

15 OKTOBER 1958

# VEERKRACHT METERS

door Ir. J. E. J. VAN HOORN

## 1. Algemene inleiding:

Voor het feilloos werken van de apparatuur in telefooncentrales zijn controlemetingen op de instellingen noodzakelijk. Deze metingen moeten in korte tijd met niet al te duur gereedschap gedaan worden. Zo is het o.a. van veel belang over betrouwbare, eenvoudig te bedienen veerkrachtmeters te kunnen beschikken.

Bij de fabricage van de telefoonapparatuur worden uiteraard de factoren kostprijs en betrouwbare werking bij gering onderhoud tegen elkaar afgewogen. Dit leidt er toe de apparaten in serie te fabriceren uit onderdelen die grotendeels als massa-produkten worden vervaardigd. Voorts worden betrekkelijk robuuste constructies toegepast, die niet zo spoedig tot overbelasting van het materiaal aanleiding geven. Dit laatste wil dus zeggen, dat er vrij ruime toleranties op spelingen, veerkrachten en andere mechanische instellingen toegelaten kunnen worden. Het streven naar ruime toleranties in de fabricage leidt tot lagere prijzen, aangezien de montage- en inspectiekosten lager worden.

Het zal echter niet altijd mogelijk zijn robuuste constructies te maken. Voor snel bewegende onderdelen moet men de massa klein houden, opdat bij snelheidsveranderingen de rem- en versnellingskrachten niet te groot worden.

Bestudeert men de door de fabrikanten gegeven instelvoorschriften, dan ziet men daaruit dat voor apparaten als: draaikiezers, hefdraaikiezers en motorkiezers de toleranties op de veerkrachtinstellingen zeer ruim zijn, veelal 10 gram of meer. Zo is bijv. voor de contactarmkracht van de S & H hefdraaikiezer de tolerantie 40-60 gram, voor de terugslagveer 80-100 gram. Voor relais zijn de toleranties kleiner, veelal niet meer dan enkele grammen, bijv. 16-24 of 5-7 gram. In de laatste tijd kwamen snelle testrelais tot ontwikkeling. Bij het instellen van deze relais moet men over een veerkrachtmeter beschikken, welke instelling met een nauwkeurigheid kleiner dan 1 gram mogelijk maakt.

Afgezien van de snelle testrelais vereisen de veren in automaatapparatuur geen grotere instelnauwkeurigheid dan ca. 1 gram, in vele gevallen kan zelfs een ruimere nauwkeurigheidsmarge geaccepteerd worden. Deze omstandigheid maakt het mogelijk met de hand bediende veerbalansen als controle- en instelgereedschap te gebruiken.

## Principe van het meten

Men wenst in de meeste gevallen de kracht te meten, welke twee onderdelen van de apparatuur op elkaar uitoefenen, b.v. een relaisveer op zijn steunpunt; een pal op zijn steunplaat. Helaas is het tot heden niet gelukt een dun meetvoorwerpje tussen de beide op elkaar drukkende vlakken aan

te brengen voor het bepalen van deze drukkracht. Misschien gelukt het in de toekomst een stof te vinden, welke omkeerbaar fysisch verandert, indien men hiervan een plaatje tussen twee vlakken onder druk brengt. Deze fysische verandering moet met eenvoudige middelen te meten zijn, terwijl het meetplaatje, in dunne uitvoering, toch voldoende stevig is voor praktisch gebruik.

Zolang men nog niet over iets dergelijks beschikt gaat men als volgt te werk. Door het met de hand aanleggen van een tegenkracht, liefst zo dicht mogelijk bij het te meten oplegpunt en anders op een zuiver gedefinieerde plaats bijv. bij relaisveren tussen de beide contactpuntjes aan de tong van de veer, licht men de veer zo weinig mogelijk van dit steunpunt af. Is de genoemde tegenkracht groter dan de oplegkracht, dan ontstaat een opening tussen de aanrakingsvlakken. Het is dan zeker, dat de aangelegde kracht groter is dan de oplegkracht. Bij het groter worden van de opening neemt de kracht toe. Het is dus voor nauwkeurige meting van belang, dat de opening reeds waargenomen wordt wanneer deze nog zeer klein is. Voor een nauwkeurige waarneming moet aan de volgende eisen voldaan worden:

- a. het oog moet langs het scheidingsvlak kunnen kijken;
- b. de verlichting moet zodanig zijn, dat het opengaan door contrastwerking goed zichtbaar is.

Vaak is het mogelijk achter de spleet een wit vlakje of een lichtbron aan te brengen. Op deze wijze zijn zelfs zeer kleine spleetjes goed zichtbaar te maken. In de meeste gevallen zal een handlamp of een andere speciale lichtbron bij het meten gebruikt moeten worden.

## 2. Gebruikte veerkrachtmeters

Tot dusverre zijn de volgende typen veerkrachtmeters in gebruik genomen. (Deze opsomming zal ongetwijfeld onvolledig zijn; schrijver houdt zich voor aanvullingen gaarne aanbevolen).

- a. *Meters, waarbij een meettong met een instelbare kracht op een steunpunt ligt.*

Is het koppel, door een kracht aan de punt van de metertong uitgeoefend, groter dan het tegenwerkende koppel door de veerspanning, dan verlaat de tong zijn steunpunt; is het kleiner, dan blijft de tong in rust.

Tot dit type veerkrachtmeters behoren de fabrikaten: S & H, PTI, NSEM en GEC of England (toegepast in ATE-centrales).

- b. *Meters, waarbij de meettong gekoppeld is aan een veer; de uitwijking van deze veer uit de ruststand is een maat voor de aan de tongpunt aangelegde kracht.*

Deze uitwijking wordt, soms door een tandwieloverbrenging vergroot, aangegeven op een schaal, welke direct in grammen geijkt is. Bekend zijn de NSEM- en de PTI bladveermeter en de Correxmeter.

## Beknopte beschrijving van enige bekende veerkrachtmeters

### Siemens-veerkrachtmeter

(zie fig. 1).

De instelling van deze weger geschiedt met schroef (8). Bij indraaien van deze schroef draait het deel met de wijzer om as (1) rechtsonder. De bladveer (2) drukt arm (3) tegen het steunpunt (5). De wijzer (6) geeft op schaal (7) aan welke druk aan tong (4) aangelegd moet worden om arm (3) van rustpunt (5) af te lichten. De stuitpen (9) begrenst de slag van arm (3). De slag bedraagt aan de tong ca. 2 mm. Bij verlaten van het rustpunt neemt de veerkracht toe, dus ook druk  $P$ . De druktoename van  $P$  bedraagt voor het type 5 tot 100 gram ca. 3 g/mm, dus voor 2 mm ca. 6 gram.

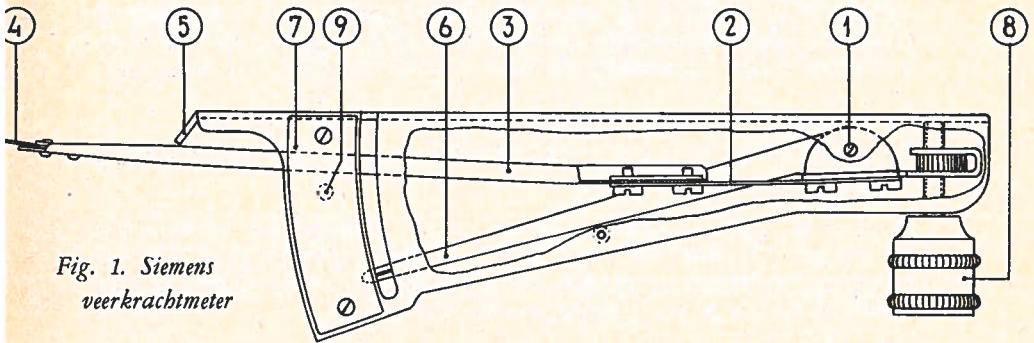


Fig. 1. Siemens  
veerkrachtmeter

- |             |                        |                  |
|-------------|------------------------|------------------|
| 1. As       | 4. Tong                | 7. Schaal        |
| 2. Veerblad | 5. Rustpunt van de arm | 8. Instelschroef |
| 3. Arm      | 6. Wijzer              | 9. Stuitpen      |

De druk waarmee de arm (3) op het rustpunt (5) ligt is iets groter dan de druk aan de tong (4) en wel ca. 20%. Bij het meten van kleine veerkrachten ligt de arm dus met een kleine kracht op het steunpunt.

De beweging van de arm mag maar klein zijn, daar anders de druk  $P$  te veel oploopt. Bij het terugkomen op het steunpunt zal dit bijna niet merkbaar zijn; toch blijken sommige personen hiervan bij het wegen gebruik te maken. Het waarnemen van het van zijn steunpunt gaan van de meterarm zal echter meestal met het oog moeten geschieden.

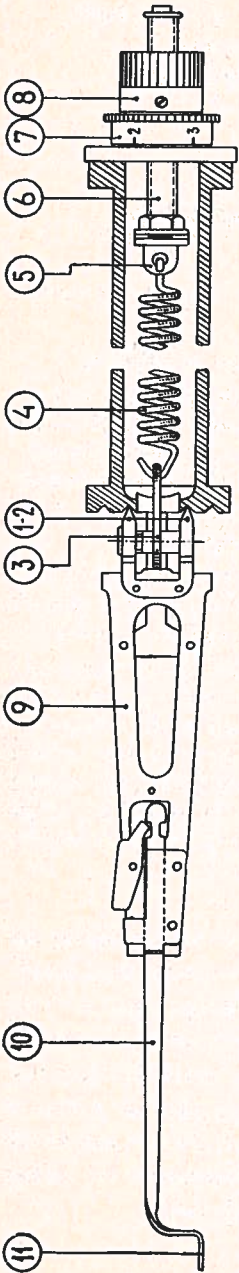
### GEC-veerkrachtmeter

(zie fig. 2)

In principe is deze veerkrachtmeter te vergelijken met een bascule. Evenals bij een bascule berust de werking van dit instrument op het evenwicht van twee koppels. De methode van wegen is echter aangepast aan die welke bij het wegen van oplegkrachten van relaisveren gebruikelijk is. Bij een bascule kijkt men of de naald in de ruststand komt, bij deze veerkrachtmeter constateert men het al of niet in beweging komen van de veerkrachmetong.

Fig. 2. GEC veerkrachtmeter

- 1 en 2. Oplegmessen van de balans
3. Aangrijpingspunt van de spiraalveer aan de balans
4. Spiraalveer
5. Bevestiging spiraalveer aan instelschroef
6. Instelschroef
7. Schaalverdeling in grammen (alleen bij het type 10 tot 80 gram). Deze ring kan voor ijking versteld worden.
8. Instelknop
9. Vast deel van de meterarm
10. Uitneembaar deel van de meterarm
11. Tong van de meterarm



Het koppel  $A$  (fig. 3) wordt gevormd door de kracht loodrecht op de veerkrachtmeter (11) en de arm (9) en (10) van de veerkrachtmeter; ( $A = P \times l$ ). Deze arm kan draaien om één der oplegpunten van de balans (1) of (2) afhankelijk van de richtingszin van de kracht  $P$  loodrecht op de tong.

Het koppel  $B$  wordt gevormd door de trekkracht van de spiraalveer (4) in het punt (3) van de brug, welke de beide oplegmessen (1) en (2) verbindt. Hier is de arm van het koppel het deel van deze brug tussen (3) en (1) c.q. (3) en (2);  $B = Q \times l'$ .

Zolang koppel  $A$  kleiner is dan koppel  $B$  blijft de brug op zijn beide steunpunten (1) en (2) liggen. Wordt koppel  $A$  groter dan koppel  $B$  dan verlaat één der messen zijn rustpunt en draait de brug om het rustpunt van het andere mes.

Tot zover lijkt deze weger dus veel op andere verenwegers. Het bijzondere is echter, dat bij het draaien om één der steunpunten het tegenwerkende koppel weinig verandert. Bij sommige instellingen neemt het enigszins toe, bij andere af met de uitwijkingshoek. Een verklaring hiervan wordt in de hiernavolgende theoretische beschouwing gegeven.

Een tweede bijzonderheid, die de aandacht verdient, zijn de grote krachten waarmee de brug op zijn steunpunten ligt. Om dit te zien beschouwen wij het geval, waarbij koppel  $A$  en koppel  $B$  in evenwicht zijn; dan geldt  $P \times l = Q \times l'$ . Bij het type 10 tot 80 gram is  $l$  ca. 100 mm en  $l'$  ca. 4 mm. Is  $P$  nu 20 gram dan vinden we dus  $20 \times 100 = Q \times 4$ , waaruit volgt  $Q = 500$  gram.

Bij deze instelling van de weger blijkt dus de trekkracht van de veer op het moment, dat de kracht aan de tong evenwicht maakt met deze tegenovergesteld kracht, 500 g te bedragen. Deze trekkracht is evenzeer aanwezig indien de kracht op de tong nul is. De veer drukt dan de brug op zijn beide steunpunten. De kracht van 500 gram wordt gelijkmatig over de beide steunpunten verdeeld, zodat ieder steunpunt 250 gram opneemt. Deze beide eigenschappen: gelijkblijvende kracht bij

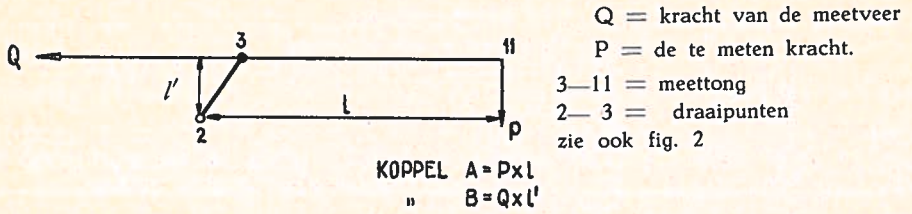


Fig. 3. Schematische voorstelling van de in een GEC-meter werkende koppels

bewegende tong en grote krachten op de rustpunten, maken deze verenweger bijzonder gemakkelijk in het gebruik.

*Men kan het gedrag van de verenweger op het gevoel waarnemen.*

Bij het uitwijken van de tong voelt men de weger in de hand draaien, terwijl ook het terugkomen van een mes op zijn steunpunt duidelijk wordt gevoeld. Dit laatste is een gevolg van de grote krachten waarmee de messen op hun steunpunten liggen, zelfs bij het meten van kleine veerkrachten. Zowel bij het meten van de maximale als van de minimale waarde van de tolerantie leveren vorengenoemde eigenschappen voordeel.

Bij de *maximale* waarde moet de relaisveer van zijn steunpunt gaan en de verenweger blijven liggen. Dit laatste voelt men aan de weger. Men behoeft dus het oog alleen gericht te houden op het steunpunt van de relaisveer.

Bij de *minimale* waarde moet de relaisveer blijven liggen en de verenweger van zijn steunpunt gaan. Dit laatste is ook weer gemakkelijk op het gevoel te constateren, doordat men de verenweger in de hand voelt draaien bij het uit de ruststand gaan van de brug. Het oog kan dus ook hier op het oplegpunt (spoelschijf, ebonietje, ankerbrug enz.) gevestigd blijven, terwijl de hand waarneemt wat de verenweger doet. Daar bij een uitslag van enige millimeters van de verenwegertong de kracht slechts heel weinig verandert, behoeft men niet angstvallig voorzichtig te werk te gaan.

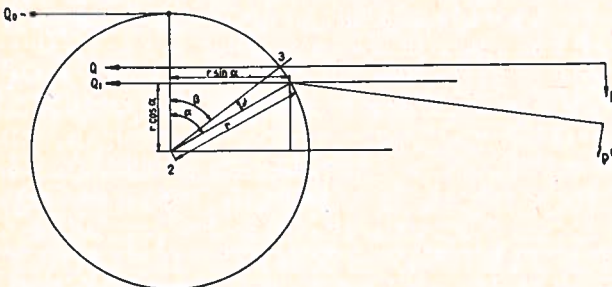


Fig. 4. Verduidelijking van de samenhang tussen de veeruitwijking van de veerkrachtmeter tong en de gemeten kracht. De cijfers verwijzen naar de punten in fig. 2. De arm van van de veerkrachtmeter is verkort weergegeven.

$Q$  = trekkracht van een spiraalveer

$r$  = verbindingslijn tussen de punten (2) en (3) in de veerkrachtmeter

## Correx-veerkrachtmeters

(zie fig. 5)

De meettong (1), welke aan de punt van een bolletje is voorzien, waardoor de druk steeds op het juiste punt wordt aangelegd, draait om een asje (2), terwijl het segment met cilindertje (3) tegen de veren (4) aandrukt en met de vertanding het wijzerasje (6) aandrijft. Een slap spiraalveertje (7) drukt de tandwielspeling steeds naar één zijde, zonder de meting te beïnvloeden. De meetveren (4) zijn nastelbaar met de schroeven (8). De wijzer, welke in de figuur niet zichtbaar is, loopt over in grammen geijkte schalen voor links en rechtse uitslag van de meettong. Daar de uitwijking van de meetveer vergroot wordt door de tandwieloverbrenging, kunnen stijve veren gebruikt worden. Deze stijve veren maken nu een vergroting van de te meten kracht noodzakelijk. Dit is verkregen doordat de tong enige malen langer is dan de afstand van rol (3) tot as (2). Hierdoor is op eenvoudige wijze de invloed van de zwaartekracht te verwaarlozen klein gemaakt, zodat het instrument in iedere stand gebruikt kan worden (zie ook de beschouwing aan het einde van deze beschrijving).

Bij het meten dient men er, evenals bij andere veerkrachtmeters, op te letten, dat de tong steeds loodrecht op de te meten

kracht staat. Voor het opmeten van de juiste kracht moet de meter dus om asje (2) gedraaid worden. Hoewel hiermede door de vorm van het instrument reeds rekening is gehouden, zou het toch aanbeveling verdienen de plaats van dit asje door een bolletje of kogeltje in het huis aan te geven.

Er zijn verschillende maatregelen genomen om de invloed van de wrijving klein te houden. Het asje waarom de tong draait is dun, de stand van de veren is zodanig, dat speciaal bij de lage schaalwaarden het koppel van de wrijvingskracht van cilinder (3) tegen veer (4) klein is, doordat de werklijn van deze kracht ongeveer door het draaipunt gaat. Bij toenemende kracht zal dit minder goed opgaan, maar dan is de invloed relatief toch klein. Bij de montage van de meter is er op gelet, dat de zwakke spiraalveer in de nulstand op de meterarm geen koppel uitoefent, zodat de tandwielspeling zowel bij rechts als links draaien van de arm steeds in de richting van de nulstand wordt gedrukt.

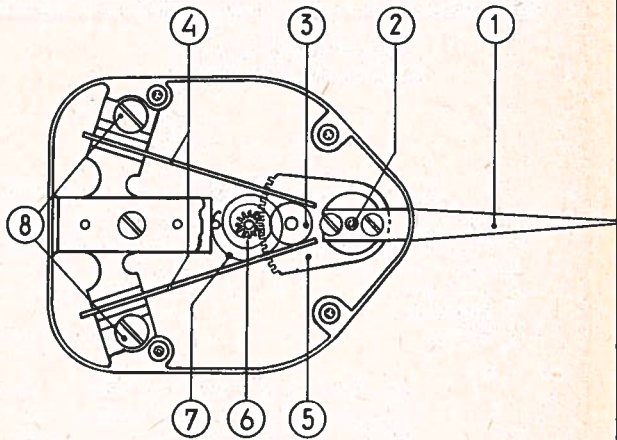


Fig. 5. Correx veerdrukmeter

## Veerkrachtmeter BTM (NSEM)

(zie fig. 6)

Deze meter vertoont overeenkomst met de S & H-meter. Het tegenwerkende koppel wordt hier echter door een spiraalveer geleverd, welke op trek wordt belast. Dit heeft een voordeel, want nu kan de veer zwakker belast worden, hetgeen voor stabiele werking belangrijk is; de ijking blijft langer

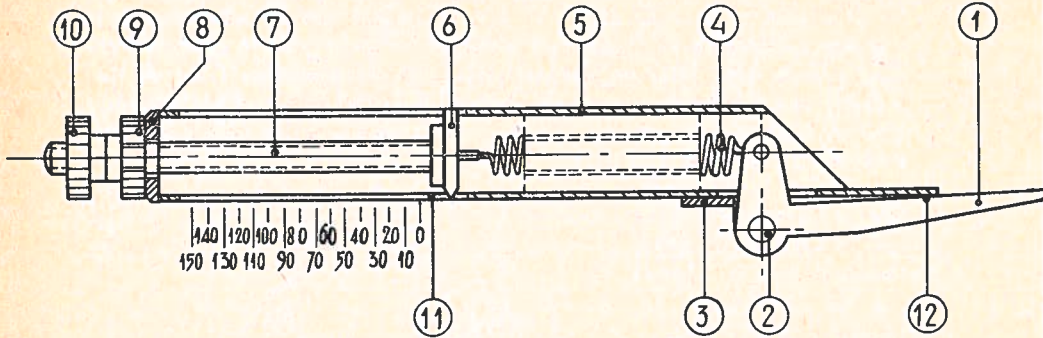


Fig. 6. Veerdruckmeters met buitenverstelling; fabrikaat BTM (NSEM)

1. Meetarm
2. As van de meetarm
3. Lager van de meetarm
4. Trekveer
5. Meterhuis
6. Wijzer
7. Instelschroef waarmede de veer gespannen wordt
8. Schroefgat in het meterhuis voor de instelschroef
9. Contraoer voor vastzetten van de instelschroef
10. Bedienknop van de instelschroef
11. Schaal
12. Aanslag van de meetarm tegen het huis

behouden. Een ander voordeel is, dat bij aflichting van de metertong van steunpunt (12) de veerkracht weinig toeneemt; de karakteristiek lijkt dus op die van de GEC-meter. De BTM-meters blijken enigszins temperatuurgevoelig te zijn in tegenstelling tot de GEC-, S & H- en PTI-meters, welke tussen  $-10^{\circ}$  en  $+300^{\circ}\text{C}$  slechts geringe temperatuurgevoeligheid vertonen.

## PTI-veerkrachtmeter

(zie fig. 7)

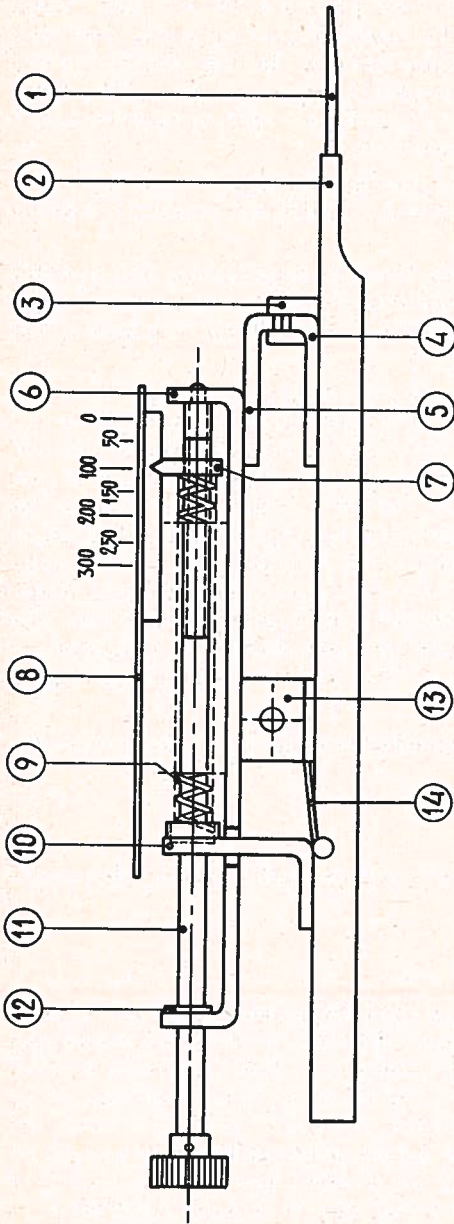
In plaats van een trekveer, zoals in de BTM-meter, is hier een drukveer toegepast. Voor betere waarneming van het aflichten van de tong van zijn steunpunt is een wit reflexplaatje aangebracht (3). Voor deze drukveer gelden dezelfde overwegingen als voor de BTM-weger.

## Bladveermeters van BTM en PTI

Dit zijn wel de simpelste veerkrachtmeters. De veerkrachtmertong is tevens de veer, welke bij uitwijking uit de ruststand rechtstreeks de veerkracht levert en daarbij langs een in grammen geijkte schaal loopt. Daar het gewicht van de veer niet uitgebalanceerd is, kan de BTM-bladveermeter alleen horizontaal gebruikt worden. Bij de meter van PTI tracht men dit bezwaar te verhelpen door het aanbrengen van 3 schalen, of een enkele schaal met 3



Fig. 7. Veerdrukmeter met buitenverstelling;  
fabrikaat P T I



1. Veerdrukmeter tong. Aan het uiteinde wordt de te onderzoeken veer aangelegd
2. Meetarm
3. Witte reflexplaatjes voor het waarnemen van de spleet tussen 4 en 5
4. 5. Aanslag van de meetarm
6. Lager van de instelschroef
7. Spanmoer met wijzer voor instellen van de druk van de drukveer op 10
8. Schaal
9. Drukveer met geleidingbuis
10. Drukklip van de meetarm
11. Instelschroef
12. Lager van de instelschroef
13. Blokje voor bevestiging van de meetarm
14. Slap bladveertje

wijzers, nl. één voor het horizontaal en twee voor verticaal meten. Bij het verticaal meten beweegt de veer in een verticaal vlak en hangt dus door ten gevolge van de zwaartekracht. Het meetgebied is van 1 tot 6 gram. Ofschoon de constructie goedkoop is, is deze weinig elegant. De aanwezigheid van drie schalen of wijzers kan tot foutieve aflezingen leiden. In sommige standen zullen geen van de drie schalen (c.q. wijzers) een juiste aanwijzing verzekeren.

### 3. Onderzoek naar de praktijkresultaten.

Het is van belang na te gaan welke resultaten men met verschillende typen meters in de praktijk bereikt. Op grond van de eigenschappen van de beschreven typen meters zou men verwachten, dat de resultaten voor de GEC-meters anders zijn dan voor de typen S & H, BTM en PTI wegens de sterk afwijkende karakteristiek, zowel wat hantering als wat wegkracht diagram betreft.

Omtrent de Correxmeter en bladveermeters van BTM en PTI is op te merken, dat men geneigd is er aan te twijfelen of het mogelijk is na elkaar twee waarnemingen nauwkeurig te doen. Immers moet men eerst constateren, dat de betrokken veer van zijn steunpunt gaat en daarna moet men aflezen welke veerkracht het metertje aanwijst. In vele gevallen is het onmogelijk beide waarnemingen met één oogopslag te doen. Het is dus noodzakelijk, dat de door de hand uitgeoefende kracht gedurende de tijd van de beide waarnemingen constant blijft.

Teneinde een beter inzicht in de praktijk-ervaringen te verkrijgen zijn enkele statistische onderzoeken gedaan, waarbij het complex *meter-man* werd bestudeerd.

Om na te gaan welke nauwkeurigheid met de verschillende meters wordt bereikt, werd vergeleken de veerkrachtwaarde gemeten met een veerkrachtmeterapparaat, en die, welke monteurs van verschillende vaardigheid met verschillende typen meters opgeven. <sup>1)</sup>

Het veerkrachtmeterapparaat bestaat uit een statief, dat aan het te onderzoeken apparaat wordt bevestigd. Een Correx-veerkrachtmeter is op dit statief bevestigd en kan met een kruisslede en de verstelbare armen van het statief op het juiste punt van de veer aangelegd worden. Met een wormheugel wordt de meter om het theoretisch juiste punt gedraaid en hiermede de kracht op de veer nauwkeurig ingesteld. In sommige gevallen is het mogelijk een elektrische indicatie van het aflichten van een steunpunt te maken. In dat geval is er dus een grote overeenstemming tussen werkelijke en schijnbare kracht. Waar dit niet mogelijk is moet men zich vergenoegen met het waarnemen van een luchtspleet tussen oplegpunt en veer. Daar de meter vast staat is ook dan een zeer nauwkeurige meting mogelijk.

Voor de diverse meters blijkt het gemiddelde resultaat van alle 5 monteurs als volgt te zijn:

Correx	84 %	} van de waarnemingen heeft een fout gelijk aan of kleiner dan 1 g.
S & H	82 %	
GEC	81 %	
BTM	74 %	

Vorenstaande metingen werden aan relaisveren van kiezers op de bank gedaan, dus onder de gunstigste omstandigheden. In de centrale werkt men vaak onder minder gunstige verhoudingen: het licht is minder goed of men kan er niet zo gemakkelijk bij. Om nu na te gaan in hoeverre dit de meetnauwkeurigheid beïnvloedt, werden met GEC- en Correx-meters ook proeven in de centrale gedaan aan kiezers helemaal boven in het rek en helemaal onderin. Stelt men als eis, dat de afwijkingen tot maximaal  $\approx 1$  gram geaccepteerd worden, dan verkrijgt men de volgende resultaten:

<sup>1)</sup> De bladveermeters zijn in dit onderzoek niet betrokken.

	Correx	GEC	
matig geoefende man	44 %	72 %	} bovenste kiezer
goed geoefende man	88 %	72 %	
matig geoefende man	56 %	64 %	} onderste kiezer
goed geoefende man	84 %	72 %	

Men ziet hieruit, dat een geoefend man uitstekende resultaten bereikt met een Correx-meter; een iets mindere met een GEC-meter.

Daarentegen haalt een minder goed geoefend man met een GEC-meter bijna dezelfde resultaten als een goed geoefend man. Hiermede wordt de verwachting bevestigd, dat voor gebruik van GEC-meters geen grote vaardigheid is vereist. Tevens blijkt er voor Correx geen groot verschil te bestaan tussen de resultaten verkregen aan de werkbank en in de centrale onder minder gunstige omstandigheden, zoals blijkt uit de vergelijking met de vorige serie metingen. Voor GEC is het resultaat in de centrale ongunstiger dan in de werkplaats.

Uit een oogpunt van arbeidsbesparing en levensduur van onderdelen is het gewenst een type veerkrachtmeter te gebruiken, dat weinig aanleiding geeft tot overbodig nastellen van veren. Om een juiste keuze in dit opzicht te kunnen doen werden van het C-relais van twintig S & H-hefdraaikiezers de veren C<sup>14</sup> en C<sup>V4</sup> ingesteld op òf een halve gram beneden de maximum waarde òf een halve gram boven de minimumwaarde van de veerkracht. Er was geen verband tussen het veernummer en de ingestelde veerkracht. Aan een vijftal monteurs van uiteenlopende vaardigheid werd opgedragen deze veren na te wegen en op te geven of de veerkracht goed, te zwaar of te licht was. De monteurs gebruikten achtereenvolgens PTI-, GEC- en Correx-veerkrachtmeters. Er werd voor gezorgd dat zij onbekend waren met de werkelijke waarde van de veerkracht. Het resultaat voor de vijf monteurs samen was als volgt:

	Goed	te zwaar	te licht	bijstellen overbodig
PTI	109	22	69	45 %
GEC	135	62	3	33 %
Correx	182	9	11	9 %

Uit dit onderzoek valt dus op te maken, dat Correx-veerkrachtmeters minder aanleiding geven tot overbodig bijstellen dan GEC- en PTI-meters. Interessant is ook, dat blijkbaar GEC-meters eerder aanleiding geven tot overbodig corrigeren van veren, welke aan de maximum veerkracht ingesteld zijn, terwijl PTI-meters hiertoe eerder aanleiding geven bij veren welke aan de minimumgrens liggen.

De Correxmeter geeft in dit opzicht geen voorkeur van betekenis te zien. Uit de karakteristiek van de meters is dit gedrag te verwachten, immers bij iets te fors hanteren van een GEC-meter bij meten van de maximumwaarde, kan de metertong uitslaan. Men taxeert dan de veer te zwaar, hoewel de werkelijke waarde nog beneden de maximaal toelaatbare ligt.

Hetzelfde effect geeft bij de minimumwaarde juist een goedkeuren van een veer, welke in werkelijkheid te licht is ingesteld. Bij de PTI-meter stijgt de veerkracht aan de metertong zodra deze zijn rustpunt verlaat. Bij iets te ruwe hantering treedt dan het omgekeerde effect op van hetgeen zojuist beschreven werd.

Nadat uit het vorenbeschreven onderzoek de goede eigenschappen van Correx-veerkrachtmeters was gebleken, werd door een ander statistisch onderzoek nagegaan of wellicht met de Correx-meter *sneller* gewerkt kan worden. De resultaten hiervan waren inderdaad gunstig voor de Correx-meter. De gemiddelde tijd voor het controleren van een relaisveer bedraagt voor Correx 1,20 minuten, voor GEC 1,67 minuten en voor PTI 1,55 minuten. De spreidingen zijn voor Correx circa 0,24 en voor GEC en PTI circa 0,17 minuut. De grotere spreiding bij Correx is duidelijk een gevolg van gebrek aan vaardigheid, want deze spreiding is voor een monteur, welke gewend was er mede te werken, slechts 0,12 minuut.

Wel is gebleken, dat de Correx-meter voor universeel gebruik bij alle telefoonsystemen in Nederland niet volledig geschikt is. Het verdient echter overweging na te gaan of aan de vorm van de meettong iets gewijzigd kan worden, waardoor de universele bruikbaarheid verkregen wordt.

Het bolletje aan de top van de meettong kan beter weggelaten worden. Theoretisch lijkt dat bolletje wel mooi, maar praktisch heeft men er veel hinder van: contactarmen van hefdraaikiezers kunnen niet gemeten worden en ook op andere plaatsen, waar men weinig ruimte heeft, is dit bolletje hinderlijk.

Wellicht zou de meetarmconstructie van de GEC-meter overgenomen kunnen worden, hoewel deze vermoedelijk vrij duur is. Overigens kan men ook volstaan met het weglaten van het bolletje, en op die plaatsen, waar men alleen met een GEC-meter kan meten, dit type meter gebruiken.

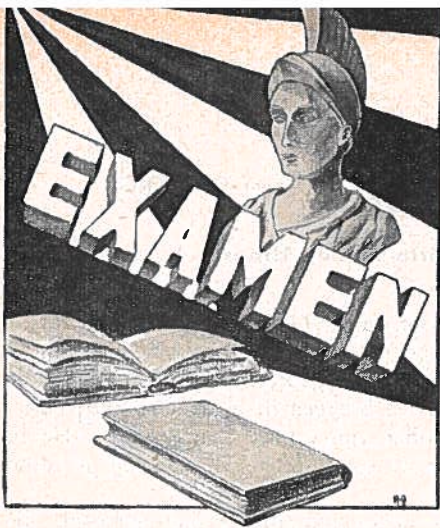
Bij toepassing van de Correx-meter dient men het gebruik goed te instrueren, en voorts te controleren of er op de juiste manier mede gewerkt wordt. Uit de onderzoeken is wel gebleken, dat alleen behoorlijk geoefende krachten er goede resultaten, zowel op de werkbank als in de centrale, mee behalen.

Tot slot wil ik mijn dank uitspreken aan allen, die mij bij dit onderzoek geholpen hebben door het doen van metingen. Ik noem hier gaarne het personeel van de centrale afdeling Telefonie van de Centrale Directie der PTT, van het Dr. Neher Laboratorium en van de Telefoondistricten Utrecht en Maastricht. Deze districten verzorgden de statistische onderzoeken, terwijl de Centrale Werkplaats en het Dr. Neher Laboratorium behulpzaam waren bij de ontwikkeling van een GEC-meter voor krachten van 1,5 tot 8 gram.

---

## LEERLINGSTELSEL

In het novemhernummer wordt een aanvang gemaakt met het bespreken van de methode om draadvormen te ontwerpen en te maken.



## Examenvragen

### Sterkstroom

Warmte door middel van elektrische stroom.

1. Noem drie soorten warmte-overdracht.
2. Geef van elke soort enige toepassingen.
3. Bij een elektrische straalkachel wordt een parabolische reflector gebruikt. Waarvoor zou dit zijn?
4. Als men straalkachels zou toepassen bijv. op een caféterras, zou de wind de warmtestralen dan kunnen verspreiden?
5. Wat is het verschil in constructie tussen een direct en een indirect verhit bimetaal?
6. Beredeneer dat:  $W = E \times I$  gelijk is aan  $W = I^2 \times R$
7. Los het volgende vraagstuk op met behulp van de kennis van de wet van Ohm, de formule uit vraag 6 en door middel van het parallel of in serie schakelen van weerstanden.

### Gegeven:

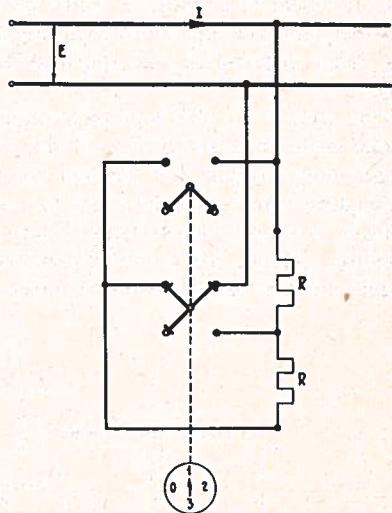
Een schakeling van elementen met een regelschakelaar in een elektrisch kooktoestel (zie figuur).

Netspanning  $E = 220$  volt.

Opgenomen stroom is  $I$ .  
Twee elementen, elk met een weerstand  $R = 130$  ohm.

### Gevraagd:

- a. De stroom  $I$  in de drie standen van de regelschakelaar.
- b. Hoe staan de twee elementen ten opzichte van elkaar geschakeld in de verschillende standen van de schakelaar?
- c. In welke stand van de regelschakelaar levert het kooktoestel het grootste vermogen?
- d. Hoeveel watt is dit vermogen?



8. Welke koperdoorsnee moet een verplaatsbare leiding minstens hebben?
9. Welke leidingsoort *mag* men gebruiken als de verplaatsbare leiding niet langer is dan twee meter en het verbruikstoestel niet meer dan 6 A opneemt?
10. Welke leidingsoort *moet* men gebruiken als de verplaatsbare leiding langer is dan twee meter en het verbruikstoestel meer dan 6 A opneemt?

# De eerste transatlantische telefoonkabel

door F. PAKKER

## De versterkers voor het traject Clarendville-Sydney Mines.

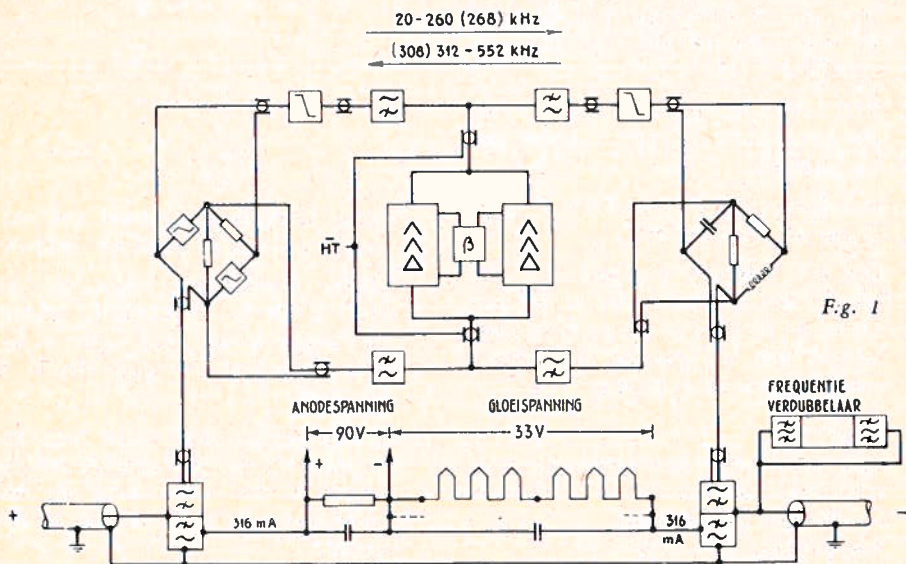
(Vervolg van blz. 270)

De versterkers op dit traject zijn ontwikkeld door de BPO en gebouwd door Standard Electric. Omdat ze in minder diep water gelegd moesten worden, konden ze zonder bezwaar stijf gemaakt worden. De in Groot-Brittannië gebruikelijke methode om de beide transmissie-richtingen in één kabel onder te brengen in gescheiden frequentiebanden is ook hier toegepast. De gekozen banden zijn van 20 kHz tot 260 kHz en van 312 kHz tot 552 kHz. Zodoende kunnen 60 complete 4 kHz kanalen gevormd worden.

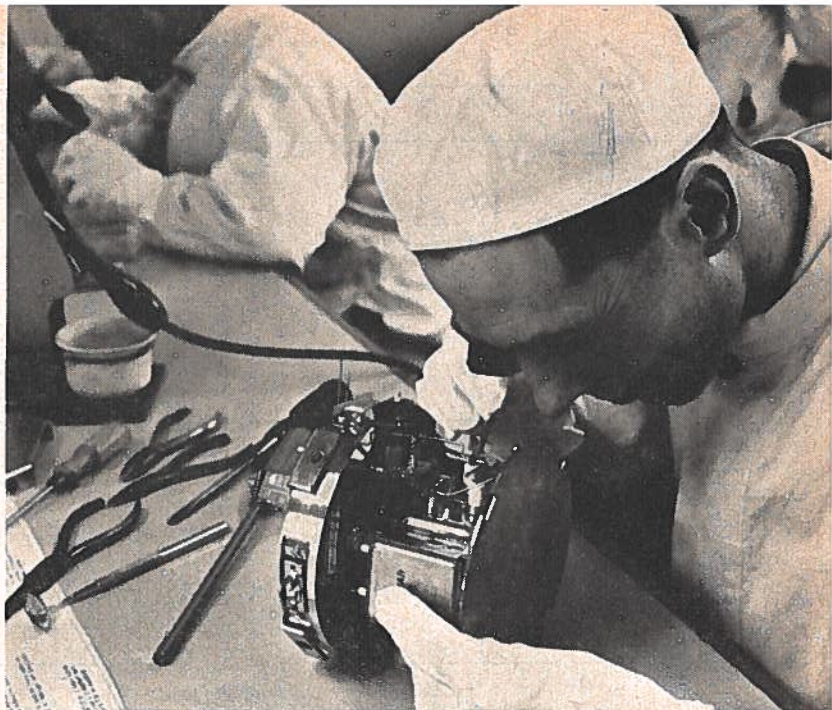
De onderdelen van de versterkers zijn in een luchtdichte cilinder ondergebracht, die met droge stikstof is gevuld. De afmetingen van deze cilinder zijn ongeveer 20 cm diameter en 1,25 m lang. Deze cilinder is ondergebracht in een stalen buis 2,70 m lang en 27 cm in doorsnede, welke de waterdruk opneemt. De wapeningsdraden van de kabel eindigen op een strop, die de trek in de kabel overbrengt op het stalen huis. Door deze constructie zou men de versterkers zelfs in de diepe oceaan kunnen leggen.

Bij 552 kHz is de kabeldemping ongeveer 1,62 db per km, zodat, in verband met de maximale versterking van 60 db per versterker, er om de 37 km een versterker gelegd moet worden. Dit betekent 16 versterkers op het bovengenoemde traject.

Het gedrag van de kabel tijdens en na het leggen bij de hier gebruikte hogere frequenties was nog niet bekend. Daarom is, ter hoogte van Gibraltar, in 1955 een proefstuk gelegd. Men ontdekte belangrijke afwijkingen in de demping, die niet geheel verklaard konden worden uit de invloeden van temperatuur en druk. Er moest



*Het monteren  
van een voedings  
scheidingsfilter  
in een versterker  
voor het traject  
Clarenville-  
Sydney Mines  
(Fig. 1a)*



om de frequentiekaracteristiek van de versterker nauwkeurig aan die van de kabel aan te passen, rekening worden gehouden met een vermindering van de demping van 1,42% bij 552 kHz, vergeleken met de waarden in de fabriek gemeten, en een temperatuurscoëfficiënt van + 0,16% per graad celsius.

Een versterker dient voor versterking van beide transmissie-richtingen. De frequentiebanden worden hiertoe gescheiden door gepiekte filters. Een merkwaardigheid van deze versterkers is de brugschakeling in de in- en uitgang van de versterker. De brugschakeling ondersteunt de werking van de filters en vereenvoudigt de aanpassing. De intermodulatie ten gevolge van de aanwezigheid van ferro-magnetische kernen in de filters, kon tot een aanvaardbare waarde teruggebracht worden. Ook de dempingscorrectie is in de in- en uitgangschakelingen opgenomen. De voedings-scheidingsfilters zijn berekend voor een spanning van 3000 V tegen aarde. Ze laten de gelijkstroom van 316 mA door, die de gloeidraden verhit. De anodespanning van 90 V wordt verkregen via een met de gloeidraden in serie geschakelde weerstand. (zie fig. 1).

De eigenlijke versterker is een drie-traps versterker. Twee van deze apparaten zijn parallel geschakeld tussen de gemeenschappelijke in- en uitgangstransformatoren. Ze hebben samen één gemeenschappelijke tegenkoppeling. Deze opstelling geeft een grotere bedrijfszekerheid. Het blijkt, dat de meeste in de praktijk voorkomende defecten de versterking niet verminderen, alleen de niet-lineaire vervorming wordt groter bij een gelijkblijvend uitgangsniveau.

Er zijn alle mogelijke voorzorgen genomen om te verhinderen dat kortsluiting of breuk van een onderdeel van één versterker de goede werking, de levensduur en de stabiliteit van de andere kan beïnvloeden. Alle afzonderlijke onderdelen zijn gekozen met het oog op een lange levensduur. De versterkers zijn gemonteerd in ruimten met constante temperatuur en vochtigheid, gezuiverde lucht werd in een

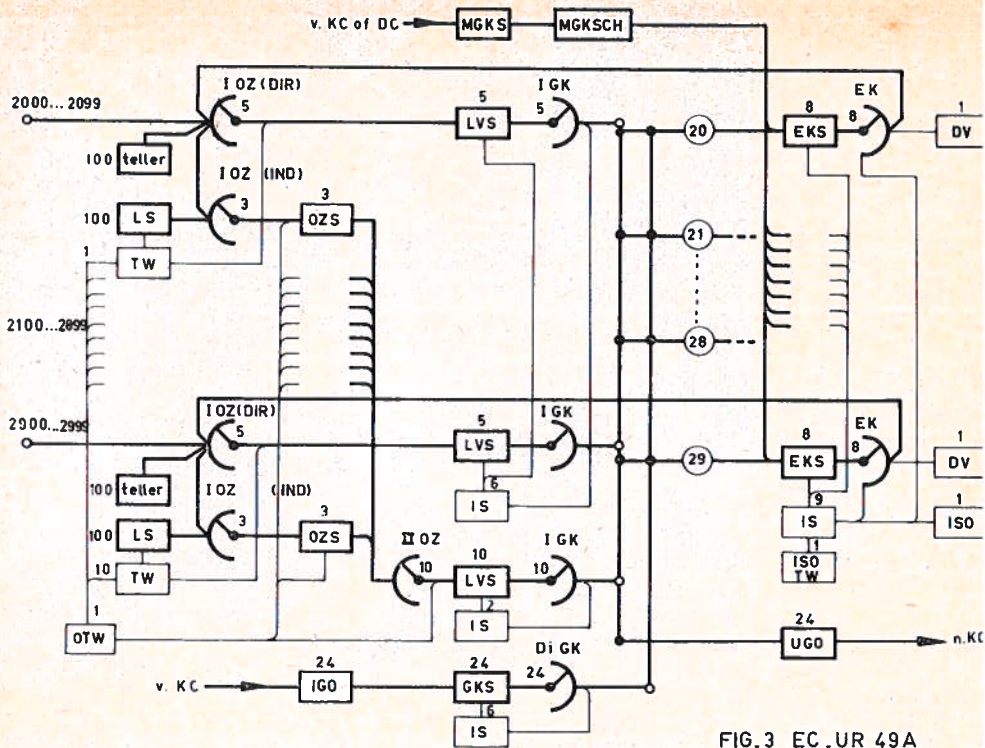


FIG. 3 EC.UR 49A

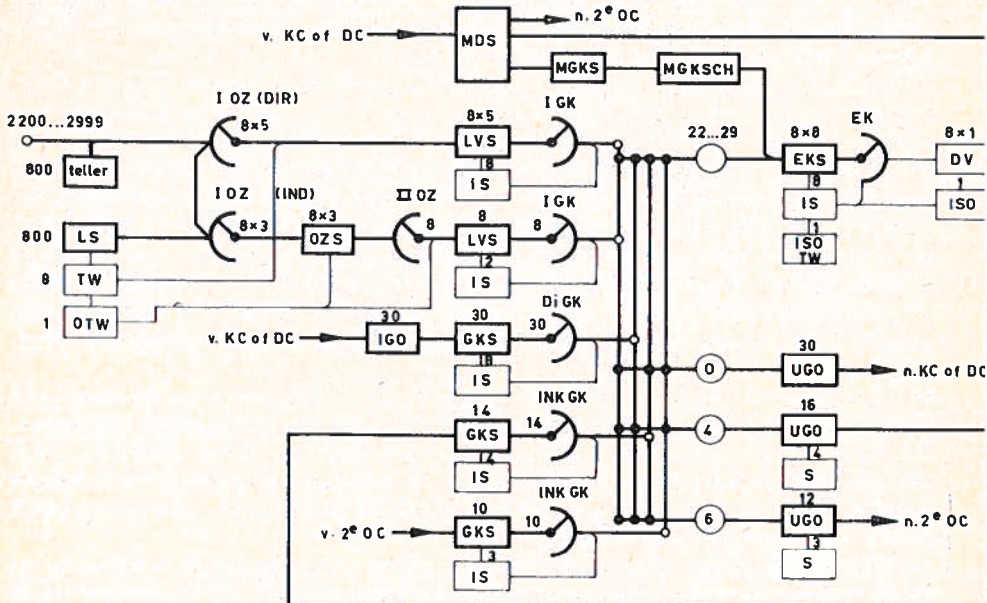


FIG. 5 HOOFDCENTRALE UR 49 A

*Behoort bij het artikel Ur 49a waarva*



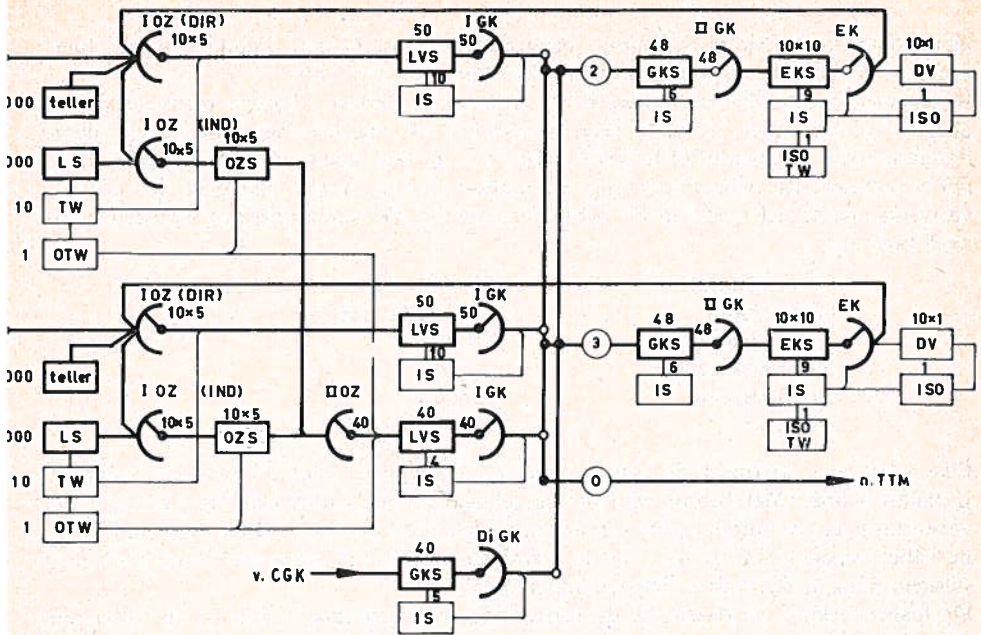


FIG. 4 LOK. EENHEID VAN 2000 NRS

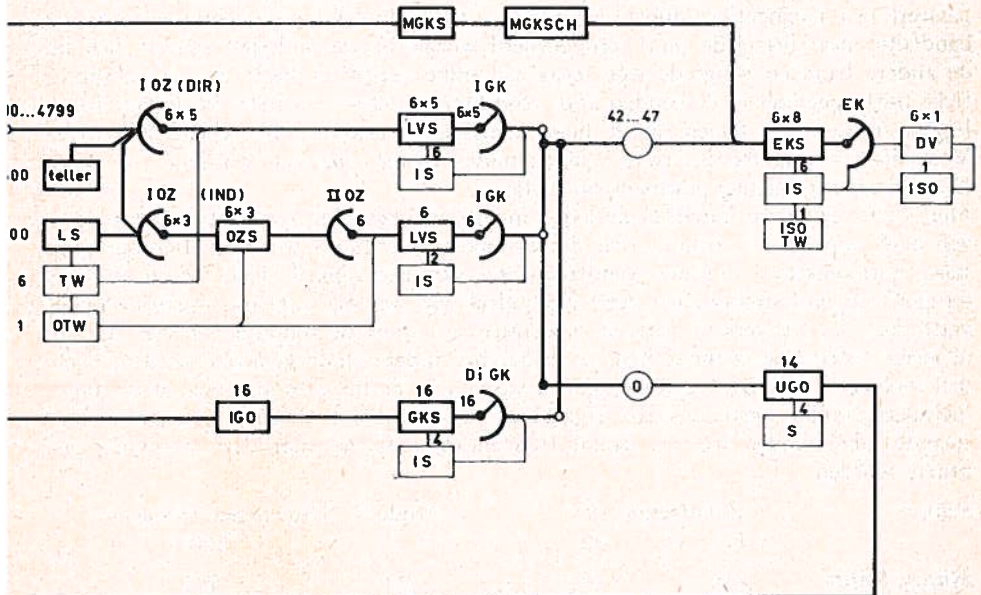


FIG. 6 ONDERCENTRALE UR 49 A

vordt geplaatst in het novembernummer

lichte overdruk in de werkplaatsen gepompt om ze stofvrij te houden en ook hier droegen de arbeiders speciale stofvrije kleding. (zie fig. 1a).

In tegenstelling tot de versterkers in de Atlantische Oceaan, die een reeds vaak toegepaste buis bevatten, is voor deze versterkers een speciale buis ontwikkeld door de laboratoria van het BPO te Dollis Hill, n.l. de buis 6P12. Ze is dus wat moderner van bouw. Ze behoeft ook niet zo robuust te zijn, omdat elke buis een plaatsvervanger naast zich heeft in de parallel-versterker. De karakteristieke waarden voor deze buis zijn:

Gloeispanning	5.5 V
Gloeistroom	259—274 mA
Anodespanning	90 V
Schermroostersp.	60 V
Anodestroom	6 mA
Steilheid	6.6 mA/V

Elke buis moet viermaal de gehele test-serie doorlopen, vóór ze in een versterker geplaatst wordt. Met behulp van de aangebrachte onderzoekschakeling kan men de versterking en de niet-lineaire vervorming van elke versterker vanaf één einde van de kabel bepalen. Het is een van de voordelen van het systeem met beide transmissierichtingen in één kabel, hetgeen mogelijk is.

De lusversterking, en daarmee de versterking per versterker, wordt op de volgende wijze bepaald.

Op een punt achter de versterker, gemeenschappelijk voor beide richtingen, wordt een bandfilter parallel aan de versterkers geschakeld. De uitgefilterde frequentie passeert een frequentieverdubelaar, waarna de verdubbelde frequentie via een 2e bandfilter naar hetzelfde punt teruggevoerd wordt. Nu bevindt het signaal zich in de andere band en vangt de weg terug aan. Elke versterker heeft zijn eigen specifieke testfrequenties in de banden 260—264 kHz en 520—528 kHz. In de lage band liggen ze 120 kHz uiteen, in de hoge (ontvang) band vanzelfsprekend 240 kHz. Voor deze meting moeten twee kanalen buiten dienst genomen worden.

De vervormingsmeting geschiedt als volgt:

Men stuurt een serie impulsen de kabel in met een bepaalde frequentie. Het niveau van deze impulsen is zo hoog, dat de versterkers overstuurd worden. Hierdoor ontstaan harmonischen van de grondfrequentie van het signaal. Het niveau van de terugontvangen harmonischen geeft een indruk van de belastingkarakteristiek van de versterker. De versterkers worden geïdentificeerd door de looptijd van het signaal te meten. Met deze methode kan ook vanaf het andere einde gemeten worden, doch dan moeten 2 signalen tegelijk gestuurd worden in de bovenband, opdat door intermodulatie in de versterkers een signaal in de onderband ontstaan kan. In onderstaande tabel vinden we een aantal frequenties, zoals ze voor deze metingen gebruikt worden.

Station	Zendfrequenties		Produkt	Ontvangen frequentie kHz
	f1	f2		
Sydney Mines	216	—	2f1	432
	144	—	3f1	432
Clarendville	530	380	f1—f2	150
	530	340	2f2—f1	150

De voeding van de versterkers geschiedt, evenals op het traject Clarendville—Oban, door een gelijkstroom, die aan beide zijden toegevoerd wordt via de centrale geleider, de buitengeleider ligt aan aarde. De voedingsstroom moet, onafhankelijk van variaties van netspanning en van de aardpotentialen, binnen nauwe grenzen constant worden gehouden om de gloeidraden te beschermen. Bij een kortsluiting in de kabel wordt de stroom onmiddellijk afgeschakeld. Hoewel de kabel aan beide einden gevoed wordt, waardoor de maximale spanning tegen aarde via de centrale geleider tot de helft is teruggebracht, zijn de nodige condensatoren toch voor de volle voedingsspanning van 2300 V berekend. Hierdoor is het mogelijk de energievoorziening sterk te vereenvoudigen en wel in deze zin, dat bij wegvallen van de voedingsinstallatie van één uiteinde het andere einde onmiddellijk met de dubbele spanning het bedrijf overneemt.

### **De legging.**

Reeds in 1865, toen de „Great Eastern” werd gebruikt voor het leggen van transatlantische telegraafkabels, gebruikte men speciale apparatuur bij het leggen. De noodzaak hiervan had men leren inzien bij de vruchtloze pogingen van de „Agamemnon” en de „Nigeria” in 1857 en 1858. Hoewel er tussen de methodes van 100 jaar geleden, en het precisie werk dat de „Monarch” levert, een verschil bestaat als tussen dag en nacht, heeft men zich toch niet zonder meer aan de legging gewaagd. Van te voren zijn enige proefleggingen uitgevoerd, vooral om ervaring op te doen met het leggen van de versterkers in diep water. Zo werden in 1951 in de Golf van Biskaje op een diepte van 500 meter kabels gelegd onder slechte weersomstandigheden. Deze proeven waren niet geheel bevredigend.

Nieuwe pogingen, ditmaal op 450 meter in de Middellandsezee, werden ondernomen in de herfst van 1953. Er werden met succes enige lengten kabel gelegd en weer opgevist, voorzien van de nieuwe versterkers van het niet-flexible type. Het is duidelijk, dat het succes van de operatie voor een groot deel afhangt van het gebruikte type schip. Gelukkig is het BPO eigenares van het grootste kabelschip ter wereld „De Monarch” met een uitrusting en een bemanning, die volledig opgewassen is tegen een taak als deze. Dit schip met schroefaandrijving, is 147 meter lang en 17 meter breed bij een inhoud van 8056 ton. De kabel wordt er opgeborgen in 4 stalen ruimen met een doorsnede van 12.50 meter. Het kan 5000 à 6000 ton kabel vervoeren, wat overeenkomt met 3000 km diepzeekabel, met versterkers en al. De „Monarch” is het enige kabelschip, dat in één trek een transatlantische kabel leggen kan. Men moest verschillende onderdelen van de uitrusting wijzigen, zoals bijv. de rem- en leidtrommels, teneinde de flexible versterkers ongehinderd hier over te kunnen laten lopen. De trommels en de trek- en boegschijven, waarover de kabel in zee, resp. uit zee geraakt, moesten nl. een diameter van 2.10 m hebben, de kromming die de flexible versterker kunnen verdragen. Figuur 3 geeft een beeld van de boegschijf. Ook geleiderrollen en goten moesten een straal van minstens 1 m hebben en 3 nieuwe dynamometers werden aangebracht, eveneens met schijven van ruim 2 meter doorsnede. De trek in de kabel wordt gemeten met drukgevoelige elektrische cellen, die hun aanwijzingen doorgeven naar de brug en naar de testkamer, zodat de trek in de kabel gedurende de gehele legging voortdurend nauwkeurig bekend is. Zoals we gezien hebben, werd de kabel in de „Monarch” geladen, in lengten van 5 versterkersecties, terwijl ze

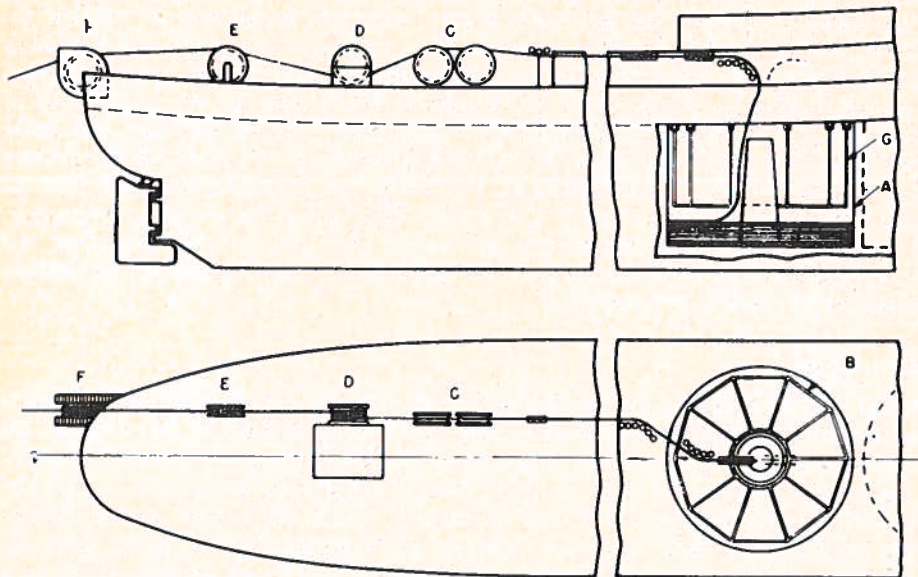


FIG. 3.

- |                            |                 |
|----------------------------|-----------------|
| A = KABELRUIM (1 van de 4) | D = REMTROMMEL  |
| B = CRIMOLINE              | E = DYNAMOMETER |
| C = GELEIDE ROLLEN         | F = HEK SCHIJF  |

onder spanning stond, teneinde ook het kleinste foutje onmiddellijk te kunnen ontdekken. Gedurende de legging is het schip voortdurend in contact met de vaste wal via het reeds gelegde stuk kabel en via de radio. Natuurlijk kan over de kabel slechts in één richting gesproken worden.

Voor de navigatie is men afgestapt van de astronomische middelen (sextant); in plaats daarvan gebruikte men nabij de vaste wal het „Decca” navigatie-systeem en in volle zee „Loran”. De sextant en de chronometer werden slechts gebruikt als noodhulp en om de uitkomsten van de radiografische methodes te controleren. „Loran” is een radiografisch navigatie-systeem, dat werkt met een frequentie van ca. 2 mHz. Men kan hiermede de plaats op zee bepalen door het tijdsverschil te meten tussen 2 signalen tegelijkertijd uitgezonden door 2 ver van elkaar gelegen zenders op de vaste wal. Een bepaald tijdsverschil betekent, dat men zich ergens op een hyperbool bevindt, die voor dit tijdsverschil op de kaart is aangegeven. Een 2e stel stations levert een 2e hyperbool op, zodat het snijpunt van de beide hyperbolen de positie van het schip aangeeft. „Loran” bestrijkt vrijwel het gehele noordelijk deel van de Atlantische Oceaan. Het „Decca”-systeem maakt gebruik van het faseverschil tussen 2 draaggolven, uitgezonden door 2 gesynchroniseerde zenders. Ook hier kunnen hyperbolen op de kaart getekend worden, waaruit de positie van het schip blijkt. De nauwkeurigheid van deze navigatie-systemen loopt van enige tientallen meters tot enige kilometers, afhankelijk van de positie van het schip ten opzichte van de zenders. Toch ligt ca. 560 km kabel op de bodem van de Oceaan op plaatsen, die niet nauwkeurig met „Loran” bepaald kunnen worden.

De waarde van deze navigatiemethoden werd vooral gedemonstreerd toen de „Monarch” op 16 juli 1955 bij haar vertrek uit St. John op New Foundland op weg naar Londen, na enige kilometers in een dichte mist verzeild raakte, die slechts 300 tot 500 m zicht toestond. Deze toestand duurde 3 dagen en nachten, maar het schip voer normaal door met de radar als loods en „Loran” als navigator. Na ongeveer 1600 km kwam de zon door; de controle met sextant en chronometer toonde aan, dat er een verschil van slechts 2 km bestond tussen de door „Loran” gegeven positie en de astronomisch bepaalde plaats. De „Loran”-stations, die gedurende de oversteek gebruikt werden, waren gelegen in New Foundland, op Labrador en Groenland. Een dergelijke ervaring deed men op toen de „Monarch” van Oban vertrok om de legging van de eerste kabel te voltooien. Het doel was een boei ergens op 19° westerlengte, het zicht was ca. 3 à 4 km en de hemel was zwaar bewolkt. Het eerste deel van de reis werd op „Decca” gevaren, later ging men op „Loran” over, het schip voer recht op de boei af. De legging tussen New Foundland en Ierland gebeurde in 3 gedeelten. 1e van Clarenville naar Trinitybaai, lang ca. 370 km (geleverd door de Verenigde Staten), van Trinitybaai naar Rockall, ca. 2350 km en van Rockall naar Oban, ca. 900 km.

De fabricage van de kabel werd gestart in februari 1955 en ging continue dag en nacht door, zondags en door de week. Op 28 juni 1955 begon „de Monarch” onder het gezag van kapitein Betson vanuit Clarenville de legging in oostelijke richting. Al dadelijk deed zich een onverwachte hindernis voor in de vorm van een ijsberg, doch kort na de middag dook de eerste versterker onder de zeespiegel, terwijl de „Monarch” 2 à 3 knopen liep, de normale snelheid tijdens de legging was 6 à 7 knopen. In anderhalve dag werd het eerste traject gelegd. Het eind van de kabel, dat op een diepte van ca. 700 m lag, werd aan een boei bevestigd. De „Monarch” vertrok naar Erith om daar de diepzeekabel, die een gewicht van 4055 ton vertegenwoordigde, te laden. Dit stuk moest gelegd worden tussen de Trinitybaai en Rockall. Op 30 juli vertrok de „Monarch” om het eind van het eerste stuk weer op te vissen, wat niet zonder moeilijkheden ging in verband met de toestand van de zee. Het tweede belangrijkste gedeelte van de kabel kon gelukkig gelegd worden zonder tussenkomst van de orkaan „Connie”, die dreigend naderde. Zes versterkers werden gelegd op een grootste diepte van ca. 3900 m.

De versterkers werden tijdens de legging gevoed via de kabel. De nodige gelijkstroommachines bevonden zich op New Foundland en aan boord van de „Monarch”. De transmissie was voortdurend onder controle teneinde ook de geringste afwijkingen te kunnen constateren en eventueel te corrigeren. Het aanbrengen van correcties was mogelijk door het tussenlassen van speciale correctie-netwerken. Deze werden tegelijkertijd aangebracht met de versterkers, die aan boord aangebracht werden tussen de fabricagelengten van 5 secties. Op deze wijze kon de legging zonder onderbreking plaats vinden. Ze duurde 8½ dag, zonder bijzondere gebeurtenissen, behalve vlak bij Rockall, waar een sterke zuidenwind opstak, die het verankeren van het kabeleinde op een diepte van 1300 m bemoeilijkte. Na opnieuw geladen te zijn met ca. 900 km kabel ging de Monarch op 17 september terug naar Rockall in een zeer woelige zee. Helaas was de boei door de storm losgerukt en verdwenen; later werd ze 900 km verder in de buurt van de Far-Oër Eilanden weergevonden. De kabel moest dus opgevist worden. Jammer genoeg moest dit werk onderbroken worden, omdat het weer steeds slechter werd. Op de 20e bereikte de wind

een snelheid van 90 knopen en het schip werd door 13 m hoge golven heen en weer gesmeten als een luciferdoosje. Twee dagen later, op 22 september, 's morgens vroeg werd de kabel op ongeveer 9 km van het uiteinde weer gevonden. Zodra het eind binnen boord was, werden de metingen hervat, waaruit bleek, dat de demping bij 160 kHz 0,26 db verlopen was. Dit was een bemoedigend resultaat. Nadat de kabel doorgelast was, werd het leggen voortgezet, onder opnieuw verslechterde weersomstandigheden. Toch bereikte de „Monarch” op 26 juni, kort na zonsondergang, zonder verdere avonturen de Lorne-baai. Een stuk van ca. 4 km van de wal af was hier reeds gelegd door een kleiner vaartuig, de „Iris”. Hier werd de transatlantische kabel op gelast. Na zware mechanische proeven en doorlichten van de las liet men deze naar de bodem zakken. In totaal waren nu 3596 km kabel gelegd, waarin 51 versterkers en 6 correctoren waren opgenomen. Nog dezelfde avond vloeide de stroom over de kabel tussen Clarenville en Oban, en voor het eerst in de historie waren Europa en Amerika door een telefoonkabel met elkaar verbonden.

Het onder stroom zetten van de kabel met een spanning, die opgevoerd moest worden tot bijna 4000 V en het instellen van een belastingevenwicht tussen de generatoren aan beide einden van de kabel vergde nog enige tijd. Hierna toonden transmissieproeven aan, dat het gemiddelde ruisniveau veel lager was dan verwacht was en dat de totale demping zeer dicht bij de berekende waarde lag. In plaats van de geprojecteerde 52 versterkers zijn er slechts 51 gebruikt. Dit komt, omdat vrij kort voor de legging bleek, dat de sectielengte circa 460 m langer genomen kon worden, en omdat op een bepaalde plaats bij een nieuwe verkenning van de route een omweg van enige kilometers afgesneden kon worden. Hierna volgde in het voorjaar van 1956 zoals later beschreven zal worden, de legging van het stuk Clarenville—Sydney Mines. De legging van kabel no. 2 ving op 4 juni 1956 aan in Oban. Ze werd dus in omgekeerde richting gelegd. De legging was gereed op 14 augustus om 20 uur 52. Op 24 september d.a.v. om 17.30 GMT werden de telefooncircuits met de kabel verbonden en was de transatlantische kabel dus gereed voor exploitatie. De 2e kabel is 3600 km lang en bevat 51 versterkers en 8 correctoren.

## **Arbeid en Vermogen** | op het examen

Twee begrippen, welke nogal eens door elkaar gehaald worden! Toch zijn ze eenvoudig, als men maar de moeite neemt, ze goed in te denken.

We gaan daarbij van de veronderstelling uit, dat het woord *arbeidsvermogen* nooit meer wordt gebruikt, wanneer men toe is aan het maken van vraagstukken over vermogen en arbeid. Arbeidsvermogen komt alléén even ter sprake, waar het gaat om het arbeidsvermogen — dat is het vermogen om arbeid te leveren — dat er zit in een waternival, windkracht, in stoom, in zonnewarmte enz.

### **De begrippen: vermogen en arbeid**

Laten we eens een paar voorbeelden geven, aan de hand waarvan men zich een duidelijke voorstelling kan maken van *vermogen* en *arbeid*.

I. Een hoop zand, laten we zeggen: 100 kruiwagens vol geladen, moet verplaatst worden over een afstand van 100 m.

Er moet dus een *arbeid* verricht worden, of een *energie* geleverd.

**Arbeid en energie zijn twee namen voor hetzelfde begrip!**

Laten we dit karwei uitvoeren door iemand, die een volle kruiwagen kan verplaatsen, dan moet hij  $100 \times$  rijden om de totale arbeid te leveren.

Deze man heeft een *vermogen* van een volle wagen.

We kunnen dit werk echter ook laten doen door iemand, die een kruiwagen kan verplaatsen welke maar voor de helft gevuld is en die dan in dezelfde tijd deze half volle wagen wegrijdt. Zijn vermogen is  $2 \times$  zo klein als van de eerste; hij moet echter  $200 \times$  rijden, zodat de tijdsduur  $2 \times$  zo lang is.

De *arbeid* is in beide gevallen gelijk en we zien dat deze bepaald wordt door het *vermogen* met de *tijd* te vermenigvuldigen of:

**Arbeid = Vermogen  $\times$  Tijd**

Kennen we de te verrichten *arbeid* (100 wagens) en we weten dat er  $200 \times$  gereden moet worden, waaruit we de *tijd* dus kennen, dan kunnen we het *vermogen* uitrekenen door de arbeid te delen door de tijd, of:

**Vermogen = Arbeid : Tijd**

Daar de tijd in seconden wordt gemeten, kunnen we ook schrijven:

$$\text{vermogen} = \frac{\text{arbeid}}{\text{aantal seconden}} = \text{arbeid/seconden}$$

N.B. Lees: arbeid *per* seconde; de schuine breukstreep betekent: per = gedeeld door!

II. We willen een tocht maken van 200 km, d.w.z. een *arbeid* verrichten, waarbij we ons 200 km gaan verplaatsen.

We kunnen dit doen op een brommer, die een snelheid van 20 km per uur heeft; daarvoor heeft hij een bepaald *vermogen* nodig. In dit geval duurt het  $200 : 20 = 10$  uur om de reis te maken.

Hier berekenen we dus de tijd uit de regel:

**Tijd = Arbeid : Vermogen**

Hadden we geweten, dat we een tijd van 10 uur nodig hadden om 200 km af te leggen, dan zou daaruit bekend zijn, dat de brommer een *vermogen* had om  $200 : 10$  (= arbeid : tijd) = 20 km per uur te rijden.

Zouden we een motorrijwiel met een  $2 \times$  zo groot vermogen gebruiken, dat dus 40 km/uur (lees: 40 km per uur) kan halen, dan zouden we de weg in 5 uur kunnen afleggen.

## Eenheden

Om de muren van de 3e étage van een huis te kunnen metselen, moeten 1000 stenen (elk van 5 kg) 10 m omhoog gebracht worden. We zeggen, dat we een *arbeid* moeten verrichten van  $1000 \times 5 \text{ kg} \times 10 \text{ m} = 50000 \text{ kgm}$  (kilogrammeter).

We kunnen hiervoor een lier met een motor gebruiken, welke 50 stenen (250 kg) tegelijk kan tillen en waarbij het 10 sec duurt voor de stenen boven zijn, d.w.z. hij beweegt de last 1 m per sec omhoog.

Deze lier heeft dus een arbeid van 250 *kgm/sec* (lees: kilogrammeter per sec). De *kgm/sec* is de eenheid van mechanisch vermogen.

Hierbij komt dus duidelijk naar voren dat:

**Vermogen = arbeid/sec = arbeid : tijd**

Met vorenbedoelde lier kan het gehele karwei dus in  $50000 : 250 = 200$  sec worden gedaan; wel moet hierbij gerekend worden de tijd voor het verstacken van de stenen.

Hadden we een lier genomen met een  $2 \times$  zo groot vermogen, dus van 500 *kgm/sec*, dan waren  $50000 : 500 = 100$  sec nodig voor het hijsen van de stenen.

Nu is 1 *kgm/sec* maar een kleine hoeveelheid en men heeft in vroeger jaren een grotere hoeveelheid als praktijk-eenheid genomen, nl. 75 *kgm/sec* en deze de **paardenkracht (pk)** genoemd.

Op het zwakstroommonteursexamen zijn we echter elektrotechnici en we werken dus met elektrische eenheden.

**De eenheid van elektrische vermogen is de watt (W).**

Dat is het vermogen dat gepresteerd wordt in een stroomketen, waarin bij een emk van 1 V een stroom van 1 A heerst.

**1 watt = 1 volt  $\times$  1 ampère**

Een motor, welke is aangesloten op een spanning van 110 V en daarbij 6,7 A opneemt, heeft een vermogen van  $6,7 \times 110 = 736$  W.

Mechanisch gezien komt dit overeen met een vermogen van 1 pk, want:

**1 pk = 736 W**

Wanneer we nu weten, dat de eenheid van elektrisch vermogen de watt is, dan is dus

**De eenheid van elektrische arbeid = de Wsec (lees: watt seconde).**

Een Wsec is ook een heel kleine hoeveelheid arbeid. Door deze met 1000 te vermenigvuldigen, krijgen we de kWsec; vermenigvuldigen we nu ook nog eens met 3600, dan krijgen we de kWh (kilowattuur).

Het begrip *arbeid* verandert er niet door en u kunt ook de kWh noemen als de eenheid van arbeid wordt gevraagd.

Het is ook de eenheid van arbeid, waarmee de elektriciteitsbedrijven rekenen.

Het GEB zou aan een fabriek een *vermogen* kunnen leveren van bijv. 50 kW; zou dit een continue-bedrijf zijn, dan zal men aan het einde van de maand een rekening sturen voor de geleverde *energie* van  $30 \times 24 \times 50 = 36000$  kWh.

In ons land wordt momenteel de grootste elektrische centrale van Europa gebouwd voor een *vermogen* van 175 MW = 175.000 kW. Als deze straks draait, dan kan hij per dag heel wat *arbeid* leveren, nl.  $24 \times 175000 = 4.200.000$  kWh.

Hoewel het 't eenvoudigst is om bij de vraagstukken met de Wsec als eenheid van arbeid te werken, hetgeen nooit fout gerekend zal worden, heeft men aan deze



eenheid ook de naam van een geleerde uit vroeger jaren gegeven, nl. de *joule* (J). De joule mag dus ook als eenheid van arbeid genoemd worden, maar men dient dus te weten, dat:

$$1 \text{ joule} = 1 \text{ W} \times 1 \text{ sec} = 1 \text{ Wsec.}$$

Hieruit volgt:

$$1 \text{ W} = \text{joule/sec}$$

(let wel: joule per sec!).

Dit kan dus ook de eenheid van vermogen zijn.

De reden, dat we dit artikel schreven, is voornamelijk het volgende: Wanneer op het examen bijv. gevraagd wordt: hoeveel arbeid verricht een motor van 75 W in 40 sec, dan rekent men uit  $40 \times 75 = 3000 \text{ Wsec}$ , maar men leest: 3000 watt per sec.

Telkens moet dan de aandacht erop worden gevestigd, dat dit er in 't geheel niet staat. De breukstreep ontbreekt nl. Het betreft hier een vermenigvuldiging en niet een deling, dus komt er geen „per” aan te pas!

De begrippen: watt/sec (wat per sec) en joulesec zijn onbestaanbaar.

In het eerste geval zou men de *arbeid* „wattsec” twee maal door de tijd gaan delen in de mening *vermogen* te krijgen en in het tweede geval het *vermogen* „watt” twee maal met de tijd gaan vermenigvuldigen in de mening *arbeid* te krijgen en dat is teveel van het goede.

Is het nu gesnapt?!

---

## Boekbespreking

Bij de uitgeverij Meulenhoff en Co. N.V. te Amsterdam is een boek verscholen, getiteld:

*Samenvatting der Elektriciteitsleer.*

Schrijver is Ir. P. C. Cornelis, verbonden aan het Natuurkundig laboratorium van de N.V. Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Uiteraard is dit boek bestemd voor hen die zich bezighouden met de toepassing van de elektriciteitsleer.

In dit boek wordt de elektriciteitsleer behandeld volgens het stelsel van Giorgi.

De laatste jaren heeft het stelsel van Giorgi internationaal steeds meer toepassing gevonden.

Dit stelsel brengt belangrijke vereenvoudiging in de elektriciteitsleer o.a. in de veldtheorie. De veldgrootheden kunnen nu in stroom en spanning, met de gebruikelijke eenheden ampère en volt worden uitgedrukt.

Kennis van hogere wiskunde is hierbij niet vereist.

Dit boek is o.a. zeer geschikt voor studerende op middelbaar niveau en radiocursussen. Het is tevens geschikt voor hen die verder studeren.

Zo gezien is dit keurig verzorgde boek, dat 196 pagina's en 28 figuren bevat, zeer aan te bevelen.

De prijs bedraagt f 8,90 en kan bij voornoemde uitgever besteld worden.

De redactie.

# Iets over telecommunicatie in het algemeen en draaggolftelefonie in het bijzonder.

door N. O. W. MOUNTAIN

- De modulator
- De gelijkrichtcellen
- De modulatorschakeling

(vervolg van blz. 250)

## De modulator

In ons vorige artikel (augustusnummer) spraken we over frequentie-transformatie. Door toepassing van deze frequentie-transformatie waren we dan in staat om bijv. 48 (of 32, naar gelang het gebruikte draaggolfsysteem) laagfrequente spraakfrequentiebandjes (0—4000 Hz) om te zetten in een aanéensluitende hoogfrequente transmissie frequentieband van 12 kHz—204 kHz.

## Hoe vindt deze frequentie-transformatie plaats ?

Als we nu weten dat een sinusvormige wisselspanning met een bepaalde frequentie  $f_1$  omgezet kan worden in een sinusvormige wisselspanning met een frequentie  $f_u$  door gebruik te maken van een modulator, dan rest ons alleen nog de taak iets over die modulator te vertellen. We zullen ons hierbij bepalen tot het type modulator zoals die in de draaggolftelefooninstallaties voorkomt.

Om een idee van de modulatorschakeling te verkrijgen, bekijken we eerst eens figuur 43. Alhoewel deze schakeling niet direct als modulatorschakeling dienst doet, is de verwantschap hieraan wel erg groot.

We zien een generator met een sinusvormige EMK van  $E$  volt en een inwendige weerstand  $R_1$  ohm. Verder zien we twee gelijke transformatoren  $T_1$  en  $T_2$ , welke een wikkerverhouding hebben van 1 : 1 en waarvan één wikkeling een middenaftakking heeft (punt 5). Transformator  $T_2$  is afgesloten met de weerstand  $R_u$ . Tussen beide transformatoren  $T_1$  en  $T_2$  zijn de gelijkrichtcellen  $G_1$  en  $G_2$  geschakeld. De generator geeft een spanning af met een frequentie  $f_1$  Hz, terwijl op de punten a en b (middenaftakking van de transformatoren) een gelijkspanning  $V=$  wordt

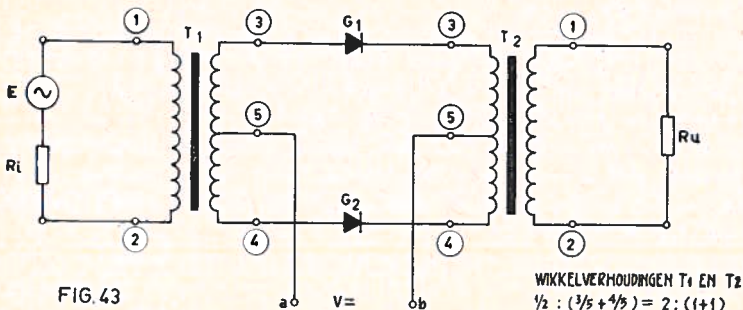
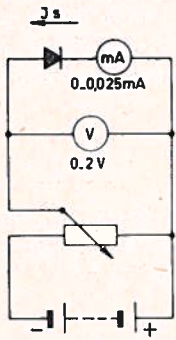


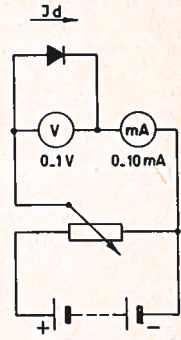
FIG. 43

OPNAME „SPER” GEDEELTE VAN DE KARAKTERISTIEK



V	$I_s$	$R = \frac{V}{I_s}$
-1,0V	0,01mA	$10^5 \Omega$
-2,0..	0,025..	$8 \times 10^4 \Omega$

OPNAME „DOORLAAT” GEDEELTE VAN DE KARAKTERISTIEK



V	$I_d$	$R = \frac{V}{I_d}$
0,0V	0,0mA	
+ 0,2..	0,2 ..	1000
+ 0,4..	1,2 ..	333
+ 0,6..	3,0 ..	200
+ 0,8..	5,3 ..	151
+ 1,0..	10,0 ..	100

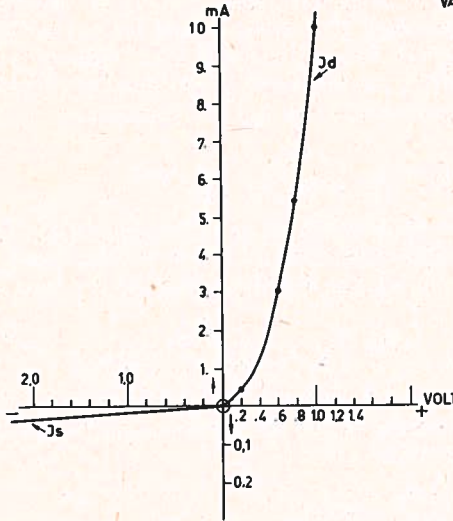


FIG. 44

aangesloten, waarvan we de polariteit kunnen omdraaien. Voordat we nu iets met deze schakeling gaan doen, zullen we de gelijkrichtcellen  $G_1$  en  $G_2$  eens nader bezien.

**De gelijkrichtcellen**

Zoals de benaming al aangeeft, kunnen deze gelijkrichtcellen een gelijkrichtende functie uitoefenen en kunnen we ze dus gebruiken om een wisselstroom gelijk te richten.

We gaan van zo'n cel eens de karakteristiek opnemen. Figuur 44 geeft een doorlaat-sperweerstandkarakteristiek weer van een bepaald type gelijkrichtcel. Uit deze karakteristiek kunnen we zien, dat deze gelijkrichtcel een weerstand van 100 ohm vertegenwoordigt, indien we op deze cel een gelijkspanning van 1 volt aansluiten, met een zodanige polariteit, dat de stroom  $I_d$  in de *doorlaatrichting* van de cel vloeit. Draaien we nu de polariteit van de gelijkspanning om, dan zien we de stroom  $I_s$  door de cel belangrijk afnemen. De *sperweerstand* van de gelijkrichtcel bedraagt dan, bij 1 volt, 100000 ohm.

Wat we ook uit deze karakteristiek kunnen zien is, dat de kromme  $I_d$  (doorlaatstroom als functie van de „positieve” aangelegde gelijkspanning  $V=$ ) en  $I_s$  (sperstroom als functie van de negatieve aangelegde gelijkspanning) werkelijk een kromme lijn is. Het *niet-lineaire* verband tussen stroom en spanning is in het algemeen de belangrijkste eigenschap van de gelijkrichtcel, waardoor deze geschikt is om als modulator dienst te

doen. Voordat we echter de modulatorschakeling in zijn geheel bespreken, keren we weer terug tot figuur 43. Op de punten a en b sluiten we nu een gelijkspanning  $V=$  zodanig aan, dat a positief ten opzichte van b is. De grootte van  $V=$  (1 volt) is bijv. vijfmaal zo groot als E. Daar de gelijkrichtcellen nu ieder een weerstand van 100 ohm vertegenwoordigen, zal de wisselspanning op  $R_u$  nu bedragen:

$$\frac{E}{R_1 + 200 + R_u} \times R_u = \frac{ER_u}{R_1 + R_u + 200} \text{ volt}$$

Draaien we de polariteit van de gelijkspanning  $V=$  bij a en b om, dan zullen de gelijkrichtcellen ieder een weerstand van 100000 ohm vertegenwoordigen en zal de wisselspanning op  $R_u$  dus bedragen:

$$\frac{E}{R_1 + 200000 + R_u} \times R_u = \frac{ER_u}{R_1 + R_u + 200000} \text{ volt}$$

Als gevolg van de doorlaat- en spertoestand van de cellen  $G_1$  en  $G_2$  zal de wisselspanning  $R_u$  bij het ompolen van de gelijkspanning op de punten a en b, een factor

$$\frac{R_1 + R_u + 2 \times 10^5}{R_1 + R_u + 2 \times 10^2} \text{ variëren.}$$

Kiezen we voor  $R_1$  en  $R_u$  een waarde welke klein is ten opzichte van de sperweerstand ( $2 \times 10^5$  ohm) van de gelijkrichtcel, dan kunnen we de spanning op  $R_u$  in spertoestand van de cellen praktisch verwaarlozen ten opzichte van de spanning op  $R_u$  in doorlaattoestand van de cellen  $G_1$  en  $G_2$ . Even een voorbeeld met getallen:

$$R_1 = R_u = 500 \text{ ohm;}$$

$$\frac{R_1 + R_u + 2 \times 10^5}{R_1 + R_u + 2 \times 10^2} \text{ wordt dan } 167,5.$$

De spanning op  $R_u$  in spertoestand van  $G_1$ — $G_2$  is dus 167,5 maal kleiner dan de spanning op  $R_u$  in de doorlaattoestand van de cellen  $G_1$ — $G_2$ , of wel in db's uitgedrukt  $20 \log 167,5 = 44,48$  db.

### De modulatorschakeling

We veronderstellen nu, dat de frequentie van de generator-emk 5 Hz bedraagt. De gelijkspanning op de punten a en b wordt iedere seconde omgepoold. Zouden we over de weerstand  $R_u$  een kathodestraaloscillograaf aansluiten, dan zouden we op de beeldbuis een figuur zien als in figuur 45 is voorgesteld. Zouden we echter in plaats van iedere hele seconde, iedere 1/100 seconde de gelijkspanning  $V=$  van polariteit doen veranderen, dan zouden we het beeld van fig. 46 te zien krijgen.

Bij onze beschouwing van fig. 43 zijn we van de veronderstelling uitgegaan, dat de gelijkrichters  $G_1$  en  $G_2$  karakteristiek volkomen aan elkaar gelijk zijn. Daar ook de transformatoren volkomen symmetrisch zijn, zal de gelijkspanning  $V=$  praktisch geen resulterend magnetisch veld in de transformatoren  $T_1$  en  $T_2$  tot gevolg hebben, omdat de gelijkstroom door

de beide wikkelhelften 3/5 en 4/5 gelijk doch tegengesteld aan elkaar zijn. De zojuist bekeken schakeling, welke we o.a. in het Philips 6 kHz (vereenvoudigd 32 kanalen) draaggolfsysteem als statische relaisschakeling zullen tegenkomen, gaan we nu als modulatorschakeling bekijken.

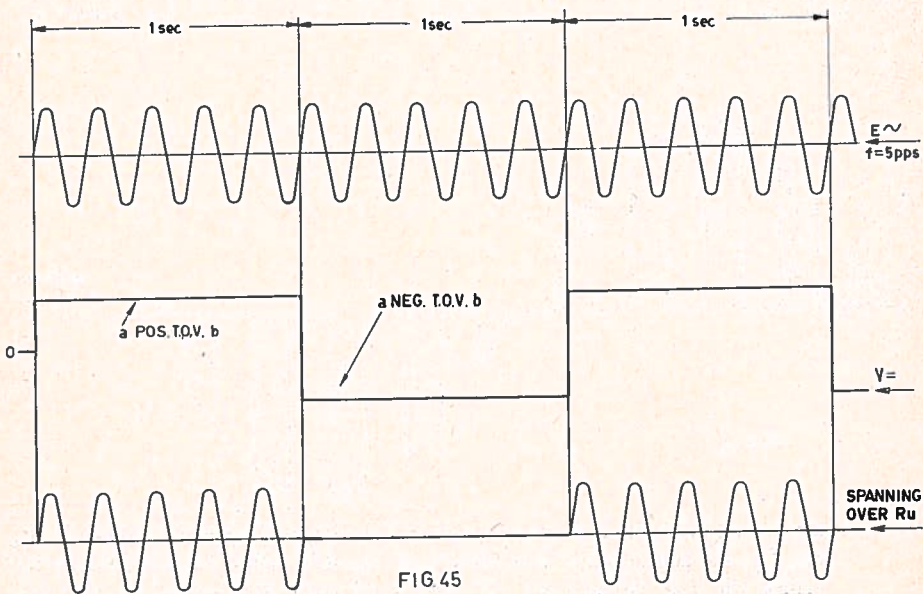
Om met behulp van een modulator een sinusvormige wisselspanning  $V_1$  met een frequentie  $f_1$  om te zetten in een sinusvormige wisselspanning  $V_u$  met een frequentie  $f_u$  moeten we gebruik maken van een hulpwisselspanning  $V_d$  met een frequentie  $f_d$ . Deze hulpwisselspanning noemen we de *draaggolfspanning*.

Deze draaggolfspanning, welke (bijv. 5 maal) groter moet zijn dan de ingangsspanning  $V_1$ , wordt op hetzelfde punt aangesloten als de om te polen gelijkspanning  $V$  in fig. 43.

Uit goniometrische vergelijkingen (waarop we in dit artikel niet verder ingaan) kunnen we afleiden, dat ten gevolge van de niet lineariteit van de cellen  $G_1$  en  $G_2$  in de uitgangsspanning  $V_u$  (fig. 47) meerdere frequenties voorkomen, waarvan voor ons de belangrijkste zijn:

de frequenties  $(f_d + f_1)$  Hz en  $(f_d - f_1)$  Hz. De frequenties  $(f_d + f_1)$  Hz en  $(f_d - f_1)$  Hz noemen we de *zijbandfrequenties* van de modulator.

We kunnen berekenen, dat de energieverhouding van het modulator-ingangssignaal tot één der zijbandsignalen aan de uitgang van de modulator ca. 12 db bedraagt. Dit energieverlies, dat in de modulator optreedt, kunnen we met ca. 6 db verminderen door de modulator met enkelvoudige balansschakeling (voorgesteld in fig. 47) te vervangen door een modulator met dubbele balansschakeling (voorgesteld in fig. 48). Was het beeld,



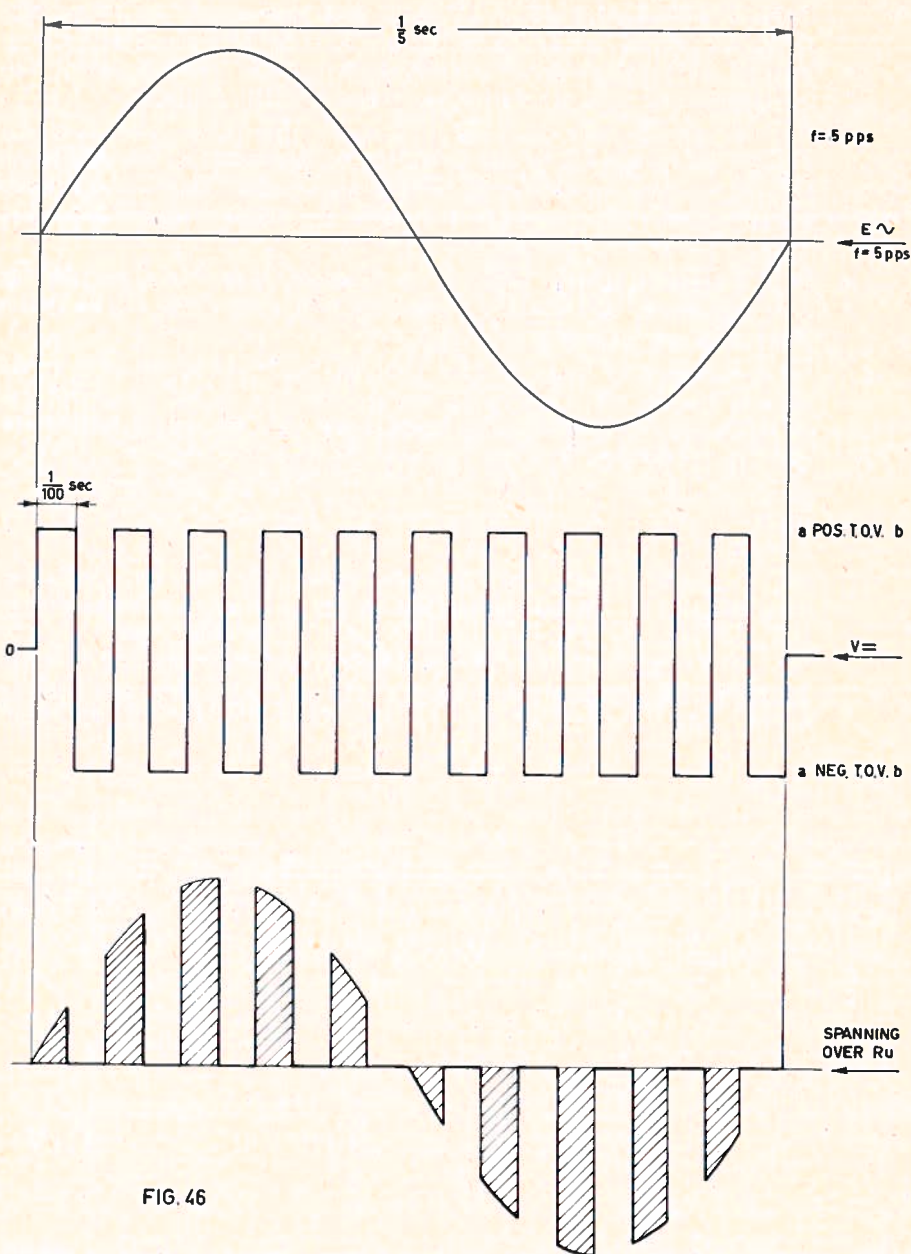


FIG. 46

wat we met behulp van een kathodestraaloscillograaf over de weerstand  $R_u$  van fig. 47 zagen, zoals voorgesteld in fig. 47a, achter de modulatorschakeling van fig. 48 zien we dan het beeld zoals voorgesteld in fig. 48a.

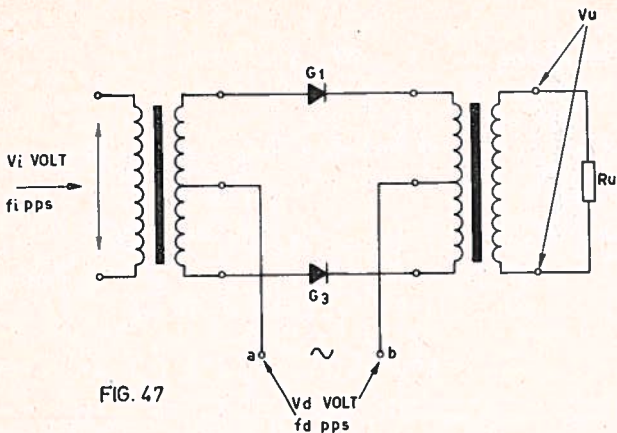


FIG. 47

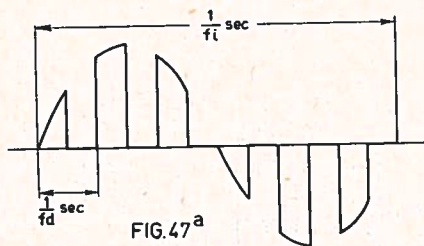


FIG. 47a

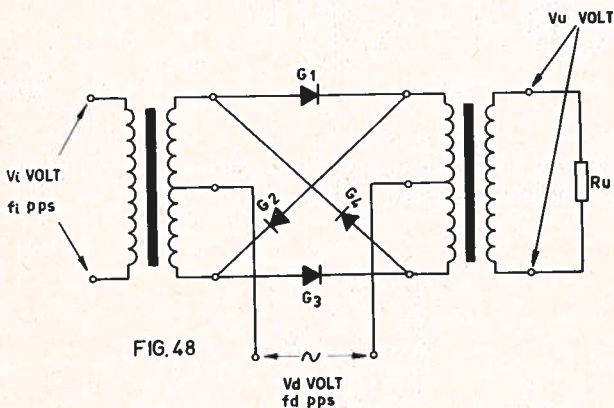


FIG. 48

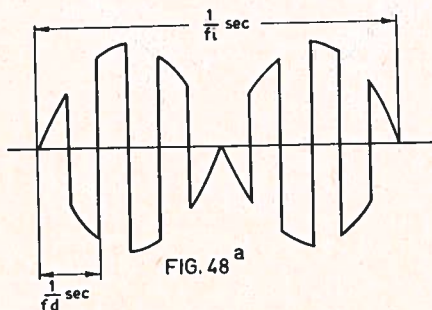


FIG. 48a

Om dit beter te kunnen inzien ontleden we de dubbele balansschakelingen (figuren 49a, b, c en d). We stellen nu de frequentie van de ingangsspanning  $V_1$  op  $f_1$  Hz en de frequentie van de draaggolfspanning  $V_d$  op  $f_d$  Hz =  $6 f_1$  Hz. De pijlen in fig. 49a geven de momentele stroomrichting (afkomstig van  $V_1$ ) aan, indien het potentiaal van de momentele draaggolfspanning op punt a positief is ten opzichte van punt b. De gelijkrichtcellen  $G_1$  en  $G_3$  zijn dan dus geleidend.

In fig. 49b is de toestand getekend, dat de amplitude van de draaggolfspanning juist is omgedraaid (punt a negatief ten opzichte van punt b). Omdat nu de cellen  $G_2$  en  $G_4$  geleidend zijn geworden, is de stroom in de primaire van  $T_2$  gedurende  $1/2 f_d$  sec. van richting omgedraaid.

Uit de combinatie van de figuren 49a en 49b en de figuren 49c en 49d is het ontstaan van fig. 48 a te zien.

De *dubbele balansmodulator*, zoals besproken, wordt algemeen als *ring-modulator* aangeduid, omdat de vier gelijkrichtcellen als het ware in één richting achter elkaar staan geschakeld (zie fig. 50).

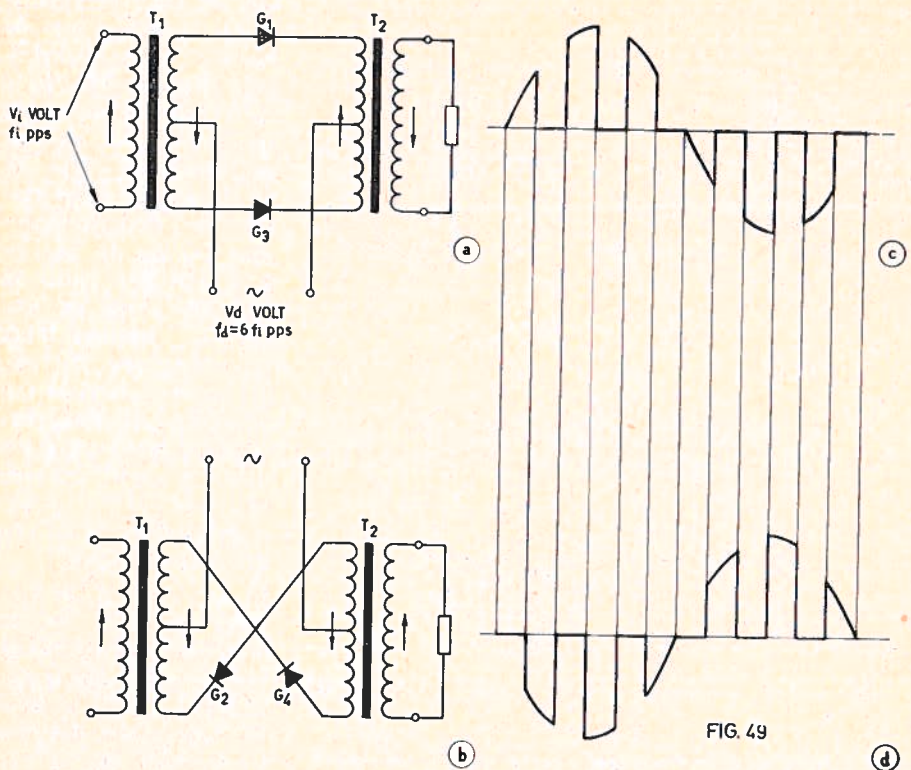


FIG. 49

In een volgend artikel zal de toepassing van de modulator in een draag-golftelefonie-systeem worden besproken.

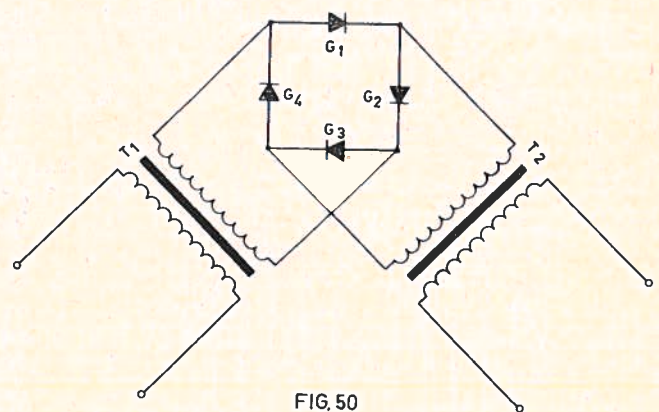


FIG. 50