

HOOFDSTUK VII.

Het zendprincipe.

Een vergelijking met de telefoon.

Alvorens de zendtechniek in principe te behandelen, willen we in het kort de werking van de telefoon nagaan, daar dit het begri-
pen van de zendtechniek ten zeerste zal vergemakkelijken. We zullen
de zendtechniek slechts in zoverre verklaren, als dit voor een goed
begrijpen van de ontvangstechniek nodig is.

In fig. 1 ziet U de telefoon schematisch afgebeeld. Een ge-
lijkstroomkring, waarin een kool-microfoon A en een telefoon B zijn
opgenomen.

Als er niet voor de microfoon gesproken wordt, dan gaat er
een gelijkstroom door de keten, zoals fig. 2 er ons een grafisch voor-
stelt.

Zodra men echter voor de microfoon spreekt, komt de lucht
ervoor in trilling. Deze luchttrilling deelt zich mede aan het tril-
lingsplaatje a van de microfoon, dat dus op overeenkomstige wijze als
de lucht trilt. Deze trilling voorgesteld in fig. 3.

In de microfoon bevindt zich een membraan van kool en een
hoeveelheid koolgruis of koolpoeder, waardoor de gelijkstroom passe-
ren moet. Door het trillende plaatje wordt dit koolpoeder beurtelings
meer en minder samengeperst (hun contact-vlakken worden groter en
kleiner) en daardoor verandert de weerstand die ze aan de gelijkstroom
bieden. De gelijkstroom zal dus in gelijke mate gaan veranderen in
sterkte, overeenkomstig de trillingen van het plaatje (of de lucht-
trillingen, zie fig. 4). We zien hier, dat de gelijkstroom varieert.

Deze variërende gelijkstroom gaat door het spoeltje van de
telefoon. Het weekijzeren staafje in de spoel zal hierdoor magnetisch
worden. Daar echter de gelijkstroom in sterkte varieert, zal de sterk-
te van de magneet ook variëren, en hierdoor zal het metalen telefoon-
plaatje meer of minder sterk worden aangetrokken. Het telefoonplaatje
trilt dus op precies dezelfde wijze als het microfoonplaatje. De tril-
lingen van het telefoonplaatje delen zich mede aan de zich ervoor be-
vindende lucht. De lucht voor de telefoon trilt dus precies hetzelfde
als de lucht voor de microfoon, m.a.w. we horen precies hetzelfde ge-
luid. Als iemand dus voor de microfoon spraakgeluiden voortbrengt, zul-
len uit de telefoon dezelfde klanken komen.

De modulatie door de zender.

Het zenden vertoont veel overeenkomst met het hierboven om-
schrevene. Inplaats echter, dat men een gelijk-stroom van sterkte
doet veranderen, verandert men bij het zenden een wisselstroom van
sterkte. Hoe dit in zijn werk gaat toont ons fig. 5.

Met behulp van een machine (machine-zender) of van zendbui-
zen (buis-zender) wekt men een hoogfrequente wisselstroom op (zie
fig. 6), welke men in de antenne stuurt. Deze elektrische trilling in
de antenne wekt in de haar omringende aether electro-magnetische gol-
ven op, welke geheel aan de trilling beantwoorden en welke men dus
ook door fig. 6 zou kunnen voorstellen.

In de antennekring neemt men nu echter een microfoon op. De
luchttrillingen voor de microfoon doen de weerstand van die micro
veranderen. De luchttrillingen zijn voorgesteld in fig. 7.

Door deze veranderlijke weerstand van de micro wordt de h.f.
wisselstroom gevarieerd, of met een vreemd woord "gemoduleerd" (modu-
leren wil zeggen: de slingerwijdte veranderen).

Dus wordt de microfoonweerstand groter, dan wordt de wisselstroom kleiner (wet van Ohm), met andere woorden de slingerwijdte wordt kleiner. En omgekeerd. Dit proces noemt men modulatie. De in de antenne optredende wisselstroom komt er grafisch uit te zien als fig. 8 aantoont. (Vergelijk dit met fig. 4.) De door deze gemoduleerde h.f. wisselstroom opgewekte aethertrillingen, die zich in de luchtruimte voortplanten, zou men dus ook kunnen voorstellen door fig. 8.

Deze aethertrillingen wekken in de antenne van het ontvangtoestel weer een wisselstroom op, zoals fig. 8 hem ons toont. Deze komt nauwkeurig overeen met de wisselstroom in de zend-antenne, maar door de grote afstand is hij duizenden malen zwakker.

De z.g. draaggolf.

Maar, zult U zeggen, waarom zenden we niet direkt de l.f. trillingen uit? Dat gaat niet, want de reikwijdte daarvan is veel te klein. H.f. trillingen daarentegen gaan om de gehele aardbol. Dus we moeten wel h.f. trillingen uitzenden, waarop we dan de l.f. muziektrilling aanbrenge.

Omdat nu de h.f. wisselstroom als het ware "drager" is van de muziek- of spraakmodulatie, noemt men deze h.f. wisselstroom de "draaggolf". Deze golf nu heeft men op het oog, als men spreekt over de "golflengte". Onder golflengte verstaat men de lengte van één golfberg plus één golfdal van de h.f. draaggolf, de afstand AC dus in fig. 9.

Als U dus leest, Hilversum 301 m. (of 415 m.) dan wil dat zeggen, dat de golflengte van de draaggolf 301 (of 415 m.) bedraagt.

Doordat nu alle zenders een verschillende draaggolf, of anders gezegd, een draaggolf van verschillende frequentie gebruiken, wordt het mogelijk, het ontvangtoestel op een bepaalde zender af te stemmen. Dit afstemmen zal, als behorende tot de ontvangtechniek, in een der volgende lessen behandeld worden.

Er bestaat een vast verband tussen golflengte, frequentie en de snelheid waarmee de radiogolven zich voortplanten. (Die snelheid bedraagt, evenals die van het licht, 300 000 km per seconde. (Dat is nogal wat: in één seconde $7\frac{1}{2}$ maal rond de aardbol !..))

Het verband wordt uitgedrukt door de formule:

$$\text{golflengte} = \frac{300.000.000}{\text{frequentie}}$$

(de golflengte in m, de snelheid in m per sec., de frequentie in hertz).

We weten dus, dat door de zendantenne wordt uitgezonden en door de ontvangantenne wordt opgevangen, een elektrische trilling zoals fig. 8 ze voorstelt, waarin de curve de h.f. draaggolf voorstelt en de "omhullende" de l.f. amplitude-verandering, dus de muziek- of spraaktrilling voor de microfoon voortgebracht.

V R A G E N.

1. Als het ons toch te doen is om de l.f. muziek- of spraaktrilling, waarom zenden we die dan niet uit?
2. Teken de grafische voorstelling van een door de zender uitgezonden golf.
Geef daarbij met pijltjes aan, welke de h.f. trilling is (dus de draaggolf) en welke de l.f. trilling (dus de muziek- of spraakmodulatie).
3. Verklaar hoe men bij een zender de h.f. draaggolf moduleert.
4. Wat verstaat men onder golflengte?
Welke golf bedoelt men dan?

PRAKTIJK. (Reparatie.)

De volt- ampère- en ohmmeter.

Algemeen.

Voor het meten van verschillende elektrische grootheden, zoals spanning, stroomsterkte, weerstand, enz, gebruikt men instrumenten, waarvan de werking op de magnetische werking van de elektrische stroom berust.

Bouw en werking van het weekijzerinstrument.

De te meten stroom door een spoel gestuurd. Zie fig. 10. In de spoel wordt een beweeglijk stukje ijzer aangebracht, dat door een veer op zijn plaats wordt gehouden. Het stukje weekijzer is uit zichzelf niet magnetisch. Zodra door de spoel een elektrische stroom gaat vloeien, wordt het een electromagneet.

Veronderstel, de electromagneet heeft bij een zekere richting van de stroom door de spoel, de noordpool beneden en de zuidpool boven. Onder invloed van de zuidpool (omdat deze het dichtst bij het weekijzer ligt) worden de moleculair-magneetjes in het weekijzer gericht, en wel zodanig, dat deze met hun noordpooitjes naar beneden wijzen. De zuidpool van de electro-magneet trekt de noordpooitjes aan van de moleculair-magneetjes. Daardoor krijgt het weekijzer een noordpool op die plaats waar de electro-magneet een zuidpool heeft. Men zegt: Het weekijzer is door electro-magnetische inductie magnetisch geworden. (Evenzo kan een permanente magneet, door hem in de nabijheid van weekijzer te brengen, dit magnetisch maken; men spreekt van magnetische inductie.)

Nu oefenen de electro-magneet en de weekijzer-magneet krachten op elkaar uit, en wel zodanig, dat het weekijzer in de spoel getrokken wordt. (Want de zuidpool van de electro-magneet en de noordpool van de weekijzer-magneet trekken elkaar aan.) De weekijzer-magneet beweegt dus. De beweging van de magneet wordt nu op de een of andere manier overgebracht op een wijzer.

Onderbreken we nu de stroom, dan houdt de electro-magneet op te bestaan, en de moleculair-magneetjes in het weekijzer gaan weer ongeordend liggen, met andere woorden het weekijzer wordt weer onmagnetisch. Het veertje trekt het weekijzer weer in zijn oorspronkelijke stand terug. De wijzer komt daardoor weer in de nulstand te staan.

Keert men de stroomrichting om, dan ontstaat weer een electro-magneet, maar nu met de noordpool boven en de zuidpool onder. Het weekijzer wordt dus ook in tegengestelde zin gemagnetiseerd en wordt dus wederom in de spoel getrokken.

De wijzer slaat dus in dezelfde richting uit, ongeacht de richting van de stroom. Dit nu maakt het instrument geschikt, om er ook wisselstroom mee te meten!

Maar, zult U zeggen, bij wisselstroom zal dan toch de wijzer telkens even in de nulstand terug keren, als de stroom omkeert. Dit is echter niet het geval. Het ontmagnetiseren en magnetiseren gaat zó snel in zijn werk, dat het weekijzer door zijn traagheid van beweging, van de verandering zelf, geen invloed ondervindt. De wijzer blijft ook bij wisselstroom stilstaan.

We onthouden dus:

Het weekijzerinstrument is zowel voor gelijk- als voor wisselstroom te gebruiken.

De schaalverdeling voor gelijk- en wisselstroom.

Toch maakt het verschil, of we gelijk- dan wel wisselstroom meten, doordat een wisselstroom van b.v. 100 volt niet constant 100 volt is. Als we dus een wisselspanning van 100 volt op de spoel aansluiten, zal de stroom in de spoel niet zo sterk zijn, als wanneer we een gelijkstroom van 100 volt aansluiten. Maar dan zal ook de wijzer bij wisselstroom niet zo ver uitslaan.

Dit laatste nu maakt het gebruik van een dubbele schaal noodzakelijk, zoals fig. 11 ons toont.

Op de bovenste schaal leest men gelijkspanningen en op de onderste wisselspanningen af.

Wil men in een schema aangeven, dat een bepaald instrument een weekijzerinstrument is, dan wordt er het teken van fig. 12 bijgeplaatst.

Andere vormen van weekijzer-instrumenten.

Van weekijzer-instrumenten zijn talloze andere vormen in omloop, welke echter alle op hetzelfde principe berusten.

In de spoel van fig. 11 bevinden zich twee weekijzeren staafjes: Eén vast en één draaibaar, waaraan de wijzer gemonteerd is.

Gaat er stroom door de spoel, dan worden ze beiden gemagnetiseerd en krijgen natuurlijk boven en onder gelijke polen. We leerden de wet die zegt, dat gelijke polen elkaar afstoten. Tengevolge daarvan zal het beweegbare staafje van het vaste wegdraaien en zo de wijzer in beweging brengen. Een veertje brengt de wijzer weer in zijn nulstand.

Bij het instrument van fig. 2' wordt onder invloed van de stroom, het ijzeren plaatje magnetisch, en draait in de spoel. De wijzer keert hier door zijn zwaarte in de nulstand terug.

Het spreekt vanzelf, dat dit laatste instrument bij zijn gebruik zuiver rechtop moet staan, wat praktisch een nadeel is.

Beide vormen - die van fig. 1' en van fig. 2' - zijn zowel voor gelijk- als voor wisselstroom te gebruiken.

Eigenschappen van het weekijzerinstrument.

1. Zowel voor gelijk- als wisselstroom bruikbaar.
2. Het gaat niet spoedig stuk door overbelasting, dat wil zeggen, het kan aanzienlijk meer stroom verdragen, dan waarvoor het gebouwd is, want men kan de spoel nogal solide bouwen, zodat ze niet gemakkelijk doorbrandt.
3. Vanwege de eenvoudige uitvoering vrij goedkoop.
4. De gevoeligheid is niet groot.

Het weekijzerinstrument in de radioservice.

Het weekijzer-instrument is geschikt voor het meten van spanningen aan batterijen en accumulators, voedingstransformatoren en dergelijke.

Om de vele andere metingen te doen aan radiotoestellen is het volstrekt ongeschikt. Doordat het instrument een zeer hoog eigen stroomverbruik heeft, zijn de gedane metingen aan stroomkringen, waarin hoge weerstanden optreden, zéér onnauwkeurig. In de radiotechniek maakt men dan ook meestal gebruik van de zogenaamde draaispoelmeters.

Tenslotte geeft fig. 3' een afbeelding van een weekijzer-instrument.

Het draaispoelinstrument.

Bouw en werking.

Het draaispoelinstrument bezit een sterke permanente magneet (van staal dus), waarvan de polen cilindervormig zijn uitgedraaid. Zie fig. 4'. Tussen de polen in, is een spoeltje draaibaar opgesteld, het zogenaamde draaispoeltje. Hoe zo'n spoeltje er kan uitzien, toont ons fig. 5'.

De te meten stroom wordt door het spoeltje via een tweetal spiraalveertjes respectievelijk aan- en afgevoerd. De stroom wordt nu zodanig ingevoerd, dat aan de ene zijde van het spoeltje een noordpool ontstaat, en aan de andere zijde een zuidpool. De noordpool van de permanente magneet stoot de noordpool van het spoeltje af en trekt de zuidpool van het spoeltje aan. Tengevolge daarvan zal het spoeltje draaien.

Keert de stroomrichting in het spoeltje om, dan wisselen ook de polen van het spoeltje, en dus draait het spoeltje de andere kant uit. (Vergelijk wat we zagen, als de stroomrichting in een weerkijzerinstrument omkeerde.) Hieruit volgt, dat het draaispoelinstrument zo zonder meer niet geschikt is voor het meten van wisselstroom.

Uitvoeringen der schaalverdeling.

Fig. 6' en 7' tonen ons aan, hoe de schaalverdeling kan zijn uitgevoerd. Daar namelijk het instrument bij omkering van de stroomrichting naar de andere kant uitslaat, kan het op twee manieren geconstrueerd zijn n.l. met het nulpunt in het midden of aan het begin van de schaal. De tweede constructie heeft het nadeel, dat als men de stroom verkeerd aansluit, de wijzer tegen het stuitnokje kan stukslaan. Daarom moet deze meter aan de aansluitklemmen duidelijk van een plus- en minteken zijn voorzien. Toch is de laatst genoemde de meest algemene.

Het draaispoel-instrument voor wisselstroom-gebruik.

Intussen kan men ook het draaispoel-instrument voor wisselstroom geschikt maken. Men maakt dan gebruik van een z.g. gelijkrichteel (ook wel meetcel genoemd). Dit is een instrument dat de wisselstroom slechts in één richting doorlaat. Men krijgt dus een gelijkstroom die telkens onderbroken wordt. Deze onderbrekingen echter zijn zo kort en volgen elkaar zo snel, dat de wijzer van het instrument ze niet kan volgen en dus steeds dezelfde stroomwaarde aanwijst.

We onthouden dus:

Het draaispoel-instrument is zonder meer alleen geschikt voor gelijkstroommetingen. Wil men er tevens wisselstroom mee meten, dan moet men een gelijkrichteel inbouwen.

Eigenschappen van het draaispoel-instrument.

1. Het is alléén voor gelijkstroom bruikbaar. Als men er wisselstroom mee wil meten, dan moet men een gelijkrichteel inbouwen.
2. Het instrument mag vrijwel niet overbelast worden, daar bij een te grote stroom het spoeltje spoedig doorbrandt.
3. Het is vanwege zijn fijne nauwkeurige constructie vrij duur.
4. De gevoeligheid is zeer groot. Het is een der nauwkeurigste instrumenten en moet met enigszins zorg behandeld worden.

Het draaispoel-instrument in de radioservice.

Voor de radioservice is het draaispoel-instrument van grote betekenis. Het eigen stroomverbruik van het instrument is praktisch te verwaarlozen en daarom is het uitermate als radio-instrument geschikt. De meeste fouten die in een toestel voorkomen, kunnen met behulp van het draaispoel-instrument gemakkelijk worden opgespoord. Daar het in de praktijk zo voornaam is, zullen wij het gebruik van een bepaald type draaispoel-instrument verderop aan de hand van duidelijke tekeningen bespreken, zodat U met de bediening ervan niet veel moeite meer zult hebben. (Ook andere typen echter kunt U dan even gemakkelijk bedienen, daar het gebruik ervan precies op hetzelfde neerkomt.)

Wil men in een schema aangeven, dat een zeker instrument een draaispoel-instrument is, dan geeft men dit aan door het teken van fig. 8'.

Het thermo-element.

Het thermo-draaispoel-instrument is eigenlijk niets anders, dan een gewoon draaispoel-instrument, gecombineerd met een thermo-element.

Een thermo-element bestaat uit twee draadjes van verschillend metaal, meestal bismuth en antimoon, welke met één van hun uiteinden (punt p in fig. 9') aan elkaar zijn gelast.

Verhit men de lasplaats p, dan ontstaat tussen de uiteinden A en B der metalen een door de warmte opgewekte spanning, welke thermo-spanning genoemd wordt. (Het Griekse woord "thermos" betekent "warmte").

De grootte van deze thermo-spanning hangt af van het temperatuurverschil dat optreedt tussen de soldeerplaats p en de z.g. "koude uiteinden" A en B. Ze bedraagt ongeveer 100 μ V. per graad Celsius (= 0,1 mV = 0,000 1 volt).

Het thermo-draaispoel-instrument.

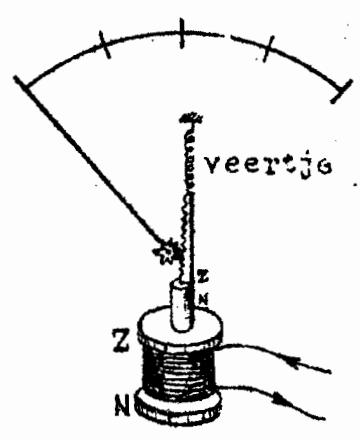
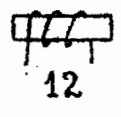
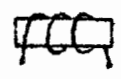
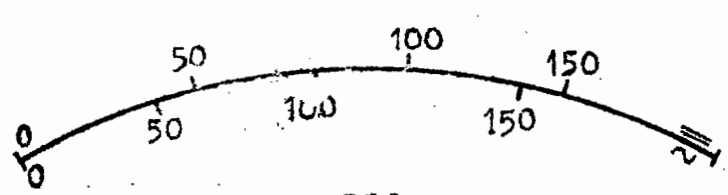
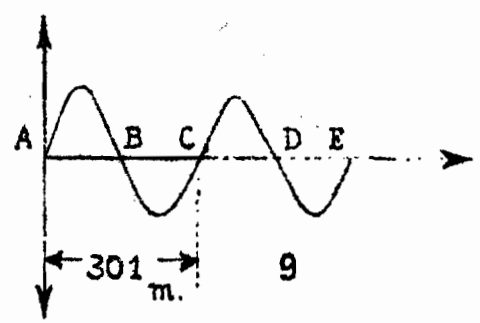
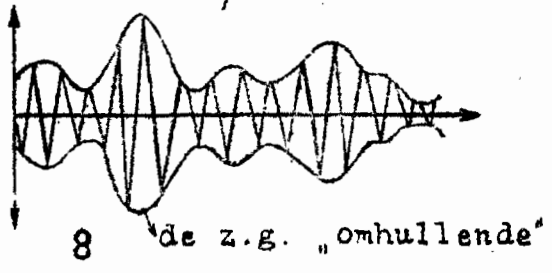
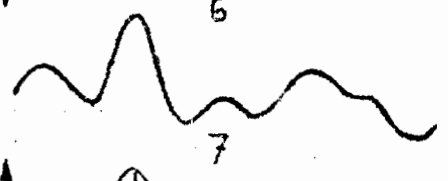
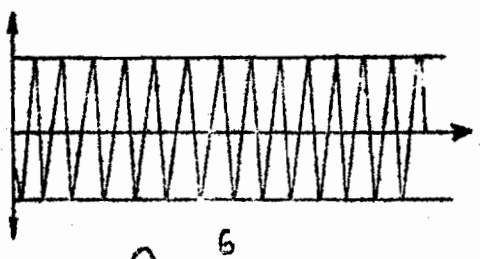
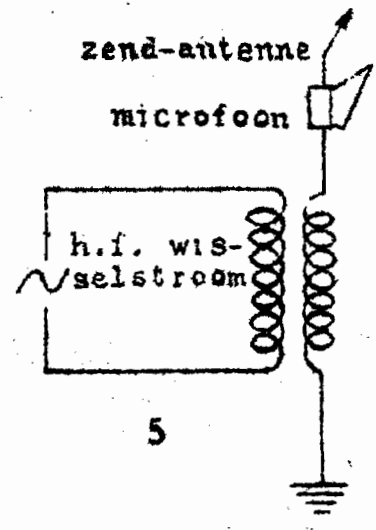
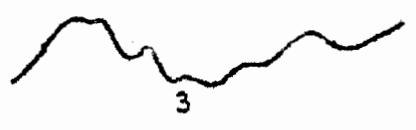
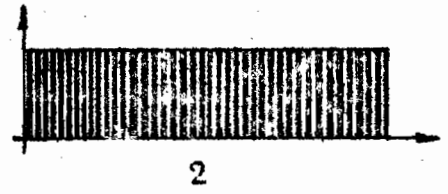
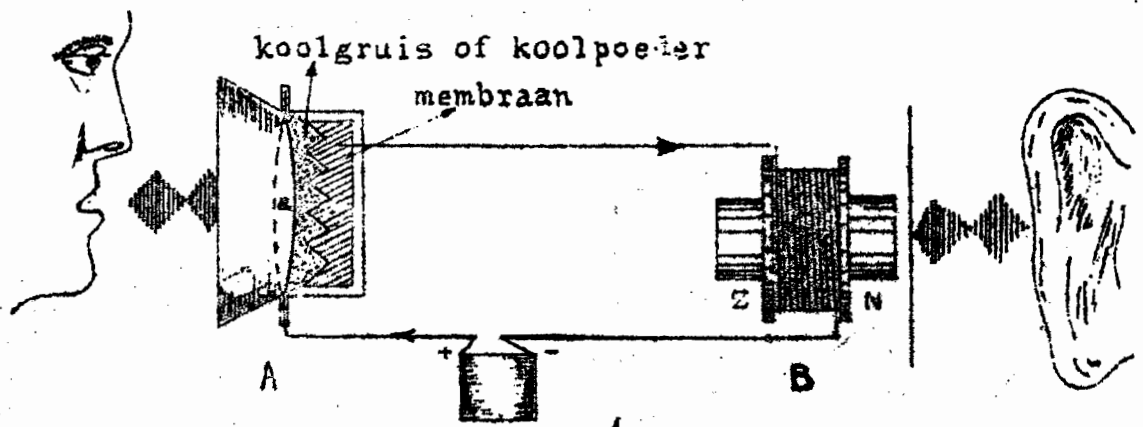
Sluit men zo'n thermo-element aan op het spoeltje van een draaispoel-instrument, dan is de opgewekte spanning echter groot genoeg, om een beweging van het spoeltje te veroorzaken. De verwarming van de lasplaats p wordt verkregen, doordat men de te meten stroom de lasplaats laat doorvloeien. Zie fig. 10'. (Denk aan de warmte-ontwikkelende werking van een stroom in een gloeilamp of een straalkachel.) Fig. 10' laat de inrichting en wijze van meting van een stroom duidelijk zien.

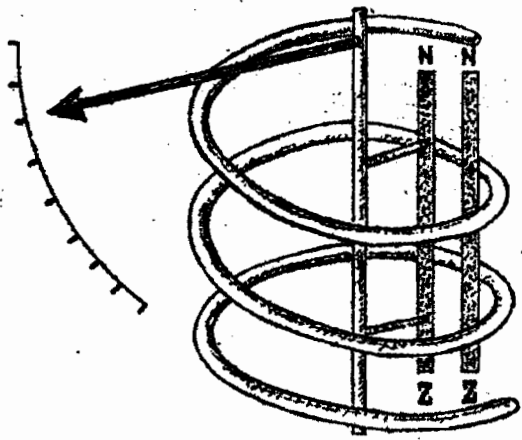
Hoe sterker de stroom in de draad, hoe warmer punt p wordt, hoe groter spanning tussen A en B dus, des te groter uitslag van de meter. De te meten stroom zelf gaat niet door het spoeltje. We weten immers, dat de stroom altijd gaat van een punt van hogere spanning. En hier zou de stroom moeten gaan vanuit p door de meter weer terug naar p, naar een punt dus met gelijke spanning. Dat kan niet. Door het spoeltje vloeit dus steeds enkel de stroom die een gevolg is van de thermo-spanning tussen A en B. Hieruit volgt, dat de meter niet gemakkelijk door overbelasting beschadigd wordt.

De richting van de stroom door de dikke draad, doet niets af aan de spanning tussen A en B. Het bismuth-einde wordt steeds positief, het antimoon-einde steeds negatief. Door het spoeltje gaat dus steeds een gelijkstroom. Hieruit volgt, dat het instrument zonder meer geschikt is voor het meten van wisselstroom.

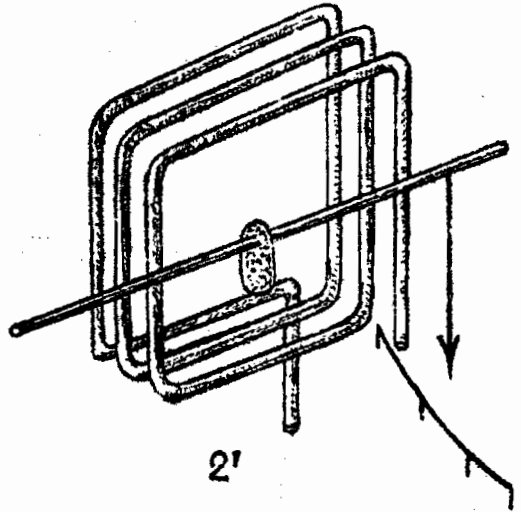
Doordat de rechte draad, waar de te meten stroom doorheen vloeit geen zelfinductie bezit (de spoelen van het weekijzer- en draaispoel-instrument bezitten die wel), is het instrument bijzonder geschikt voor het meten van hoogfrequente wisselstromen. Wisselstroom van hoge frequentie ondervindt in de reeds eerder genoemde instrumenten een inductieve weerstand, zodat de aanwijzing onnauwkeurig wordt.

Dit instrument vindt vooral toepassing bij radiozenders.

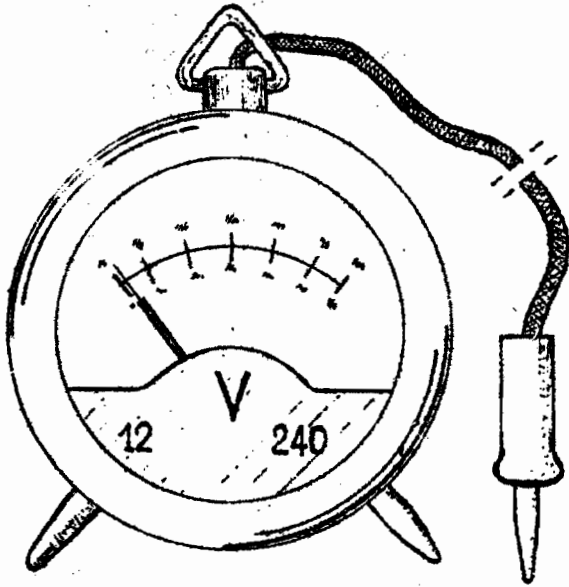




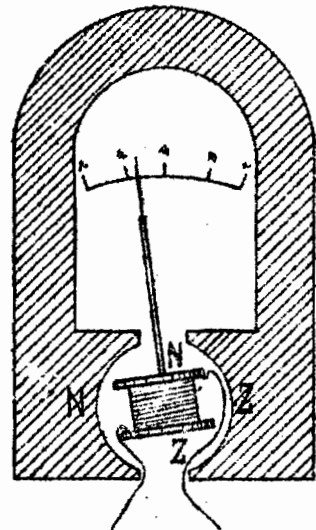
1'



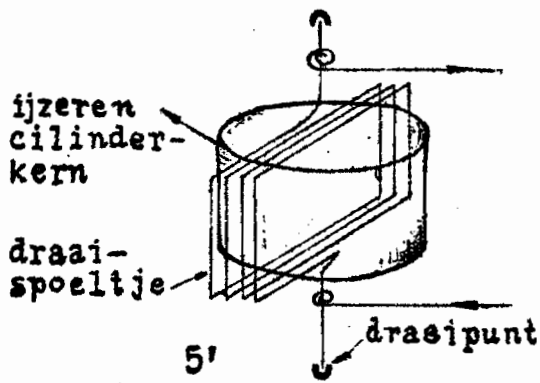
2'



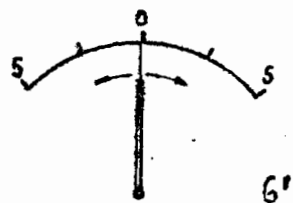
3' zak-voltmeter



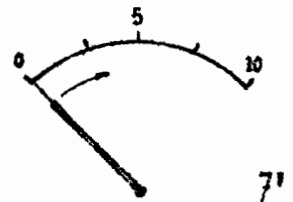
4' principe draaispoel-instrument



5'



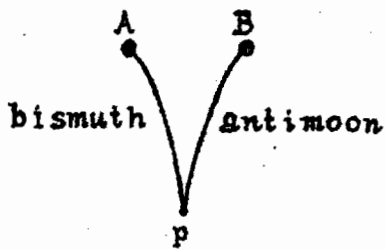
6'



7'



8'



9' thermo-element

draai-
spoel-
instrument



stroom-voerende
draad, thermo-
draai-
instrument

thermo-element

10'