

Discriminator met speciale buis,

Het in details bespreken van al deze schakelingen, inclusief de nog niet genoemde Locked-in- of Bradley-oscillator vergt een boekdeel aan ruimte en valt helaas dus buiten het kader van deze les. In de Televisieles worden de Foster-Seely en de Ratio detector als de belangrijkste schakelingen uitvoerig behandeld. Volstaan wordt met te vermelden, dat de ratio-detector gunstige eigenschappen bezit: slechts geringe m.f. ingangsspanning is nodig (circa 0,1 volt); geen begrenzer, niet-kritische afregeling. Inplaats van de gebruikte germanium-dioden kunnen ook buis-dioden toegepast worden. In de laagfrequentversterker, volgend op een FM discriminator komen slechts enkele nieuwe doch belangrijke gezichtspunten naar

voren: tonen tot 15000 Hz dienen versterkt te kunnen worden en de luidspreker moet in staat zijn ze weer te geven! En dan moeten we ons even herinneren, dat aan de zenderkant de tonen van 2000 Hz en hoger extra geaccentueerd zijn: pre-emphasis.

Nu moeten we deze handeling weer ongedaan maken en dat gebeurt weer met het bekende RC-filter, weer met een tijdconstante van 75 μ sec. (fig. 14). De-emphasis dus.

TELEVISIE

We stappen nu nog even over naar de televisie. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van zeer hoge frequenties en alles wat hierboven gezegd is geldt ook voor de televisie... Nu gaat het televisiebeeld steeds gepaard met het bijbehorend geluid, dat door een afzonderlijke zender wordt uitgezonden. In grote trekken kan men zeggen, dat in Europa de frequentie van de geluidszender $5\frac{1}{2}$ MHz verschilt van de beeldzender-frequentie. Onze Lopik-televisiezender werkt met het beeld op 62,25 MHz en met het geluid op 67,75 MHz. Dit is niet zonder reden. In principe zou men n.l. een complete beeldontvanger en een complete geluidsonvanger moeten bezitten, natuurlijk met 2 afzonderlijke antennes.

In het begin van deze les werd reeds besproken, dat de „doorlaatbreedte” voor een televisiebeeldsignaal wel 5 MHz moest zijn. Welnu, door een superheterodyne-ontvanger te construeren met zéér brede doorlaat is men in staat het beeld- en geluidsignaal te ontvangen met één gemeenschappelijke antenne, r.f. versterker, mengbuis en eventueel nog één à twee m.f. trappen, waardoor de kosten van een toestel belangrijk lager worden (fig. 22).



fig. 22

De afstemkringen van een dergelijke Super moeten dus „breed” zijn, zeer breed en het beeldsignaal dat steeds in amplitude gemoduleerd is neemt daarvan het leeuwenaandeel in. We zullen zien, dat het video-signaal (= beeldsignaal), welke uitdrukking moet vergeleken worden met audio- (= laag)-frequent geluidssignaal, tot 5 MHz kan bedragen, waardoor een r.f. „bandbreedte” van 10 MHz noodzakelijk zou zijn. Het is wel interessant even na te gaan, hoe we nu aan die waarde van 5 MHz komen: Wanneer we, zoals dat bij ons het geval is, 625 beeldlijnen toepassen houdt dat in, dat we op het T.V.-beeld onder elkaar 625 stipjes of lichtvlekjes nog afzonderlijk willen kunnen waarnemen. Helaas zullen we nooit die 625 stipjes kunnen waarnemen, omdat een deel van de uitzendtijd besteed wordt aan de synchronisatie, n.l. circa 7 %; we zien dus niet meer dan 93 % of 575 lijnen ofwel licht-donker-variaties onder elkaar.

Uit de aard der zaak zullen we ook in horizontale zin een dergelijke fijnheid van detail wensen; indien ons T.V.-beeld vierkant was zou dus elk beeldje $575 \times 575 = 330625$ beeldelementen moeten kunnen opleveren. Ons T.V.-beeld is

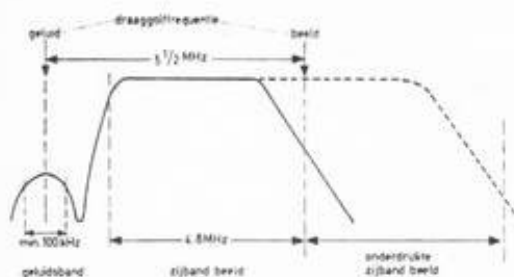


fig. 23

echter niet vierkant; daar de beeld breedte zich tot de beeld hoogte verhoudt als 4 : 3 wordt dit cijfer: $\frac{4}{3} \times 330625 = 440833$. Dit getal betreft dus één volledig beeldje; er worden er echter per seconde 25 uitgezonden, waardoor het aantal beeldelementen gebracht wordt op $25 \times 440833 =$ circa 11000000 stuks per seconde! Dat zijn dus „beeldelementen” die in feite een zwart-wit schakering uitbeelden en grafisch het best door een z.g. kanteellijn kunnen worden uitgedrukt. Deze rechthoekige „krommevorm” wijkt nogal wat af van de bekende sinuslijn maar door het toevoegen van een aantal harmonischen kan van elke willekeurige sinus een bloksignaal gemaakt worden; de 10e harmonische speelt hierbij zelfs nog een rol. Ook die zou dan zelfs nog uitgezonden moeten worden! Zo'n vaart loopt het in de praktijk niet; we gaan er van uit, dat één sinus-cyclus een tweetal beeldelementen

11000000

menten kan bevatten, waardoor we komen op $\frac{11000000}{2} =$

2

5000000 Hz oftewel ruim 5 MHz, waarbij er van wordt uitgegaan, dat slechts de grondgolf wordt uitgezonden, omdat harmonischen door de betrekkelijke grofheid van de spot toch verloren zou gaan. Nu nog even releveren wat een bandbreedte van 10 MHz = 10000000 Hz betekent: De bandbreedte van een ontvanger bedraagt 10 MHz, wanneer zowel een draaggolf van b.v. 60 MHz als een draaggolf van 50 MHz met dezelfde sterkte wordt ontvangen. We weten dat een AM-sigitaal bestaat uit een r.f. draaggolf met zijbanden. Schrandere lieden hebben vastgesteld, dat men zonder bezwaren kan volstaan met het uitzenden van slechts de draaggolf + de zijband aan één kant van de draaggolf: de bandbreedte van de ontvanger voor het beeld- en geluidssigitaal kan daardoor tot 7 1/2 MHz beperkt blijven (fig. 23). Aan de zenderkant moet de natuurlijke gang van zaken zijn loop hebben: men wekt normaal de draaggolf met beide zijbanden op, doch in de laatste trap van de zender brengt men een LC-absorptiefilter aan, dat afgestemd is in het midden van de zijband die gedoemd is om te verdwijnen. Dit onderdrukken van die zijband gaat uit de aard der zaak met grote warmteontwikkeling gepaard. We spreken hier van enkel-zijbanduitzendingen. Voordelen: smaller band in de ontvanger, minder ruimte benodigd in de aether. Helaas is een bepaalde vervorming hierbij niet te ontgaan, doch dit nadeel weegt niet op tegen de geringe plaatsruimte, die de zender inneemt. Uit de aard der zaak kan deze remedie ook b.v. in de middengolfsband toegepast worden, maar daar wegen de nadelen véél zwaarder. Overigens is de door „het geluid” ingenomen ruimte in de televisieband relatief gering. In het blokschema zien we nu de gang van zaken: na de 1e m.f. trap gaat een zijtak naar een laatste geluids m.f. trap, waarna de detectie en a.f. versterking plaats vindt (fig. 22). Bij het nederlandse, duitse, zwitserse, deense, italiaanse en russische televisiewezen past men FM voor het geluid toe, België, Frankrijk en Engeland gebruiken AM.

Nu komt natuurlijk de vraag: beïnvloeden die video- en audiosignalen nu elkaar niet bij het (tijdelijk) samengaan? Neen, door zeefkringen aan te brengen in het m.f. videokanaal om het m.f.-audiosigitaal er uit te zeven kan dit bezwaar ondervangen worden; verder is het gebruik van AM voor video en FM voor geluid gunstig voor deze scheiding.



fig. 24

Moderne beeldbuis
(magnetische afbuiging)

Hoe krijgen we de gewenste brede doorlaatband in dergelijke kringen? Door de zaak onselectief te maken zou in principe gezegd kunnen worden. En dat kan o.a. door alle LC-kringen te dempen met weerstanden van lage waarde: 2 à 3000 ohm (fig. 25). We moeten hierbij bedenken, dat de blokkeringsweerstand voor deze frequenties nooit hoog zijn; daarnaast is de ingangsweerstand van buizen, dus tussen rooster en katode in de orde van 6 à 7000 ohm als gevolg van de „looptijd” van de elektronen, terwijl we daarentegen bij midden- en korte-golven de wisselstroomweerstand tussen rooster en katode als oneindig groot beschouwen konden! Nu is de versterking voor deze hoge frequenties en zelfs voor de middelfrequenties op 10,7 MHz al niet hoog maar door dergelijke dempingen gaat de versterking natuurlijk nog meer omlaag. Van r.f. versterking komt dus, zoals reeds eerder werd gezegd, niet veel terecht. Bij de m.f. kringen geeft men de voorkeur aan een andere methode om een bredere band te verkrijgen. Uit de bandfilterkromme voor meerdere trappen (les 9) herinneren we ons, dat de afstempiek van elke kring op zichzelf en dus het aantal afgestemde kringen in het eindresultaat zichtbaar blijft.

Welnu, door nu moedwillig elke opvolgende kring volgens een bepaald systeem op een andere frequentie af te stemmen dan zijn voorganger, kan een „brede” doorlaatkromme verkregen worden. Internationaal gebruikt men hiervoor de engelse uitdrukking „staggered tuning”¹⁾. Natuurlijk moet dit verstemen volgens een bepaald systeem gebeuren, maar het resultaat is zeer bevredigend: alle kringen werken dus met maximum versterking, in tegenstelling tot de methode waar door demping de band verbreed wordt (fig. 26).

Het video-signaal wordt nu normaal in een diode gedetecteerd en via een video-voorversterkerbuis naar de video-eindbuis gebracht. We moeten nu eerst maar eens bezien hoe televisie eigenlijk mogelijk is.

BEELDONTLEDING

Bij de televisie gebruikt men een lenzen-stelsel, zoals bij een fototoestel in gebruik is: op de plaats waar bij het fototoestel het matglas zit (waarop 't beeld op-zijn-kop te zien is), bevindt zich hier de bodem van de z.g. iconoscoop (fig. 29). Die bodem is inwendig met een geprepareerde laag bekleed (mozaïek) en een daarmee verbonden draad gaat naar buiten de buis. Ook op deze laag is dus het beeld te zien.

Bij de film worden er per seconde 25 foto'tjes opgenomen; elk plaatje vertoont een kleine afwijking ten opzichte van het voorgaande. Door ons nu deze plaatjes in een tempo van 25 per seconde „te laten kijken” bemerken we van deze snelle wisseling niets, omdat ons oog niet in staat is dergelijke snelle lichtverschijnselen afzonderlijk op te nemen. Wel krijgen we een totaal- of globaal-indruk en de bewegingen van mens en dier op het projectiescherm zijn behoorlijk te volgen, omdat die bewegingen véél minder snel verlopen. De film wordt dus niet met een constante snelheid door de projector gevoerd, neen, elke $\frac{1}{25}$ seconde wordt er een nieuw plaatje „voorgesluisd”.

Bij televisie is iets dergelijks onmogelijk; we moeten het beeld, het plaatje ontleden in afzonderlijke puntjes, die wit, zwart of grijs kunnen zijn en elk puntje afzonderlijk overseinen.

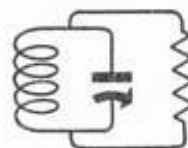


fig. 25



fig. 26

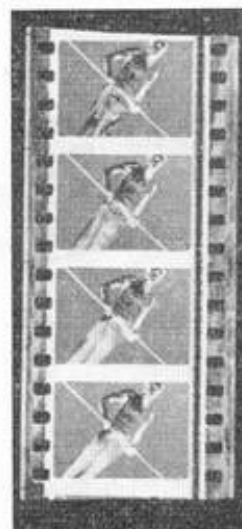


fig. 27

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

fig. 28



fig. 29

Amerikaanse iconoscoop
(foto RCA)

1) Ned. vertaling: verscherfde afstemming.

Dit grondprincipe werd reeds omstreeks 1885 door de duitser Paul Nipkow uitgevonden en wordt nog steeds toegepast. Zeer vereenvoudigd kunnen we het voorstellen door de volgende situatie: in Amsterdam is een schaaktoernooi en in Haarlem wil men weten hoe de stand van zaken is. De zwarte en witte vakken heeft men tevoren van beide borden op dezelfde manier genummerd (fig. 28) en nu geeft men van Amsterdam uit per telefoon naar Haarlem door: Vak 1: paard, Vak 2: pion, Vak 3: toren, Vak 4: koning, enz. enz.¹⁾ En in Haarlem plaatst men volgens de ontvangen instructie de schaakstukken op 't bord. Elk kwartier doet men dit en in H heeft men dus steeds een getrouwe copie van 't bord in A. Wanneer we nu boven het schaakbord in A en boven het schaakbord in H een aanwijsstok konden aanbrengen en die langs mechanische weg zó koppelen, dat elke beweging van de stok in A automatisch gevolgd zou worden door een volmaakt gelijke beweging in H, konden we in A ermede volstaan door met de stok Vak 1 aan te wijzen en te telefoneren: koning, stok verplaatsen naar 2 en roepen „pion”, enz. enz. (fig. 30). Bovendien konden we de beweging zo maken: eerst de bovenste rij van links naar rechts langzaam afwerken, dan vlug terug naar 't begin van de tweede rij, die langzaam afwerken en dan fluks terug naar de 3e rij; is de laatste rij klaar, dan weer vlug naar Vak 1 en zo maar door.

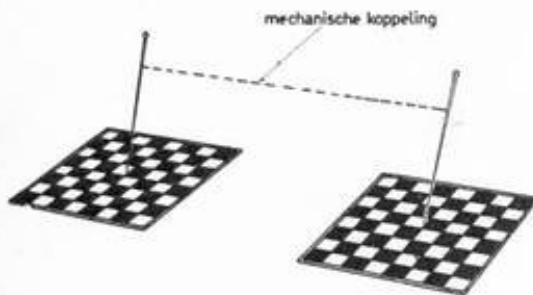


fig. 30

KATODESTRAALBUIS

Nu dat „aanwijsstokmechanisme” aan de ontvangerkant. In de katodestraalbuis (KSB) hebben we een prachtig apparaat daarvoor: Een luchtledige ruimte, waarin een verhitte katode, een rooster en een anode. Wanneer we de goede spanningen aanleggen en de gloeidraad verhitten zal er precies in het midden van de bodem van die fles-achtige buis een helle lichtstip verschijnen. Want die bodem is met een fluoriserende stof bekleed, die oplicht zodra de van de katode afkomstige elektronenstraal, hier katodestraal genoemd, de bodem raakt. Kan die straal ook bewegen? Wis en warempel? Wanneer we 2 platen aanbrengen in de fles, links en rechts van de straal en we brengen plaat A op een spanning, die wat lager en plaat B op een spanning, die wat hoger is dan de anodespanning, dan zal de elektronenstraal „afbuigen”. Door dus de spanning op A en B te variëren kan de straal een rechte lijn op de flesbodem beschrijven. Nu is 't niet moeilijk meer te zien waar we heen gaan: loodrecht op platen A en B plaatsen we nog een dergelijk platenstel, C en D. Door de spanningen hierop te variëren kunnen we de lichtstip een lijn laten beschrijven die loodrecht op de zoëven genoemde lijn staat (fig. 34).

We kunnen nu door de spanningen op resp. A-B en C-D te variëren de lichtstip op elke gewenste plaats van het scherm brengen. Deze buis, de elektronenstraalbuis, is een uitvinding van Prof. Braun.

Door nu aan de ontvangerkant een dergelijke buis te hebben is dat „eind” van de „aanwijs”-stok gereed.

ICONOSCOOP

Aan de zenderkant plaatst men dit Braunse systeem scheef in de reeds beschreven iconoscoop, die door Prof.

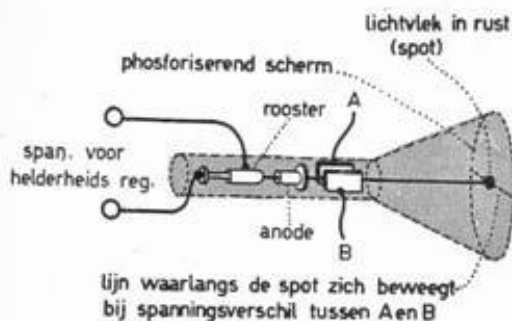


fig. 33

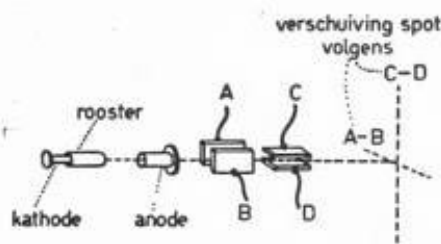


fig. 34

¹⁾ Dr Blan weet van schaken maar weinig af.

Zworijkin is uitgevonden (fig. 35 en 29). Wanneer we nu het platenpaar A en B zowel aan zender- als ontvangerzijde aan één-en-dezelfde spanningsbron verbinden en dit evenzo met de platenparen C en D doen, kunnen we gelijktijdig in Amsterdam en Haarlem elke gewenste plaats van beide schermen „aftasten” (fig. 36).

We moeten het schaakbord nu verlaten. Beschrijft de „straal” in die iconoscoop een rechte lijn „ergens” over het optische beeld dat door de lens op het schermje van de iconoscoop geprojecteerd is, dan zal die straal afwisselend lichte en donkere plaatsen passeren, want op dat schermje staat het beeld, dat uit lichte en donkere „partijen” samengesteld is. Welnu, richten we de aftast-straal op een lichte plaats, dan wordt de gehele bekledingslaag op de flesbodem geleidend, richten we hem op een donkere plaats, dan geleidt die laag niet (fig. 35). Dat niet of wel geleidend zijn kan natuurlijk in een spanningsvariatie omgezet worden. Dit is dus de zend-kant, die niets anders dan de licht-donker-informatie kan afgeven.

En aan de ontvangstkant kunnen we door de spanning op 't rooster van de elektronenstraalbuis, kortweg „de beeldbuis”, te variëren de stip helderder maken of uit laten doven (fig. 33). Dit rooster heeft hier de gedaante van een buisje, de Wehnelt-cylinder. We zagen reeds dat we de stip kunnen verplaatsen door de spanningen op de platenparen A-B en C-D te variëren. Door nu de spanningsvariatie van de

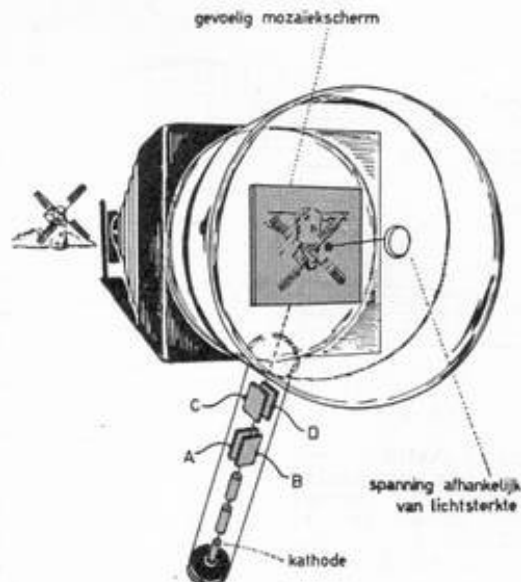
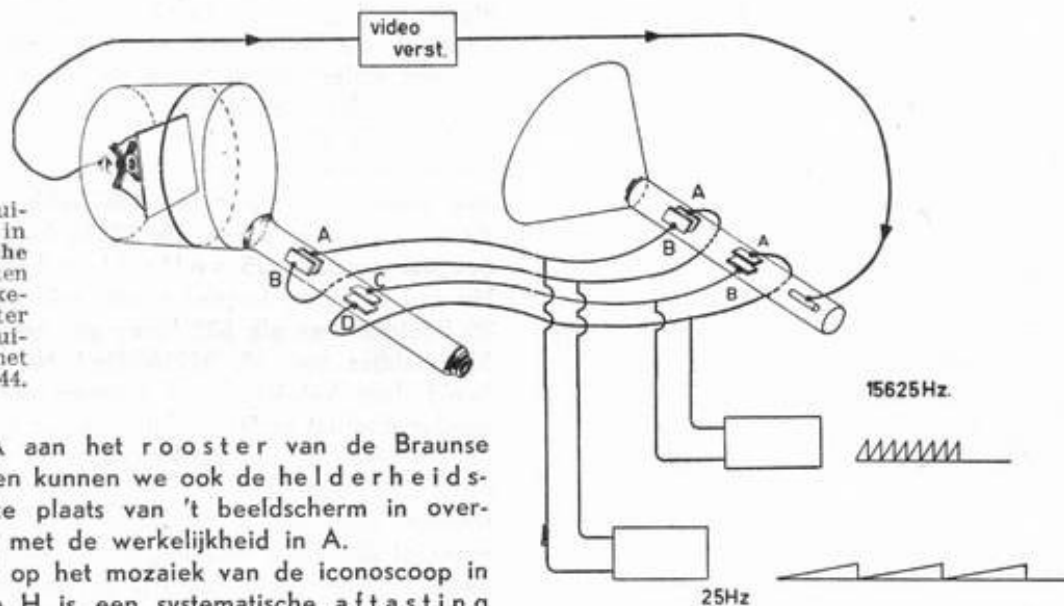


fig. 35

De iconoscoop.
In werkelijkheid is het mozaiekscherm ondoorzichtig, zodat wij het beeld-op-zijn-kop van de achterkant af niet kunnen zien

Terwille van de duidelijkheid wordt in fig. 35 en 36 statische afbuiging met platen toegepast; in werkelijkheid wordt echter magnetische afbuiging toegepast, met spoelen; zie fig. 44.



iconoscoop in A aan het rooster van de Braunse buis in H toe te voeren kunnen we ook de helderheidstoestand voor elke plaats van 't beeldscherm in overeenstemming brengen met de werkelijkheid in A.

Om het gehele beeld op het mozaiek van de iconoscoop in A te reproduceren in H is een systematische aftasting van 't mozaiek nodig.

We doen dit door de aftastlijn van links naar rechts horizontale lijnen onder elkaar te laten beschrijven; is de onderkant bereikt dan beginnen we weer bovenaan. Hoe meer lijnen, des te meer zullen we van het beeld uit A in H de details kunnen zien.

Nu gaat dat aftasten net als 't lezen van een boek: ons oog gaat langzaam naar rechts, regel klaar dan snel weer naar links om weer langzaam naar rechts te gaan, enz.

Om dit te bereiken past men zaagtandspanningen toe; zij zien er uit als in fig. 40, lopen langzaam op en vallen snel terug. Een dergelijke spanning wordt aan platenpaar A-B toegediend, evenzo aan C-D. Nu gaat het „aftasten” van een televisiebeeld wel wat sneller dan lezen: we „lezen”

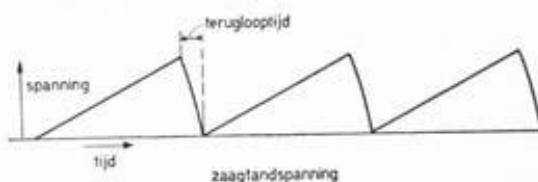


fig. 40

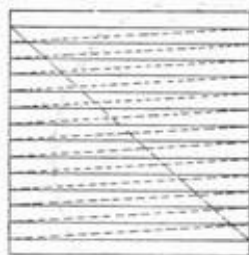


fig. 40a

Oorspronkelijke opbouw van een beeld; tijdens de „terugloop” is de helderheid van de lijn onderdrukt

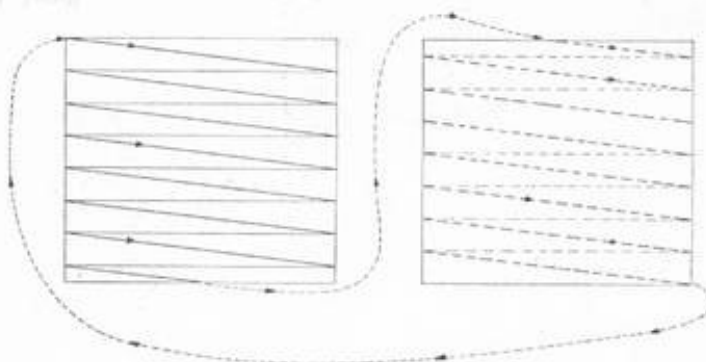


fig. 41a

Beide roosters van een interlaced beeld

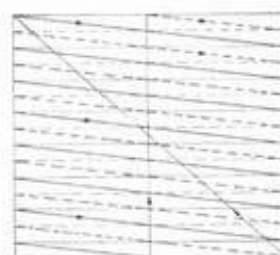


fig. 41c

Een compleet interlaced beeld

n.l. 25 plaatjes per seconde en op elk plaatje beschrijven we 625 lijnen. In totaal worden er dus per seconde $25 \times 625 = 15625$ lijnen geschreven; we zeggen dan dat de lijnfrequentie 15625 Hz is; de beeldfrequentie (= het aantal complete plaatjes per seconde) is dus 25 Hz. De zaagtandspanning die de beeldafbuiging veroorzaakt stijgt $25 \times$ per seconde van 0 tot een bepaalde waarde en valt dan weer op 0 terug; die voor de lijnafbuiging doet dat $15625 \times$ per sec. In Engeland past men 405 lijnen toe, in Frankrijk heeft men een systeem met 819 lijnen.

Om een meer gedetailleerd beeld te krijgen past men thans algemeen z.g. interlaced scanning toe (scanning = aftasten), zie fig. 41 a, b en c, in welk geval na elke $312\frac{1}{2}$ lijn een ander beeldje komt. De lijnen worden nu telkenmale tuss en elkaar geschreven: in fig. a en b zien we de beide afwisselende situaties; in c zien we 't eindresultaat dat $25 \times$ per seconde verschijnt.

We zeggen dan: per seconde hebben we 50 halfbeelden of rasters van elk $312\frac{1}{2}$ lijnen; in feite blijven we dus per seconde 25 volledige beelden zien.

Nu zou de vraag kunnen rijzen: waarom zendt men dan niet 25 beeldjes van elk 625 lijnen per seconde uit in plaats van 50 beeldjes van elk $312\frac{1}{2}$ lijn? Nu, duidelijker wordt het beeld door het interlaced scannen niet, maar het „springt” minder doordat er 50 beeldjes per seconde zijn; bij 25 beeldjes ziet men bij het verdraaien van het hoofd het springen, dat o.a. bij neonlichtreclames bekend is. Een tweede vraag is: waarom past men in Frankrijk nu 819 lijnen toe? Nu, men verkrijgt daarmee een beeld met veel meer details, maar... de door dergelijke zenders in beslag genomen bandbreedte is wel zeer breed, reden waarom andere landen hiertoe niet zijn overgegaan. Dat Engeland 405 lijnen toepast moet niet aan bescheidenheid toegeschreven worden; als eerste land dat reeds vóór 1940 op grote schaal TV uitzond paste het echter 405 lijnen toe, hetgeen op dat tijdstip technisch volledig verantwoord was. Bij de verdere ontwikkeling van de techniek zijn de nadelen (grof beeld) wel gebleken, maar men kan thans niet meer terug i.v.m. het grote aantal in gebruik zijnde toestellen. Overigens is deze eenvoudige opzet wel goedkoper in uitvoering.

Daar de fluoriserende stof op het buisscherm na belicht te zijn nog korte tijd blijft nalichten wordt de indruk van een continu-beeld versterkt; te lang nalichten zou echter een wazig beeld geven. Overigens wordt de lijn tijdens het „teruglopen” verduisterd; we zien daarvan dus niets.

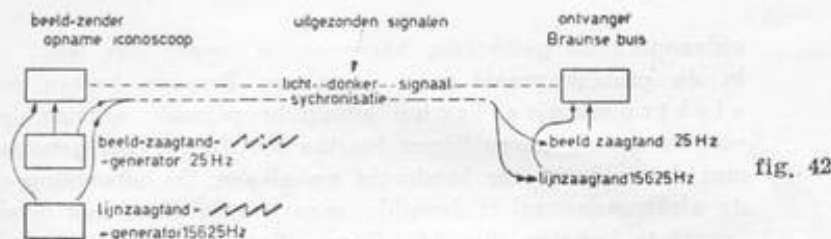


fig. 42

Dat er 50 halfbeelden toegepast worden houdt verband met onze netfrequentie van 50 Hz; in Amerika zijn het er 60. Thans streeft men er echter naar elke koppeling tussen de netfrequentie en de zaagtandgeneratoren te vermijden, omdat bij Eurovisie op hinderlijke wijze zou blijken, dat onze elektriciteitsnetten niet synchroon lopen.

Nu is het uit de aard van de zaak niet mogelijk om naar elke TV-ontvanger die beide zaagtandspanningen te brengen. Langs draadloze weg geven we het helderheidssignaal door. Licht, donker, licht, grijs, enz. En als we aan ontvangerzijde afzonderlijke zaagtandgeneratoren toepassen die prachtig gelijk lopen, ja, dan wordt het beeld in H prachtig op de flesbodem geschreven (fig. 36). Natuurlijk gaat 't in werkelijkheid niet zo mooi. Dergelijke generatoren constant houden gaat niet. In de tijd nu dat de straal terugloopt (in fig. 41a) en nog even daarna worden er geen modulaties (= zwart-wit-berichten) uitgezonden; men benut deze tijd om een soort „startsignaal” voor de lijnfrequentiegenerator, dus de horizontale afbuiging uit te zenden. En tijdens de teruglooptijd van de zaagtandspanning die de beeldstip (spot) weer naar de bovenrand van 't plaatje brengt wordt het startschot gegeven voor de verticale afbuiging. Beide generatoren wachten dus telkens even op hun eigen

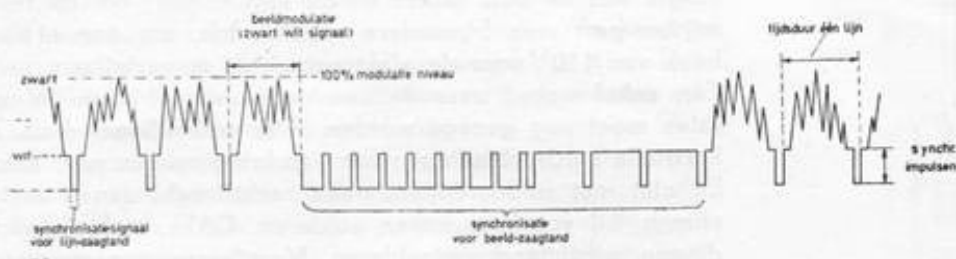


fig. 43

startsignaaltje; in fig. 43 zien we een vereenvoudigde voorstelling van deze signaaltjes, die de synchronisatie-impulsen genoemd worden. In een synchronisatiescheider in de ontvanger worden de synchronisatie-signalen vóór de verticale en horizontale afbuigingsorganen gescheiden.

Bij de bespreking van de televisieontvanger waren we gevorderd tot de video-versterker, die dus de zwart-wit-signalen naar 't rooster brengt; van dit punt tapt men tevens de synchronisatie-impulsen af. Via aparte versterkers komen die impulsen op de zaagtandgeneratoren terecht. Die zaagtandgeneratoren produceren dus telkens één tand, doch eerst ná ontvangst van de synchronisatie-impuls.

We resumeren dus nog even: Zowel de TV-zender als de ontvanger hebben ieder hun eigen zaagtandgeneratoren. Uitgezonden wordt slechts de zwart- of wit-toestand van elke „afgetaste” plek; tijdens de teruglooptijd van de beide zaagtanden wordt er natuurlijk géén zwart-wit informatie uitgezonden en deze pauze wordt door de zender benut om het „startsignaal” voor de beide zaagtandgeneratoren in de ontvanger uit te zenden, zodat deze zaagtanden aan zender- en

ontvangerzijde gelijktijdig beginnen te lopen! (fig. 42).

In de praktijk maakt men thans van Braunse buizen met elektromagnetische afbuiging gebruik; speciaal gevormde spoelenparen liggen hiertoe om de fles-hals gebogen, met de velden weer loodrecht op elkaar. De uitwerking op de elektronenstraal is dezelfde, maar hiermede is een fijnere „spot” te behalen (fig. 44). Deze wijze van afbuiging wordt zowel in de beeld-opnamebuis van fig. 35 als de beeld-weergavebuis toegepast.

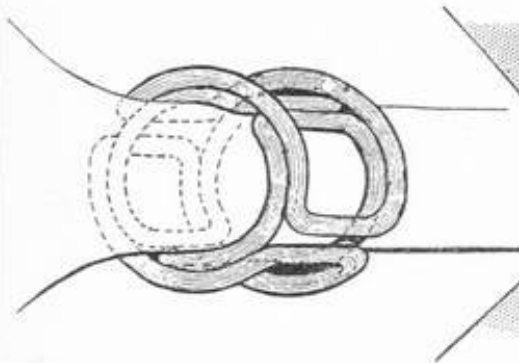


fig. 44a
Twee spoelenparen, aangebracht om de hals van de buis

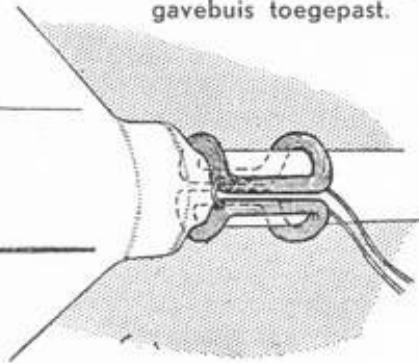


fig. 44b
Eén om de hals gebogen spoelenpaar

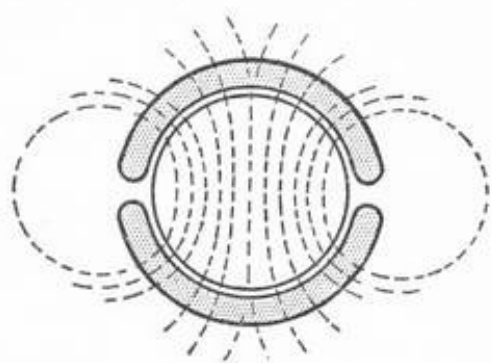


fig. 44c
Het magnetisch veld, veroorzaakt door een gebogen spoelenpaar

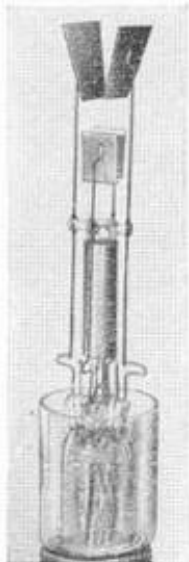


fig. 45
Afbuigstelsel van een elektronenstraalbuis met elektrostatische afbuiging

In fig. 45 wordt het systeem van een buis met elektrostatisch systeem getoond. De anodespanning voor de buizen met elektrostatische afbuiging bedraagt 2000 volt, die voor de buizen met elektromagnetische afbuiging tot 14000 volt!

De buizen worden thans steeds groter; men vervaardigt ze thans in rechthoekige vorm, waarbij de beeldhoogte $\frac{3}{4}$ van de breedte bedraagt; met de diagonaal geeft men de afmeting aan. Vergroten we echter het beeldvlak, dan wordt ook de lengte van de buis groter en de kast dieper; om dit te vermijden past men bijzondere spoelen toe, om een afbuighoek van 110° voor de elektronenstraal te verkrijgen.

Een enkel woord over de constructie van FM- en TV-apparaten moet nog gezegd worden. Alle verbindingen kort, zéér kort; alle aardverbindingen van één kring op één punt aarden! En niet met soldeerlippen, neen rechtstreeks aan 't metalen chassis, bij voorkeur koper, solderen. Dikke, stabiele verbindingen, uitsluitend vast solderen. Verzilveren van spoelen en condensatoren is aanbevolen.

Dit is dan alles wat in deze zéér onvolledige les over TV en FM gezegd kan worden; het is weinig maar voldoende om een indruk te geven hoe zwaar de eisen zijn die deze nieuwe takken van de techniek aan ons technisch kunnen stellen.

MEETAPPARATEN

In de lessen werd op sommige plaatsen gebruik gemaakt van meetapparatuur; hieronder volgt nu een beschrijving van een der belangrijkste instrumenten.

DE DRAAISPOELMETER

Voor het meten van elektrische stromen en spanningen maken we bijna uitsluitend gebruik van z.g. draaispoelinstrumenten, die evenals de elektrodynamische luidspreker berusten op het elektrodynamische principe.

Wanneer we een draadlus in een magnetisch veld brengen of verdraaien, zal er door die draadspool een elektrische stroom lopen, zeiden wij in de 3e les (fig. 10-11). Omge-

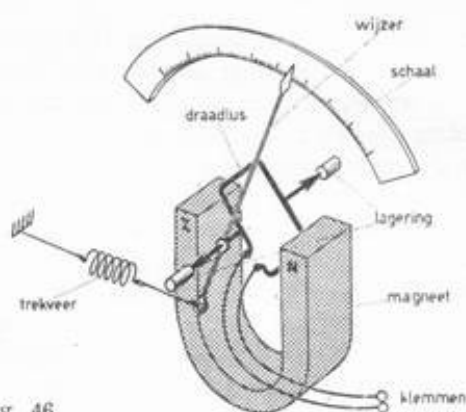


fig. 46

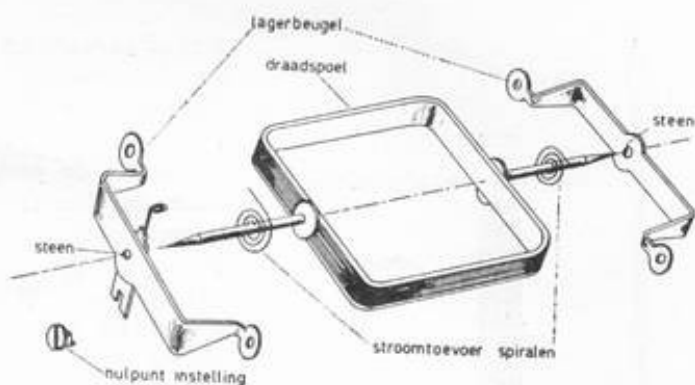


fig. 47a
Draaispoelsysteem met lagering

keerd zal, wanneer wij die draadlus aansluiten op een accu of elektrisch element, er een stroom door die draadlus gaan lopen, en wanneer die draadlus zich in een magnetisch veld bevindt, zal hij zich proberen te bewegen in dat magnetisch veld! In principe zal de lus of spoel zich loodrecht op de richting van het krachtlinenveld willen plaatsen om maar zoveel mogelijk dezer krachtlijnen te omvatten. Door nu een dergelijke spoel tussen twee draaipuntjes op te stellen en met een trekveertje „scheef” te trekken in ruststand en een wijzer + schaal aan de spoel bevestigen verkrijgen we onze „meter” (fig. 46). Deze primitieve constructie verbeteren we door de stroom aan te voeren via 2 spiraalveertjes. Deze houden dan tevens de spoel in de ruststand; als regel zijn ze tegengesteld gewonden. Wanneer de polen zóver van elkaar verwijderd zijn, dat de spoel er royaal tussen draaien kan, is dat magnetisch veld nooit zo groot; daarom brengt men binnen de spoel nog een stukje weekijzer aan, waardoor de weg voor de magnetische krachtlijnen verkort wordt. We krijgen nu 2 korte luchtwegen, „luchtspleten” genoemd (fig. 47a). Dat blokje weekijzer wordt met een koperen schroef zodanig op zijn plaats gehouden dat hij de spoel, die nooit meer dan 90° van zijn rustpunt afwijkt, niet in zijn bewegingen belemmert. De wijzer is van licht materiaal vervaardigd, aluminium als regel. Teneinde de wijzer in ruststand precies op 0 in te stellen maakt men één der beide spiraalveertjes instelbaar met een schroefdraaier buiten op het meterhuis (fig. 47).

Uit de aard der zaak zijn de lagerbeugels, waaraan de stroomtoevoerdradjes gesoldeerd zijn, geïsoleerd van de overige metaaldelen opgesteld. Nu kunnen we wel werken met de meter zolang hij plat ligt; houden we hem echter overeind, dan zal de wijzer door zijn eigen gewicht naar links of naar rechts vallen. We voorkomen dit door de wijzer in balans te brengen met gewichtjes, die van schroefdraad voorzien zijn, zodat zij door verdraaiing van of naar de draaipunten versteld kunnen worden. In welke positie we de meter nu ook houden, vóór- of achterover, links- of rechtsom, de wijzer blijft staan waar hij staat (fig. 49). Een z.g. exploded view geven wij in fig. 47.

Nu is het zó, dat de wijzer zich op een kleine afstand boven de schaal bevindt, want hij moet werkelijk „vrij lopen”. Wanneer we ons oog nu niet recht boven de wijzer houden maar scheef, dan lezen we links of rechts van de wijzer af, méér of minder dan de juiste waarde dus! We noemen dat parallax- of verschilzicht.

Om dit euvel te ontgaan wordt de wijzerpunt zo plat als een

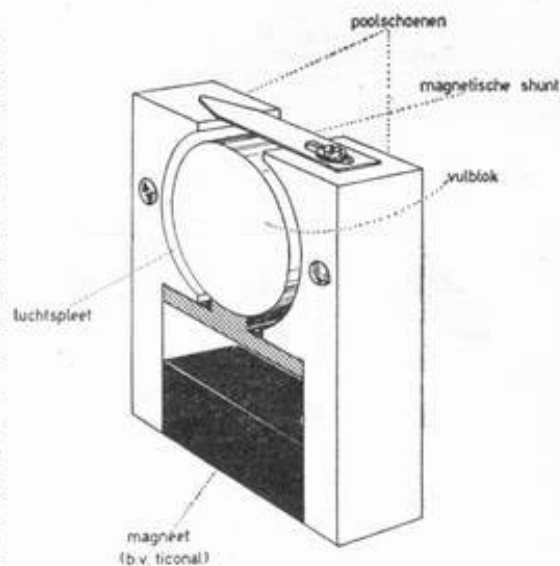


fig. 47b

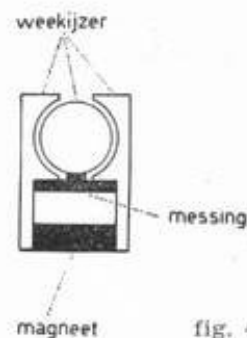


fig. 47c

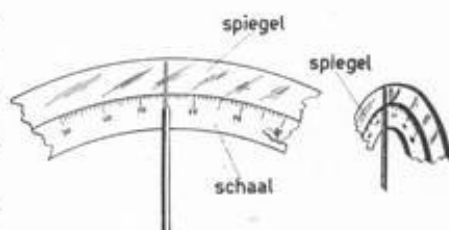


fig. 48
links: schaal recht van bovenaf gezien; wijzer en spiegelbeeld dekken elkaar
rechts: schaal van bovenaf scheef gezien; links de wijzerpunt, rechts daarvan het spiegelbeeld

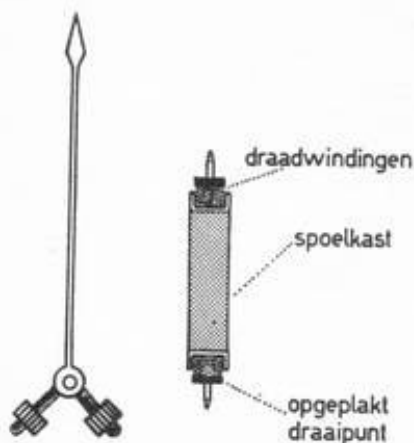


fig. 49
links: gebalanceerde wijzer
rechts: doorsnede van de spoelkast

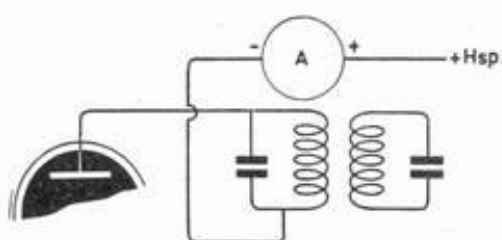


fig. 50
stroommeting

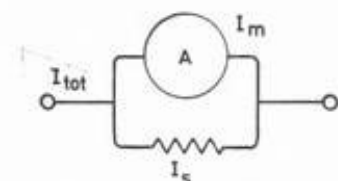


fig. 51
stroommeting met shunt

mes uitgevoerd en om de schaal heen wordt een spiegellende strook aangebracht. Wanneer we nu ons oog recht boven de meswijzer houden zullen we mes en spiegelbeeld als één streepje zien. Wat we dan aflezen is de juiste waarde (fig. 48). Nu zal in de praktijk de meter gevoeliger gemaakt worden door niet één draadwinding, zoals in fig. 46, doch meerdere in serie geschakelde windingen toe te passen; ze vormen dan een spoel die op een z.g. spoelvormpje gewonden wordt (fig. 47a en 49). Maar om de wijzer te bewegen moet er elektrische energie geleverd worden. Maken we de mechanische weerstand van 't systeem gering, o.a. door 't toepassen van safieren voor de draaipunten (meter loopt z.g. op stenen net als een horloge), dan kunnen we met weinig energie volstaan; voor een moderne meter is slechts 0,0002 W, dus 0,2 milliwatt nodig om volle uitslag van de naald te verkrijgen. Men noemt die 0,2 mW het eigen gebruik van de meter.

Nu kunnen we die spoel nog winden van veel windingen, van dunne draad of weinig windingen van dikke draad. Het hangt er nu maar helemaal van af, voor welk doel we de meter gaan gebruiken of we een dergelijke hoogohmige of laagohmige wikkeling toepassen; voor de meter is het de hoofdzaak, dat hij het vereiste aantal ampère-windingen bezit om de wijzer te bewegen.

Wat komt er nu also voor meting in aanmerking? Wel, spanning en stroom. We beginnen bij de

STROOMMETING

Laat ons eens uitgaan van een meter die volle uitslag geeft bij een stroomdoorgang van 2 mA, terwijl de ohmse weerstand van de spoel 100 ohm is. Wanneer we nu de anodestroom van een m.f. buis willen meten (fig. 50) ligt de zaak vrij eenvoudig. We nemen de meter eenvoudig op in de anodestroomkring en lezen voor een bepaalde buis af, b.v. 1½ mA. We hebben geluk gehad, want er had ook een stroom van 4 mA kunnen lopen en dan was de meter nu reeds wijlen.

Meer goed, er liep 1½ mA (= 0,0015 A). Hoe maken we deze meter nu geschikt om groter stroom te meten? Door een z.g. shuntweerstand aan te brengen (fig. 51). Maken we die b.v. gelijk aan de meterweerstand, dus óók 100 ohm, dan wordt de R_v van beide parallel geschakelde weerstanden

$$R_m \text{ en } R_s \frac{100}{2} = 50 \text{ ohm en door elk van de weerstanden}$$

loopt nu maar de halve stroom! Door de meter is dat nu dus 0,75 mA, terwijl er in werkelijkheid 1½ mA door de kring loopt. Met een dergelijke schakeling kunnen we de meter voor meerdere stroom-bereiken geschikt maken wanneer we maar uitgaan van de wet: de stromen door 2 parallel geschakelde weerstanden verhouden zich als de omgekeerde waarden van die weerstanden. Is R_m dus 100 ohm en $R_s = 10$ ohm, dan verhouden de weerstanden zich als 100 : 10 en de stromen zich als volgt:

$$I_m : I_s \text{ als } \frac{1}{100} : \frac{1}{10} = 10 : 100.$$

Aangezien de stroom door de gehele kring = $I_{tot.} = I_m + I_s$, zal in dit geval door de meter lopen:

$$I_m = \frac{10}{10 + 100} \times I_{tot.} = \frac{10}{110} \times I_{tot.}$$

en door de shunt:

$$I_s = \frac{100}{10 + 100} \times I_{tot.} = \frac{100}{110} \times I_{tot.} \quad (\text{fig. 52}).$$

Als regel maken we de R_s van zo'n shunt niet $10 \times$ zo klein als de meterspoel R_m , doch $9 \times$ of $99 \times$ zo klein, in ons

voorbeeld dus $\frac{R_m}{9} = 11 \Omega$.

De weerstanden verhouden zich dan als 11 : 100 en door de meterspoel R_m loopt dan $\frac{11}{11 + 100} = \text{ca. } \frac{1}{10}$ van de totale

stroom $R_{tot.}$ en door de shunt $\frac{9}{10}$ van die totale stroom. We kunnen dan de normale schaal gebruiken, door de afgelezen waarde in dit geval te vermenigvuldigen met 10.

Door verschillende shuntweerstand via een schakelaar te kiezen kunnen we het stroombereik van onze meter vergroten;

is de shunt $\frac{1}{999}$ van de meterweerstand, dan kunnen we een

stroom van 2 amp. meten met de reeds besproken mA-meter die een eigen gebruik van 2 mA heeft (fig. 53).

Nu komt natuurlijk de vraag naar voren: die meter gebruikt toch energie. Waaraan wordt die energie nu onttrokken?

Nu, dat is gemakkelijk te zeggen: Wanneer we nog even afbeelding 50 in een andere vorm tekenen en aannemen, dat ons voedingsapparaat een spanning van precies 200 volt levert, dan zal door die spanningsval in de meter de uiteindelijke spanning op het gebruikapparaat, in dit geval buis + m.f.-kring iets lager zijn. Hoeveel lager? Wel, de stroom was, laten wij $1\frac{1}{2}$ mA (0,0015 A). En we weten dat de meterspoel een weerstand van 100Ω had. Dan is de spanningsval $E = I \times R = 0,0015 \times 100 = 0,15$ volt. Inplaats van 200 volt staat er op punt aan de min-kant van de meter van fig. 50 dus 199,85 volt. Valt dus nogal mee. Was de stroom 2 mA, dan was de spanningsval 0,2 volt.

Uit de aard der zaak is de spanningsval over de shunt even groot als over de meter.

SPANNINGSMETING

Wanneer er nu ergens een spanning te meten is en die ligt onder de 0,2 volt, dan kunnen we er rustig onze meter op aansluiten en aflezen wat de wijzer aangeeft. Staat die op 1,1 mA, dus 0,0011 A, dan is de spanning $E = 0,0011 \times 100 = 0,11$ volt. Want die R_m , de meterweerstand, in dit geval 100 ohm, blijft natuurlijk onveranderd.

Maar nu vallen er hoger spanningen te meten. Ja, door die meter mag nooit meer dan 2 mA lopen. Licht die spanning nu in de grootte van 90 à 100 volt, dan moeten we een begrenzingsweerstand, een voorschakelweerstand R_v , zoals dat heet, schakelen in serie met de meter (fig 54)

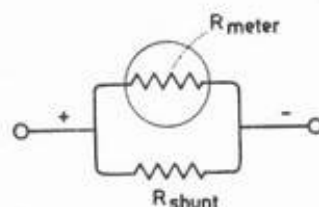


fig. 52

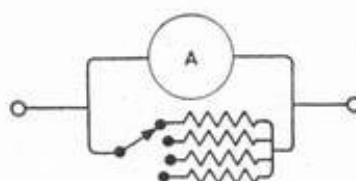


fig. 53

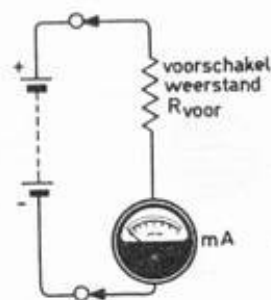


fig. 54

Hoe groot moet die zijn? $E = 100 \text{ V}$ en $I = 2 \text{ mA} (= 0,002 \text{ A})$, dus:

$$R_v = \frac{E}{I} \text{ of } \frac{100}{0,002} = \frac{100000}{2} = 50000 \Omega.$$

Sluiten we nu de meter aan via R_v van 50000 ohm op de 100 volt, dan is de stroom:

$$I = \frac{E}{R_m + R_v} = \frac{100}{100 + 50000} = \frac{100}{50100} = 0,001996 \text{ A} =$$

1,996 mA.

Willen we 't nu erg mooi doen, dan nemen we een R_v van $50000 \Omega - 100 \Omega = 49900 \Omega$, want dan wordt de stroom:

$$I = \frac{E}{R_m + R_v} = \frac{100}{100 + 49900} = \frac{100}{50000} = 0,002 \text{ A} = 2 \text{ mA}.$$

Metten we een spanning van b.v. 60 volt, dan zal de wijzer staan op 1,2 mA. De afgelezen waarde moet dan met R_v of 50000 vermenigvuldigd worden om de juist gemeten spanning te weten te komen. Wanneer we nu deze meter uitsluitend voor het meten van spanningen gaan benutten, dan kunnen we veel beter direct die spanningswaarden op de schaal schrijven. Maar als we nu echter spanningen onder de 10 volt willen meten, ja dan moeten we wel heel erg links op de schaal turen; we doen dan verstandig een lagere voorschakelweerstand toe te passen, in dit geval van 5000Ω ; we kunnen dan tot 10 volt meten. Voor hogere spanningen kiezen we weer grotere voorschakelweerstand.

Voor andere spanningen maken we R_v overeenkomstig hoger of lager. Hebben we b.v. 'n mA-meter met een max. stroom van 3 mA en willen we 240 volt meten, terwijl b.v. de eigenweerstand van de meterspoel 80 ohm is, dan wordt $R_{tot.} = R_m + R_v$

$$R_{tot.} = \frac{240}{0,003} = 80000 \text{ ohm}.$$

$R_v = R_{tot.} - R_m = 80000 - 80 \text{ ohm} = 79920 \text{ ohm}$. Dit is dus de voorschakelweerstand om met een meter van 3 mA volle uitslag een spanning van 240 volt te kunnen meten.

We drukken de metergevoeligheid vaak uit in ohm per volt. In dit geval is dat 80000 ohm voor 240 volt, dus 333 ohm per volt.

Willen we de meter voor meerdere spanningsbereiken gebruiken, dan kiezen we door middel van een omschakelaar verschillende omschakelweerstand (fig. 55).

Nu moeten we goed in 't oog houden, dat bij spanningsmetingen de stroom door de meter te beschouwen is als een extra belasting op de te meten „bron”.

Gaat 't hier om het meten van een accu of p.s.a., dan zullen die paar mA geen zodanige belasting vormen dat de spanning daardoor daalt.

Gaan we echter de schermroosterspanning meten van een buis, dan meten we wel een spanning maar niet de spanning, die er vóór het meten op die plaats stond, want we brengen een extra belasting aan, parallel met de buis (fig. 56). Het streven moet dus zijn, om bij spanningsmetingen

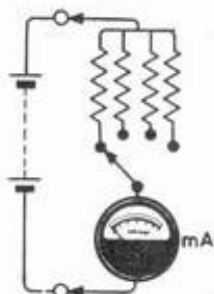


fig. 55

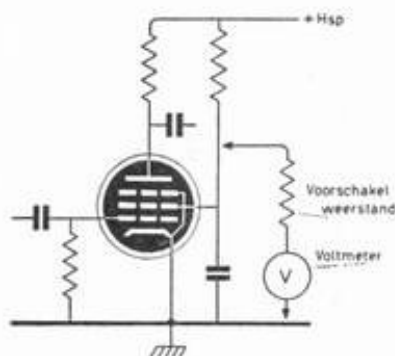


fig. 56

een zo gering mogelijke stroom te gebruiken. Daar ons meetapparaat nu eenmaal een bepaalde energie móet ontvangen om „uit te slaan”, dienen we een andere weg in te slaan: we gebruiken een langere, dunnere draad voor de meespoel; de weerstand R_m wordt dan b.v. 10000 ohm en de stroom wordt 0,2 mA bij volle uitslag.

De spanning over de meterklemmen is nu $E = I \times R$.
 $0,0002 \times 10000 = 2$ volt. Het eigengebruik van 't meter-systeem is precies gelijk gebleven: $W = I \times E = 0,0002 \times 2$

$= 0,0004$ watt. De gevoeligheid is nu $\frac{10000}{2} = 5000$ ohm

per volt, zeer gunstig dus. Maar deze meter is nu ongeschikt geworden voor stroommetingen. Want bij stroommetingen komt de meter met zijn parallel geschakelde shunt in serie te staan met de spanningsbron en 't gebruiksapparaat, waardoor we tijdens de meting met een lagere spanning te maken krijgen dan de werkelijkheid is, want er zit spanningsverlies in de meter! Voor het goede begrip tekenen we nu nog eens een spanningsbron, een gebruiker (een belastingweerstand) R , met een stroommeter en een spanningsmeter, resp. in serie en parallel met die belasting (fig. 56); vooral wanneer we een stroommeting moeten doen bij een lage batterijspanning; dan is een spanningsval van 2 volt bepaald funest, terwijl een dergelijke spanningsval bij de meting van fig. 50 onbetekenend is.

Neem b.v. een accu van 6 volt waarop een auto-ontvanger wordt aangesloten via de ampèremeter (fig. 57). We gebruiken de meter in zijn laatstbesproken vorm: een meespoel met een R_m van 10000 ohm. Aangezien er dus door de meter slechts 0,2 mA mag gaan shunten we zwaar: 5 A is I_{tot} ; $I_m = 0,0002$ A = 0,2 mA. $I_{shunt} = 5 - 0,0002 = 4,9998$ A = 4999,8 mA. De weerstand van de shunt moet zijn:

$$\frac{I_m}{I_{sh}} \times R_m \Omega = \frac{0,2}{4999,8} \times 10000 = \frac{2}{4,9998} = \frac{2}{5} = 0,4 \text{ ohm.}$$

Neem nu eens aan, dat die ontvanger bij aansluiting op 6 V—5 amp. gebruikt; dat lezen we in het prospectus. Hij ver-

tegenwoordigt dan een weerstand: $R_{ontv.} \text{ van } \frac{6}{5} = 1,2 \text{ ohm.}$

Deze weerstand komt tijdens de meting dus in serie met de shuntweerstand $R_{sh.}$, die we zoëven op 0,4 ohm berekenen. $R_{tot.}$ is dus $R_{ontv.} + R_{sh.} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ ohm.}$

Als de stroom zullen we aflezen $\frac{6}{1,6} = 3,75$ amp. Dat is

heel wat anders dan 5 A!

We zijn er echter nog niet. De spanning over de shunt $E_s = I \times R_{sh.} = 3,75 \times 0,4 = 1,5$ volt en de spanning op de klemmen van de ontvanger: $E_{ontv.} = I \times R_{ontv.} = 3,75 \times 1,2 = 4,5$ volt en géén 6 volt zoals we aannamen! De meter die dus zulke voortreffelijke eigenschappen toonde als spanningsmeter (een eigen gebruik van slechts 0,2 mA) blijkt een mislukking als ampèremeter, want de spanningsval over die meter is liefst 1,5 volt! Omgekeerd zou een ampèremeter met extreem lage spanningsval een véél

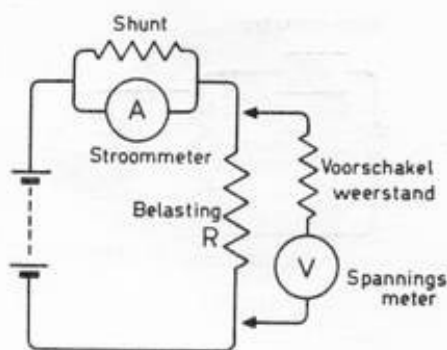


fig. 56a

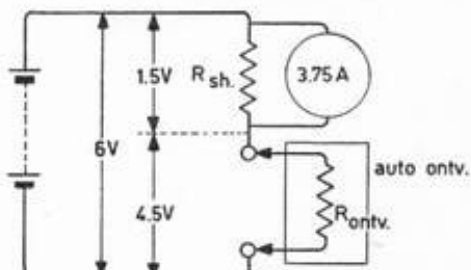


fig. 57

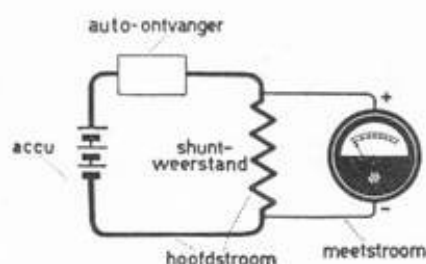


fig. 58

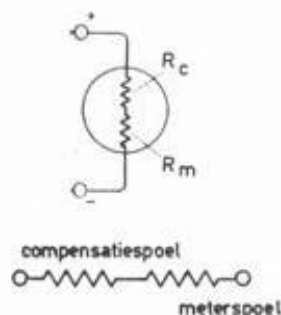


fig. 59

te hoog stroomgebruik met zich brengen, waardoor hij voor spanningsmeter weer onbruikbaar werd. Slechts meters met een eigegebruik van circa 1 mA en een inwendige meterweerstand van circa 200 ohm kunnen zowel voor spanning- als voor stroommeting gebruikt worden; wanneer het echter enigszins mogelijk is, moeten we voor stroom- en spanningsmetingen afzonderlijke meters gebruiken.

We merken hier nog even terloops op, dat de spanningval over de shunt natuurlijk even groot is als die over de meter; ze staan immers parallel! Bij stroommetingen moeten we er aan denken dat de hoofdstroom door de shunt gaat; door de meter zelf zal in den regel maar een naar verhouding klein stroompje lopen; de meter „hangt” er feitelijk maar bij. We zien dat in fig. 58 in de lijndikte afgedrukt.

Omdat de weerstand van de meterspoel door de verwarming bij stroomdoorgang groter wordt schakelt men nog een compensatiespoeltje R_{comp} in serie met de meterspoel van een draadsoort, waarvan de weerstand juist kleiner wordt bij stroomdoorgang, zodat de totale weerstand bij belasting nagenoeg gelijk blijft. Dit spoeltje zit in de meter; wij behoeven ons daarom niet te bekommeren (fig. 57). Omdat de eigenschappen van magneten veranderen naarmate ze ouder worden past men een z.g. magnetische shunt toe om later de meter te kunnen corrigeren; we sluiten hem dan aan op een bekende spanning of stroom en verschuiven de shunt totdat de wijzer de juiste waarde aanwijst. We zien dit in fig. 47b. In feite vergroten of verkleinen we het magnetisch veld door het verschuiven van het weekijzeren tongetje, dat eigenlijk een kortsluiting vormt voor de magnetische krachtlijnen.

De meeste meters die wij in handen krijgen zijn voorzien van een flens en bestemd voor paneel-montage; natuurlijk maakt het veel uit, of dat paneel van ijzer of een niet magnetisch materiaal als aluminium gemaakt is; miswijzingen dienen dan (bij voluitslag) met een shunt-weerstand (of de magnetische shunt) gecorrigeerd te worden.

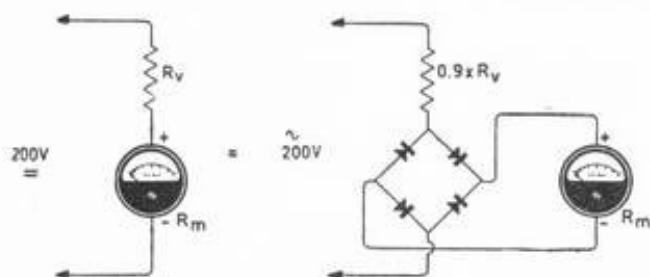


fig. 60. Spanningsmeting met cellen

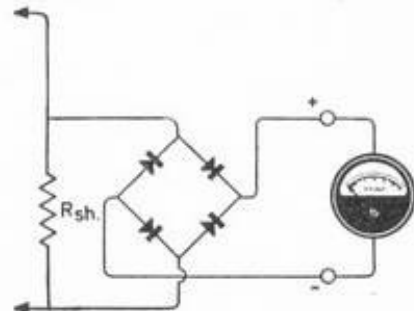


fig. 62. Stroommeting met cellen

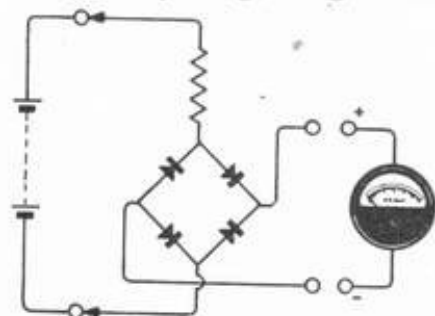


fig. 61. Nôôit de meterverbindingen verbreken wanneer de cellen nog op de spanning (of stroom) aangesloten zijn.

GELIJKRICHTINSTRUMENT

Voor wisselspanning is deze meter in principe onbruikbaar; door middel van meetgelijkrichters is echter een uiterst bruikbaar instrument te scheppen. We zien in fig. 60, 61 en 62 een Graetz-schakeling toegepast. De gelijkrichtcellen moeten steeds rechtstreeks op de meter aangesloten worden, terwijl zij nimmer zonder de meter onder spanning mogen blijven staan; zij zouden n.l. spoedig overlijden, omdat, door het wegvallen van de meterweerstand, die relatief laag is, de spanning op de cellen hoger worden dan in verband met de dunne sperlaag toelaatbaar is.

Door het niet-lineaire karakter van deze gelijkrichter, d.w.z. doordat de weerstand niet evenredig verandert met de stroom die er doorloopt, zijn de schaal-aanwijzingen bij stroommetingen onbetrouwbaar. Dit is ook het geval met de spanningsmetingen op de lage bereiken en op de linker helft van de schaal (fig. 63). Bij de hoge bereiken, b.v. 200 volt en hoger, speelt die inwendige weerstand van de gelijkrichter zo'n geringe rol, dat de aanwijzingen over de gehele schaal kloppen met die van de gelijkspanningsmetingen. Hierdoor kan éénzelfde schaal gebruikt worden, met inachtnaamte echter van de z.g. vormfactor van 1,11 voor wisselstroom. De gelijkgerichte wisselstroom heeft n.l. een geringere uitwerking dan een gewone gelijkstroom. Daarom moet in dergelijke schakelingen de stroom $1,11 \times$ zo groot zijn en dien-

overeenkomstig moet de voorschakelweerstand $\frac{1}{1,11} = 0,9$

bedragen van de waarde R_v , die voor het meten van een gelijkspanning van dezelfde grootte benodigd zou zijn. Het ligt voor de hand, dat we voor lagere wisselspanningsbereiken en de stroommetingen van een transformatortje gebruik maken: we transformeren alles wat we meten op tot b.v. 200 volt en van daar uit wordt de zaak met een serie-weerstand R_v bekeken (fig. 69). Zo'n transformatortje is in 't geheel niet moeilijk te maken; het is een kwestie van goed de windingen tellen; vermogen behoeft hij praktisch niet te leveren. Het enige nadeel van deze methode is, dat het eigen-gebruik van de meetschakeling voor stroommetingen en de spanningsbereiken lager dan 200 V iets groter wordt.

Het grootste voordeel is wel, dat op deze manier de schaal voor gelijkspanningsmetingen zonder meer voor wisselspanning en -stroom geldig blijft.

Voor een bepaalde meter met een volle uitslag van 2 mA en een ohmse weerstand van 100Ω is de spanningsval $E = I \times R = 0,002 \times 100 = 0,2$ volt. Het eigen vermogen is dus: $W = E \times I = 0,2 \times 0,002 = 0,0004$ watt, dus maximaal 0,4 milliwatt voor gelijkstroommetingen in 't algemeen.

Dat wordt dan voor alle met een transformator gebruikte wisselstroombereiken $200 \text{ V} \times 0,2 \text{ mA} = 40$ milliwatt; transformatorverliezen tellen hier praktisch niet. Bij een spanningsmeting van 6 volt ∞ belasten we het cir-

cuit met een stroompje van $\frac{0,040}{6} = 6\frac{1}{2} \text{ mA}$. Verwaarloosbaar gering.

OUTPUTMETER

De meters met gelijkrichtcellen zouden zonder meer als a.f. outputmeters te gebruiken moeten zijn. Door de eigen-capaciteit van de cellen en onvolkomenheden van de meettransformator moet voor frequenties boven 5000 Hz op een daling van de output gerekend worden. Wanneer het echter niet om absolute waarden maar hoogste output, maximale uitslag gaat, o.a. bij afregelen van Supers, is een dergelijke meter zeer goed bruikbaar (fig. 65).

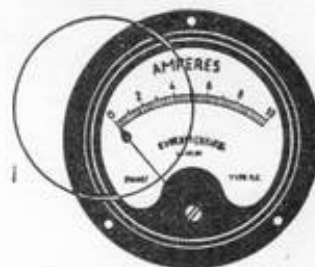


fig. 63

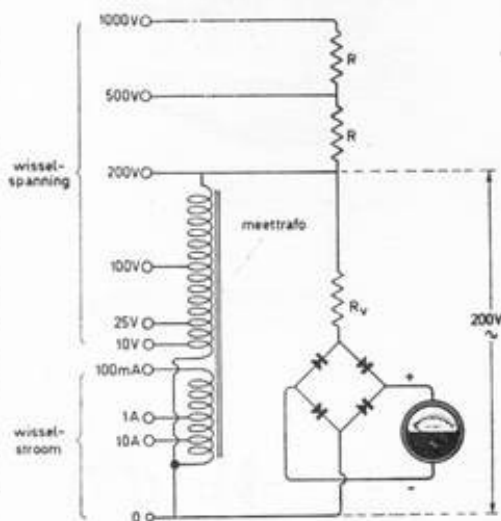


fig. 64

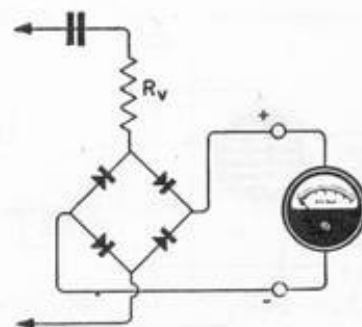


fig. 65

Een condensator van $0,1 \mu\text{F}$ houdt gelijkspanning buiten het meetcircuit bij gebruik als output-meter

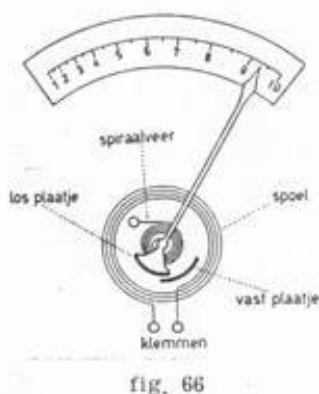


fig. 66

WEEKIJZER INSTRUMENT

De z.g. weekijzermeter wordt zelden meer gebruikt; hij is zowel voor wisselstroom als -spanning bruikbaar en berust op de magnetisering van 2 cilindrisch gebogen stukjes weekijzer binnen een spoel. Eén dezer stukjes zit vast, het andere kan om een as bewegen en is met een wijzer verbonden. Daar beide stukjes op gelijke wijze door de spoel gemagnetiseerd worden bij stroomdoorgang ontstaan 2 gelijksoortige magneetjes, die elkaar zullen afstoten; hoe groter het aantal a.w. van de spoel, des te groter de uitslag van de meter (fig. 66). Dikke draad om de spoel: stroommeting; dunne lange draad: spanningsmeting; zowel voor wissel- en gelijkspanning resp. -stroom. Bezwaren: hoog eigengebruik, gedrongen, onevenredige schaal in de benedenhelft van 't bereik. Bovendien is de wijzer meestal niet gedempt zoals bij draaispoelmeters en daardoor erg onrustig. Overigens is de meter goedkoop, doch minder nauwkeurig. Duurdere typen hebben luchtdemping op de wijzer.

Bij draaispoelmeters is de spoel meestal gewonden op een koperen raampje, dat feitelijk een kortgesloten winding vormt en als zodanig alle snelle wijzerbewegingen min of meer tegenwerkt en aldus een welkome demping op de wijzerbewegingen veroorzaakt. Overigens is het verstandig om gevoelige meters steeds zwaar geshunt te bewaren; bij verplaatsing loopt men dan niet de kans dat de wijzer met een schok tegen de stuitnokken aan begin en eind van de schaal vliegt. Want al zijn die stuitnokjes verend uitgevoerd, toch bestaat een grote kans op verbuiging van de wijzer.

Tenslotte vinden we in fig. 67 nog de tekens die aangeven met welke metersoort we te doen hebben. Fig. 67a staat op draaispoelmeters; het teken van een gelijkrichtcel staat er bij wanneer wisselspanning of -stroom door middel van cuprox- of seleniumcellen vooral gelijkgericht worden, terwijl c het symbool voor een weekijzerinstrument voorstelt ¹⁾.

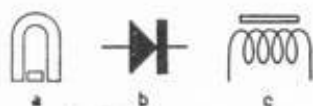


fig. 67

EEN EENVOUDIGE MEETZENDER

waarvan we toch véél plezier kunnen beleven zien we in nevenstaand schema. Met één buis verkrijgen we zowel een hoogfrequente trilling als de laagfrequente modulatie. Het hoogfrequent genereren speelt zich af tussen stuurrooster en schermrooster; het laagfrequent genereren tussen vang- of remrooster en anode (fig. 68).

Als generatorspoel kan een gewone spoel voor b.v. de middengolf dienen, mits een terugkoppelwinding aanwezig is; is bovendien een lange-golfwinding aanwezig, dan kunnen we met een omschakelaar m.g. of l.g. kiezen. Door de condensator C van 500 pF bij te schakelen kunnen we het middengolfgebied „uitrekken” tot circa 400 kHz (750 meter), waardoor ook de middelfrequenties van omstreeks 450 kHz bestreken kunnen worden.

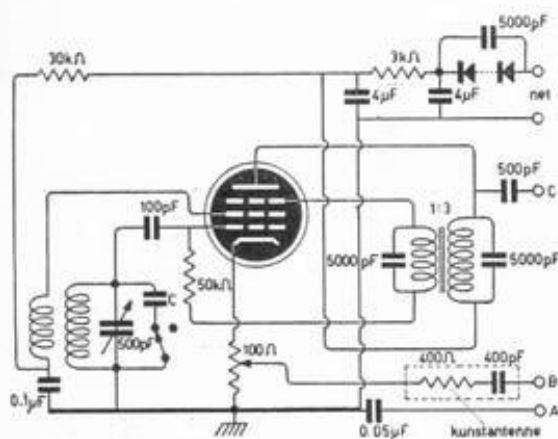


fig. 68

¹⁾ In RB kwamen meermaals aardige schakelingen van zelf te bouwen meetapparaten voor; de meters zelf zijn in diverse soorten in de dumpzakken verkrijgbaar. Slechts de schakeling met meettransformator voor wisselspanningsmetingen wordt om onbekende reden niet toegepast. Deze schakeling bevat echter zeer veel voordelen o.a. een lineaire schaal en wordt o.a. in de bekende AVO-meters toegepast; verder brengt de AMROH een transformator voor stroommetingen in de handel.

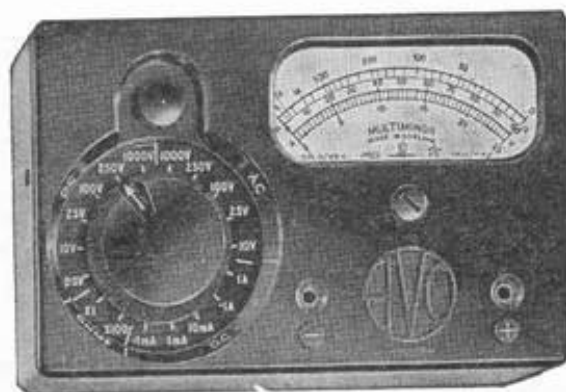
De a.f. transformator is een „ouderwetse” transformator van 1:2 of 1:3; de buis kan een EF5, EF6, EF22, EF41 of EF80 zijn, evenals de overeenkomstige U-buizen. We kunnen uit de aard der zaak een volledige voeding voor dit handige apparaatje bouwen en dat is in het algemeen gesproken het verstandigst; we kunnen echter ook de gloeistroom uit onze ontvanger halen en de anodespanning rechtstreeks uit het net. We dienen dan ons meetzendertje in een goed geïsoleerd kastje onder te brengen om elke gevarenkans uit te sluiten (zie U-ontvangers). In sommige gevallen kunnen we die 6 mA ook uit onze ontvanger halen en dan is er natuurlijk geen vuiltje aan de lucht.

De toonhoogte laat zich met de condensatoren over de primaire of secundaire wikkeling van de a.f. transformator instellen op omstreeks 500 Hz; op punt C kunnen we die audio-frequente spanning afnemen om b.v. een grammofoonversterker te beproeven. Uit de aard der zaak verdient het aanbeveling het gehele apparaatje in een goed gesloten busje te bouwen, waarbij het chassis e.d. geheel geïsoleerd van het metalen busje is opgesteld. Ook aanzetboutjes in knoppen isoleren, door de gaatjes met was vol te stoppen. Bij een bevriende relatie die een meetzender bezit moeten we de schaal te laten iken in kilohertz.

De r.f. verbinding met de af te stemmen ontvanger brengen we het best met een niet te lang eindje afgeschermd 70 Ω kabel tot stand; de kunst-antenne is reeds in het trimzendertje ingebouwd.



Avometer met ingebouwde trafo voor het meten van wisselspanningen en -stromen



AVO-multiminor in eenvoudiger uitvoering; accuraat en buitengewoon geschikt voor de serieuze amateur

VRAGEN BIJ DE TWAALFDE LES

1. Waarom gebruiken we voor FM-uitzendingen de z.g. metergolven? Reiken die ver?
2. Verklaar het moduleren in frequentie van een r.f. wisselspanning. Maak een voorbeeld met andere getallen dan in de les staan.
3. Vertel hoe, waarom en op welke plaats we het FM-signaal zuiveren van eventuele amplitude-modulatie.
4. Vertel hoe we in de m.f. versterker van een TV-ontvanger een brede doorlaatkromme verkrijgen kunnen (twee manieren).
5. Door welke kunstgreep aan de zender-zijde hebben we de door een TV-zender in beslag genomen aether-ruimte beperkt.
6. Vertel wat pre-emphasis en de-emphasis betekent. Hoe drukt men de grootte hiervan uit?
7. Kunnen we een dipool-antenne zonder meer aan een afgeschermd antennekabel van 70Ω verbinden? Waarom wel (of niet)?
8. Doet het er nog iets toe of we onze dipool verticaal of horizontaal opstellen of moeten we dan ook nog iets van de zend-antenne weten?
9. Welke voordelen bezit een twin-lead van 300Ω t.o.v. een van 70Ω ? En welke nadelen?
10. Doet de lengte van een dergelijke antennekabel nog iets af aan de aanpassingsweerstand?
11. Wanneer we met een televisie-systeem te maken krijgen dat 20 beeldjes per seconde uitzendt en waarbij 400 lijnen per beeldje worden toegepast, welke is dan de lijnfrequentie?
12. Welke signalen worden er bij een televisie-uitzending nu eigenlijk uitgezonden?
13. Wat doet precies de discriminator? Geef een schema van een eenvoudig systeem en verklaar dit.
14. Gegeven: een draaispoelmeter met een inw. weerstand van 2000Ω en een stroomsterkte bij volle uitslag van $0,5 \text{ mA}$ en: een meter met een inwendige weerstand van 25Ω en een stroomsterkte van 4 mA bij volle uitslag. Dus 2 meters met verschillende eigenschappen. Welke meter kiezen we om stroom te kunnen meten en welke lijkt U beter voor spanningsmeting geschikt? Bereken de waarden, die de shunt resp. de voorschakelweerstand moeten hebben wanneer we met de éne meter een stroom van max. 10 ampère en met de andere een spanning van max. 500 volt willen meten.

