



15 AUGUSTUS 196

Nieuwe apparatuur voor het opnemen en projecteren van abonneetellerstanden.

62-052

door B. van Zanten.

De mogelijkheden van het gebruik van nieuwe ontwikkelde apparatuur is soms zo veel omvattend, dat het geruime tijd kan duren voor men een volledig inzicht heeft in de eventuele toepassingen.

Weinig beseft men meestal, welk een principieel onderscheid er bestaat tussen natuurwetenschap en techniek; juist wellicht, omdat wij tegenwoordig zo onverbreekelijk in onze samenleving zijn vervlochten.

Techniek zien we als we ons afvragen, welk praktisch voordeel we van de uitkomsten der wetenschap verwachten kunnen. Nooit wellicht in de geschiedenis der mensheid hadden de resultaten van wetenschap en techniek zulke gevolgen als zij thans (zullen) hebben. De ontwikkeling der techniek gaat steeds voort en de technische mogelijkheden schijnen in onze tijd onbegrensd.

Voorals de elektronentechniek wordt in toenemende mate toegepast in de industrie en bij vele fabricatieprocessen wordt van deze techniek reeds gebruik gemaakt, o.a. voor besturing, regeling en beveiliging.

Tijdens het fotograferen van abonneetellerstanden in het telefoondistrict Utrecht wordt thans ook gebruik gemaakt van een elektronisch apparaat.

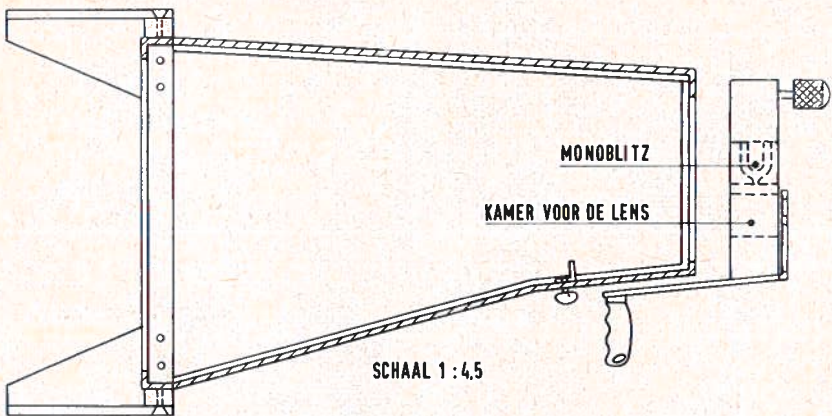
Dit apparaat, hetwelk uit drie delen bestaat, is zeer licht van gewicht en gemakkelijk te hanteren. De drie delen zijn:

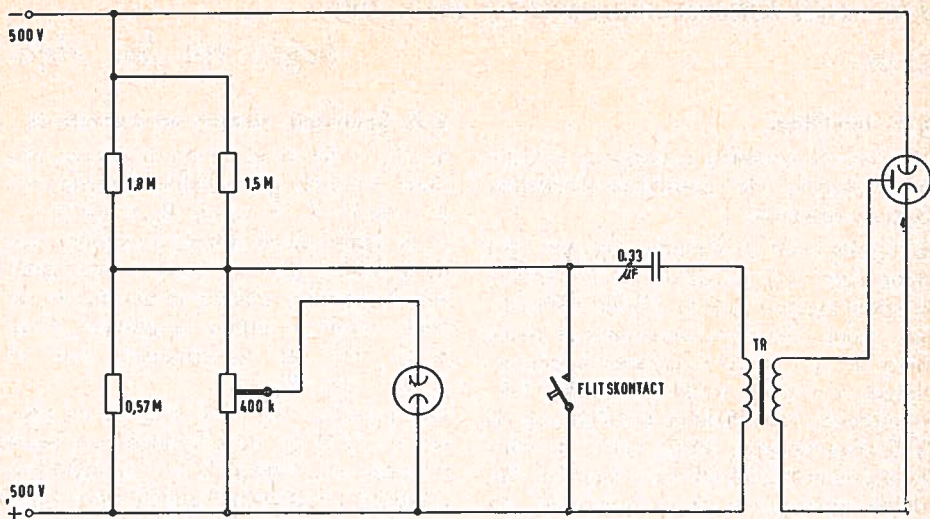
Een aluminium kast, welke aan de buitenzijde met hamelietlak is behandeld en aan de binnenzijde is bespoten met een dofzwarte laksoort.

Een elektronenflitser, welke achter in de kast is gebouwd.

Een fotocamera, die boven op de kast wordt geplaatst.

Het verwisselen van de camera geschiedt op een zeer eenvoudige manier. Door een druk van vinger en duim op twee uitstekende hefboompjes kan de camera worden verwijderd, waarbij erop gelet dient te worden, dat eerst het flitscontact moet worden ontkoppeld. De tekening van de kast laat zien, welke de plaatsen voor de elektronenflitser en de camera zijn.





De camera is van het fabrikaat Leitz, type nr. 9 III en voorzien van een x-contact. Voor op de lens staan de cijfers, welke betrekking hebben op de brandpuntsafstand en de lichtsterkte van de lens.

De elektronenflitsers bestaat uit een aantal weerstanden, een condensator, transformator, flitslamp met hulpanode en een neonbuisje. De aansluitspanning bedraagt 500 volt en wordt onttrokken aan een gelijkrichter.

Uit het schema van de elektronenflitsers is te zien, dat de condensator wordt geladen via een spanningsdeler. De elektroden van de flitslamp staan geschakeld op een spanning van 500 volt. Wordt nu het flitscontact gesloten, dan zal de condensator worden ontladen via de primaire zijde van de transformator TR. Als gevolg hiervan vindt ontsteking plaats van de flitslamp en ontstaat een felle lichtflits. De spanningsstoot aan de secundaire zijde van de trafo bedraagt ongeveer 10.000 volt. Het neonlampje is ook aangesloten op een spanningsdeler. Dit lampje geeft aan, dat het apparaat voor gebruik gereed is, terwijl tevens is te zien, dat de spanning op het apparaat is aangesloten.

Tenslotte nog iets over de film, de belichting en de instelling van de camera. De film is van het fabrikaat Gevaert (duplo orto). De gevoeligheid is 5 ASA of 9° Din. Deze waarden hebben betrekking op daglichtopnamen. De belichtingstijd van de flitsers bedraagt 0,001 sec.

De afstandsinstelling kan bereikt worden door een speciale messingring aan te brengen tussen lenshouder en camera.

In de praktijk is nog naar voren gekomen, dat door toepassing van een geelfilter BW 3 X, de duidelijkheid van de opgenomen tellerstanden belangrijk is toegenomen, terwijl de cijfers op het gehele vlak steeds een zelfde beeld vertonen.

De anti-lokaal-schakeling van het begin tot het eind.

62-053

§ 1. Inleiding.

Van enkele cursisten ontving de redactie het verzoek, de anti-lokaal-schakeling eens te verklaren.

Het zullen wel studerenden zijn, die zich door eigen inspanning de vereiste kennis trachten eigen te maken. Op de VEV-cursus voor Zwakstroommonteur, welke door de A 3- en B 3-cursisten wordt gevolgd, wordt de werking van het telefoontoestel behandeld in Deel III van de VEV-handboeken; hierin wordt de schakeling voor het lokaal-batterijsysteem duidelijk uiteengezet, ervan uitgaande, dat men een goed inzicht heeft in de werking van de verschillende onderdelen en de toegepaste begrippen.

Voor hen, die niet in het bezit zijn van genoemd leerboek en die zich ook van de theoretische begrippen nog veel moeten eigen maken, willen we trachten een eenvoudige verklaring van het moeilijke onderwerp te geven.

Daarbij beginnen we met het maken van een paar vraagstukjes.

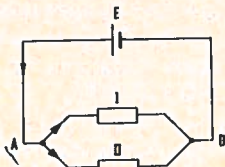


FIG.1

§ 2. Spanning, stroom en weerstand.

In fig. 1 levert een batterij stroom aan twee parallel geschakelde weerstanden $E = 60 \text{ V}$, $R_1 = 20 \Omega$, $R_2 = 30 \Omega$.

In A aangekomen, splitst de stroom zich in 2 delen; door de grootste weerstand zal de kleinste stroom gaan, m.a.w. de beide stromen zullen omgekeerd evenredig met de weerstanden zijn of $i_1 : i_2 = R_2 : R_1$.

De spanning van 60 V staat in de punten A en B op de uiteinden van beide weerstanden. Zonder de vervangingsweerstand uit te rekenen, kunnen we volgens de *Wet van Ohm* ($I = E : R$) dus uitrekenen: $i_1 = 60 : 20 = 3 \text{ A}$ en $i_2 = 60 : 30 = 2 \text{ A}$. De batterij levert een stroom van $3 + 2 = 5 \text{ A}$. Hieruit volgt dat de uitwendige weerstand gelijk is aan $60 : 5 = 12 \Omega$.

Dit is ook de *vervangingsweerstand* van de beide parallel geschakelde takken, welke we als volgt hadden kunnen berekenen:

$$\frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{20} + \frac{1}{30} = \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{5}{60}$$

$$R_v = \frac{60}{5} = 12 \Omega.$$

In dit voorbeeld zijn we ervan uitgegaan dat de batterij geen *inwendige weerstand* heeft. Was dit wel het geval geweest, dan zou de spanning tussen de klemmen

Aangezien met een gevaarlijke spanning wordt gewerkt zijn alle stroomvoerende delen zeer goed geïsoleerd ten opzichte van het massief, terwijl het gevaarlijk kan zijn, reparaties te verrichten wanneer men niet overtuigd is, dat de condensatoren zijn ontladen.

Een volgende maal iets over het projecteren van de verkregen tellerstanden en de verbetering, welke is aangebracht in de projectiecamera type Leitz Prado.

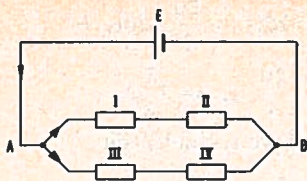


FIG. 2

A en B lager dan 60 V zijn en zouden i_1 en i_2 ook kleiner zijn.

In fig. 2 is een gelijksoortig vraagstuk getekend; het verschil is slechts, dat in beide takken nu 2 weerstanden in serie zijn ingeschakeld. Wanneer $R_1 + R_2 = 20 \Omega$ en $R_3 + R_4 = 30 \Omega$, dan zijn de stromen gelijk aan die in voorbeeld 1.

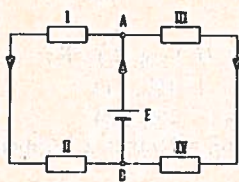


FIG. 3

In fig. 3 is precies hetzelfde schema op enigszins andere wijze getekend; in deze vorm komen we het later tegen bij de anti-lokaal-schakeling. Realiseer u dus goed, dat het niets anders is dan een spanningsbron, welke stroom levert door 2 parallelle takken. Het gaat dan om de stromen in de weerstanden I en III. Deze kunnen — afhankelijk van de weerstanden — gelijk of ongelijk zijn; wel is het een feit, dat de stroom in I naar links en in III naar rechts loopt.

§ 3. De Wetten van Kirchhoff.

Fig. 4 is een principieel geheel ander schema. Hier leveren 2 batterijen stroom aan 3 takken. Voor het uitrekenen van de stromen moeten we gebruik maken van de *Wetten van Kirchhoff*, waarbij dan zal blijken, dat — afhankelijk van de weerstanden — de stroom in II gelijk 0 kan

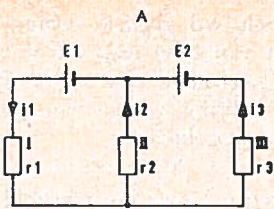


FIG. 4

zijn, òf naar boven, òf naar beneden kan lopen.

Zonder berekening is niet te zeggen wat het resultaat zal zijn. Om deze te kunnen uitvoeren is het nodig voor i_2 een stroomrichting aan te nemen; we tekenen deze van beneden naar boven. Zouden we uit de berekening voor i_2 een negatieve waarde vinden, dan loopt de stroom andersom, dus naar beneden.

In de volgende 3 voorbeelden is de spanning van de twee batterijen steeds dezelfde, nl. $E_1 = 40 \text{ V}$ en $E_2 = 20 \text{ V}$; ook houden we de weerstanden I en II gelijk; nl. elk 20Ω .

De 3 onbekenden — welke we moeten uitrekenen — zijn i_1 , i_2 en i_3 .

Met behulp van de Algebra kunnen we dit doen, indien we 3 vergelijkingen kunnen vinden.

De 1e Wet van Kirchhoff luidt:

In een splitsingspunt is de som van de aanvoerende stromen gelijk aan de som van de afgaande stromen.

Voor punt A geldt dus: $i_1 = i_2 + i_3$.

Dit kan de eerste vergelijking zijn. Om evenwel tot 2 vergelijkingen te kunnen komen, drukken we i_1 steeds uit in $i_2 + i_3$.

De 2e Wet van Kirchhoff luidt:

In een gesloten stroomketen is de (algebraïsche) som van alle spanningen gelijk aan de (algebraïsche) som van de producten van stromen en weerstanden.

Dit lijkt veel op de Wet van Ohm: $E = I \times R$, doch dan in het meervoud gelezen.

Algebraïsch wil zeggen: wanneer twee batterijen van bijv. resp. 40 V en 20 V in serie geschakeld zijn en dus beide in dezelfde richting werken dan is de algebraïsche som gelijk aan:

$$(+ 40) + (+ 20) = 40 + 20 = 60 \text{ V.}$$

Zijn ze tegen elkaar ingeschakeld, dan is de algebraïsche som:

$$(+ 40) + (- 20) = 40 - 20 = 20 \text{ V.}$$

Bij het beschouwen van een stroomketen neemt men de stroomrichting van de grootste batterij meestal +; de stromen in de andere richting worden dan negatief (—) in rekening gebracht. Dit betekent, dat we de 2 vergelijkingen vinden door eerst de linker helft van het schema te beschouwen en daarna de rechter helft. We mogen dan aan de hand van fig. 4 opschrijven:

$$E_1 = i_1 r_1 + i_2 r_2 \text{ en } E_2 = i_3 r_3 - i_2 r_2.$$

Voorbeeld I (fig. 5) : $R_3 = 20 \Omega$.

$$40 = 20 i_1 + 20 i_2 = 20 i_2 + 20 i_3 + 20 i_2$$

$$40 = 40 i_2 + 20 i_3 \quad (1)$$

$$\text{of } 40 = 20 i_3 + 40 i_2 \quad (1)$$

$$20 = 20 i_3 - 20 i_2 \quad (2)$$

Als we de overeenkomstige leden van deze twee vergelijkingen van elkaar aftrekken — volgens een eigenschap van de wiskunde mogen we dit doen — dan

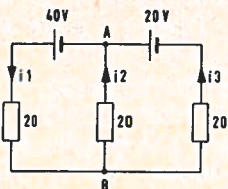


FIG. 5

valt i_3 er uit en vinden we: $20 = 60 i_2$

$$\text{of } i_2 = \frac{1}{3} \text{ A.}$$

Vullen we deze waarde in in vergelijking (2) dan vinden we:

$$20 = 20 i_3 - \frac{20}{3}. \quad 20 i_3 =$$

$$20 + \frac{20}{3}. \quad i_3 = 1 \frac{1}{3} \text{ A.}$$

Waarna we i_1 vinden uit:

$$i_1 = 1 \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1 \frac{2}{3} \text{ A.}$$

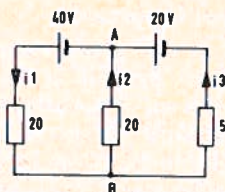


FIG. 6

Voorbeeld II (fig. 6) : $R_3 = 5 \Omega$.

$$40 = 20 i_3 + 40 i_2 \quad (1)$$

$$20 = 5 i_3 - 20 i_2 \quad (2)$$

vergelijking (2) met 2 vermenigvuldigd geeft:

$$40 = 10 i_3 - 40 i_2 \quad (2)$$

$$40 = 20 i_3 + 40 i_2 \quad (1)$$

$$\hline 80 = 30 i_3$$

$$i_3 = 80 : 30 = \frac{8}{3} \text{ A} = 2 \frac{2}{3} \text{ A.}$$

Dit verwerkt in vergelijking (1) geeft:

$$40 = 40 \frac{40}{3} + 40 i_2$$

$$40 i_2 = 40 - 40 \frac{40}{3} = -\frac{40}{3}.$$

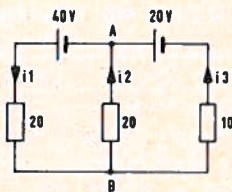


FIG. 7

$$i_2 = -\frac{1}{3}A.$$

Omdat we hier een negatieve uitkomst vinden, loopt de stroom i_2 in werkelijkheid dus naar beneden.

i_1 is dan in dit geval $i_3 - i_2 =$

$$2\frac{2}{3} - \frac{1}{3} = 2\frac{1}{3}A.$$

Voorbeeld III (fig. 7) : $R_3 = 10 \Omega$.

$$40 = 20i_3 + 40i_2 \quad (1)$$

$$20 = 10i_3 - 20i_2 \quad (2)$$

Vergelijking (2) met 2 vermenigvuldigd geeft:

$$40 = 20i_3 - 40i_2 \quad (2)$$

$$40 = 20i_3 + 40i_2 \quad (1)$$

$$\hline 80 = 40i_3$$

$$80 = 40i_3$$

$$i_3 = 80 : 40 = 2 A.$$

Dit ingevuld in vergelijking (1) geeft:

$$40 = 40 + 40i_2 \text{ of } 40i_2 = 40 - 40 = 0$$

$$i_2 = 0 A$$

i_1 vinden we uit:

$$i_1 = i_2 + i_3 = 0 + 2 = 2 A.$$

Uit deze voorbeelden zien we, dat het bij een schakeling als in fig. 4 mogelijk is — door juiste keuze van de 3 weerstan-

den — de middelste tak stroomloos te krijgen.

Wanneer we nu ook nog weten, dat we in de schakelingen volgens fig. 3 en 4 de gelijkstroombatterij kunnen vervangen door een wisselstroombron en speciaal één welke spreekstroompjes levert, dan zijn we al een eind in de richting van de anti-lokaal-schakeling. Wanneer in fig. 4 de weerstand II wordt gevormd door de telefoon, dan loopt hierin volgens rekenvoorbeeld III geen stroom, zodat geen geluid hoorbaar is.

§ 4. De anti-lokaal-schakeling in principe.

Teneinde u de vergelijking gemakkelijk te maken, hebben we in fig. 8 het spreekwerkings-schema getekend van het telefoontoestel volgens het centraal-batterij-systeem, dat gelijk is aan het schema in fig. 3; zo is in fig. 9 het lokaal-batterij-principe getekend, dat met fig. 4 is te vergelijken.

Voor de vragenstellers wellicht niet eenvoudig om in fig 9 de transformatorwikkeling als de spanningsbronnen E_1 en E_2 te zien, doch hierop komen we in een volgend nummer terug.

(wordt vervolgd).

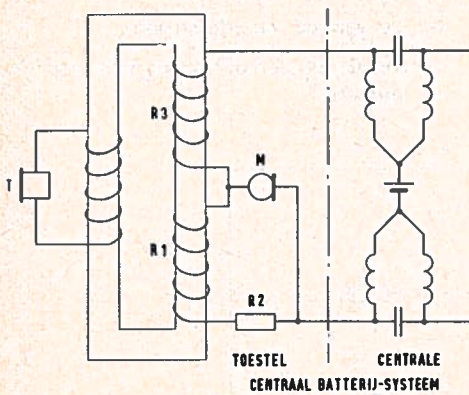


FIG. 8 = FIG. 3

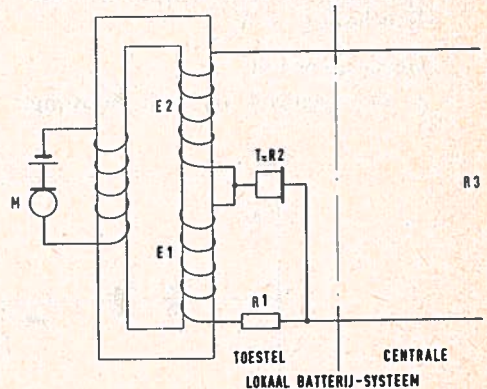
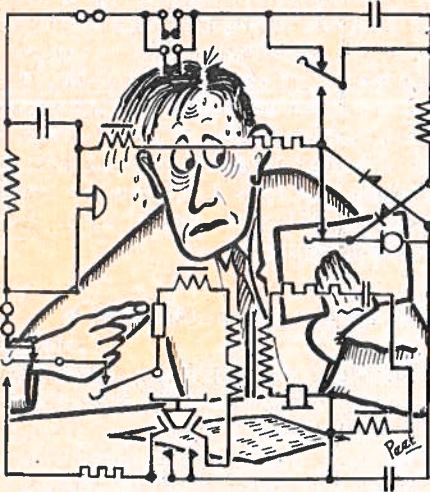


FIG. 9 = FIG. 4

Examenvragen

62-054



1. Er is 200 kgm arbeid nodig om een balk met een gewicht van 25 kg op te tillen.
Hoe hoog is deze balk in dit geval opgetild?
2. Een gelijkstroommotor heeft een inwendige weerstand $R_i = 0,6 \Omega$. Deze motor, die is aangesloten op een spanning van 60 V, verbruikt bij volle belasting 30 A.
Gevraagd wordt:
 - a. de tegen-emk bij volle belasting;

b. wat is de waarde van de stroom, als het anker wordt tegengehouden?

3. Aan de hand van onderstaande schakeling wordt gevraagd de waarde van R_2 te bepalen met gebruik van de volgende gegevens:

$$E = 200 \text{ V}$$

$$R_1 = 180 \Omega$$

$$r = 0,1 \Omega$$

$$i = 95 \text{ A}$$

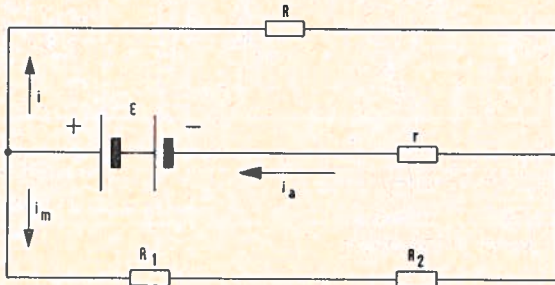
$$i_m = 5 \text{ A}$$

4. Door een weerstand van 10Ω gaat een stroom van 5 A.
Er wordt gevraagd het vermogen te berekenen dat in die weerstand wordt omgezet.
5. Een spoel heeft een ohmse weerstand van 6Ω , terwijl de inductieve weerstand 8Ω bedraagt.

Deze spoel sluit men aan op een wisselspanning van 40 V en 50 Hz.

Gevraagd wordt:

- a. schijnbare weerstand,
- b. de waarde van de stroom,
- c. $\cos \Phi$ en de coëfficiënt van zelf-inductie.



(Vervolg van blz. 172)

Begin 54e impuls.

Hierbij wordt evenals bij de voorgaande impuls relais A bekrachtigd. Is relais A kortgesloten dan komt relais AH op; relais B wordt opnieuw bekrachtigd. Het circuit van relais V (aarde — p² — s^{III} — V1-5 — spanning) wordt door p² 500 msec onderbroken en aangezien de afvaltijd van V maximaal 250 msec is, valt relais V af. Door het afvallen van relais V wordt door v^{II1} de stroomloop van relais A onderbroken. Relais A valt af en daardoor ook relais AH a^{III1} door ah¹ wordt wel is waar het circuit voor relais B verbroken, doch B blijft nog enige tijd op (afvalvertraging).

Zodra relais V is afgevallen, terwijl relais B nog op is, is een stroomweg gesloten voor relais C (aarde — v^{IV} — b^{III} — m^{III} — C1-5 — spanning).

Einde 54e impuls.

Wordt de impuls beëindigd dan wordt relais V weer bekrachtigd over aarde — p² — s^{III} — V1-5 — spanning. Komt relais V op dan zou het circuit voor relais C weer worden verbroken, doch de aarde, welke via v^{IV} werd gegeven

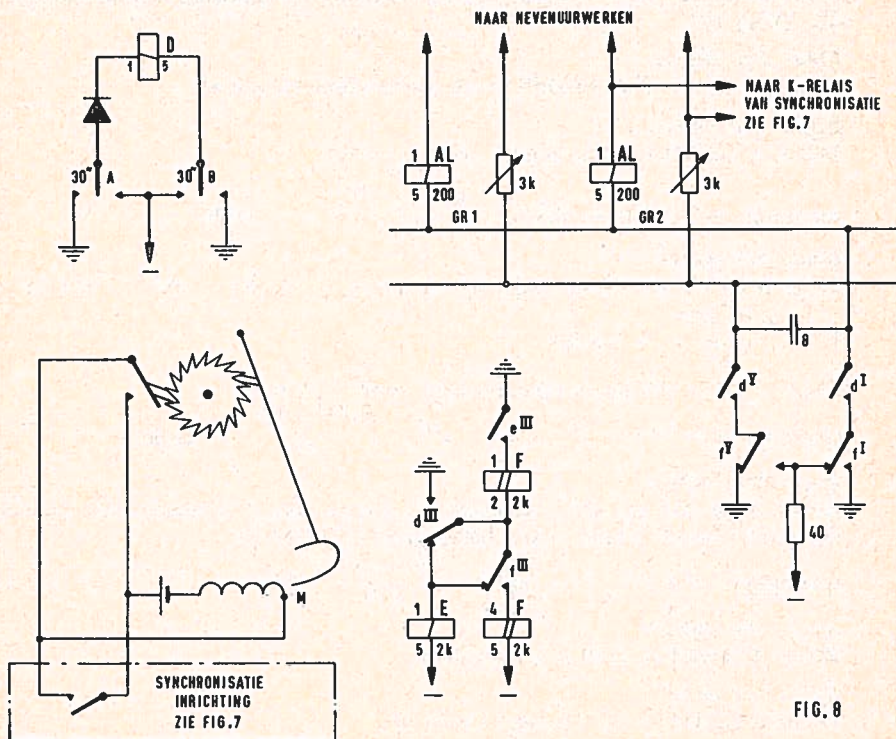


FIG. 8

wordt overgenomen door contact c^1 via 2^{III} naar aarde. v^{II^2} bekrachtigt relais H (aarde — c^V — v^{II^2} — H1-3 — spanning).

Begin 55e impuls.

Relais A komt weer op. a^{III^1} brengt relais AH op, terwijl het nog niet afgeval- len relais door ah^1 opnieuw wordt bekrachtigd. ah^{III} sluit een circuit voor relais 1

$$(\text{spanning} - 1(1-5) - ah^{III^2} - \frac{v^{IV} - c^{III}}{5^{III}} - \text{aarde}).$$

Einde 55e impuls.

Relais A valt af, relais AH valt af, (relais V en B blijven op). Door het afval- len van relais AH wordt door ah^{III} de kortsluiting van het relais 2 weggenomen

$$(\text{spanning} - 1(1-5) - ah^{III} - 2(1-2) - 1^1 - \frac{v^{IV} - c^{III^1}}{5^{III}} - \text{aarde}).$$

Begin 56e impuls.

Relais A en AH op. ah^1 onderbreekt het circuit voor 1. De wikkeling 2(1-2) wordt stroomloos door het openen van 1^1 , doch door 2^1 is wikkeling 2(4-5) bekrachtigd, zodat 2 opblijft. Is 1 afgefallen dan wordt 3 bekrachtigd over

$$\text{spanning} - 3(1-5) - 4^{III} - 2^V - 1^{III} - \frac{c^{III^1} - v^{IV}}{5^{III}} - \text{aarde}.$$

Door het sluiten van 3^{II} wordt 3(1-5) onafhankelijk gemaakt van de contacten 4^{II} , 2^V en 1^{III} .

Einde 56e impuls.

Relais A en AH af. Door ah^{III} wordt 2 stroomloos en valt af.

Begin 57e impuls.

Relais A en AH op. Nu komt 1 weer op over:

$$\text{spanning} - 1(1-5) - ah^{III} - \frac{v^{IV} - c^{III^1}}{5^{III}} - \text{aarde}.$$

Einde 57e impuls:

Relais A en AH af. 2 komt weer op (spanning — 1(1-5) — ah^{III} — 2(1-2) — 1^1 — $\frac{v^{IV} - c^{III^1}}{5^{III}}$ — aarde).

Zodra 2 zijn contacten heeft omgelegd komt 4 op over:

$$\text{spanning} - 4(1-5) - 3^{IV} - 2^1 - 1^{III} - \frac{v^{IV} - c^{III^1}}{5^{III}} - \text{aarde}.$$

Begin 58e impuls.

Relais A en AH op. ah^{III} verbreekt het circuit voor 1, alsmede voor 2(1-2), doordat 1^1 opent. 2 blijft echter bekrachtigd over 2(4-5):

$$\text{spanning} - 2(4-5) - 2^1 - ah^{III} - \frac{v^{IV} - c^{III^1}}{5^{III}} - \text{aarde}.$$

Einde 58e impuls.

Relais A en AH af. ah^{III} laat 1 afvallen.

Begin 59e impuls.

Relais A en AH op. ah^{III} brengt 1 weer op:

spanning — 1(1-5) — ah^{III} — $\frac{v^{IV}-c^{III}}{5^{III}}$ — aarde. Zodra 1 op is wordt het circuit van 3 door 1^I verbroken. 3 valt af.

Einde 59e impuls.

Relais A en AH af. ah^{III} brengt 2 weer op over:

spanning — 1(1-5) — ah^{III} — 2(1-2) 1^I $\frac{v^{IV}-c^{III}}{5^{III}}$ — aarde.

Begin 60e impuls.

Relais A en AH op. ah^{III} verbreekt het circuit voor 2(1-2), (2 blijft op over 2(4-5)) en het circuit voor 1(1-5). 1 valt af.

Tegelijkertijd komt de minuutimpuls van de moederklok. Deze bekrachtigt relais K (aarde (in moederklok) — K 1-5 — spanning (in moederklok).

Controle op de juiste tijd invallen van de minuutimpuls.

Door het opkomen van K wordt door k^{III} relais C tot afvallen gebracht (relais 2, 4 en V zijn nog op).

Einde 60 impuls. (1 minuut).

Relais A en AH af. ah^{III} verbreekt het circuit voor 2(4-5) en ah^{III} verbreekt dit voor 4. 4^{III} maakt 5(1-2) stroomloos, doch 5 blijft gehouden over: spanning — 5(4-5). — 5(4-5) — 1^V — 5^{III} — aarde.

Er is nu één minuut verstreken. Bij de volgende impuls (de eerste seconde van de tweede minuut) herhaalt zich gedurende de 60 impulsen hetzelfde als hiervoor is aangegeven, mits de minuutimpuls van de moederklok op het juiste moment invalt.

Dit houdt in, dat de moederklok van tijd tot tijd op de juiste tijd gezet moet worden. Om dit nu te voorkomen en de moederklok in ieder geval synchroon te laten lopen met de tijdimpulsen, welke de synchronisatie-inrichting bestuurt, is aan het contact, dat door de slinger gemaakt wordt parallel het a^{III} contact van de synchronisatie-inrichting geschakeld. Op deze wijze is de moederklok in feite niet meer afhankelijk van het sluiten van de stroomkring voor de spoel door het mechanisch contact, dat bij elke slingering door de slinger wordt gemaakt. Op de in figuur 8 aangegeven schakeling is *alleen* weergegeven, datgene wat voor de overdracht van de minuutimpulsen van belang is.

De werking is als volgt.

De contacten A en B worden per 30'' omgelegd. Sluiten de contacten naar links dan zal relais D worden bekrachtigd. d^{III} legt om en sluit de stroomkring voor E1-2. De contacten d^I en d^{IV} geven een gepolariseerde impuls door naar de nevenuurwerken. Is de impuls van de moederklok ten einde dan valt relais D af. d^I en d^{IV} openen de lus van nevenuurwerken; d^{III} komt weer in de ruststand. Door het omleggen van d^{III} wordt de kortsluiting van relais F 1-2 weggenomen. Relais F komt op en geeft zich via f^{II} een houdcircuit over: aarde — e^{III} — F 1-2 — f^{III} — F 4-5 — spanning. Het relais E was door het omleggen van d^{IV} niet afgevallen, omdat f^{III} nog gesloten was en niet eerder opent of relais D moet zijn afgevallen; d^{III} gesloten. De contacten f^I en f^V zijn omgelegd en de polariteit wordt hierdoor gewisseld. Na 30'' worden de contacten A en B naar rechts omgelegd, doch dit heeft voor relais D geen invloed, aangezien in serie met relais D een keercel is geschakeld en geen stroom kan voeren. Na weer 30'' gaan de contacten naar links, relais D wordt bekrachtigd.

dI en dV geven de impuls door. d^{III} legt om en verbreekt daardoor het circuit voor relais E dat afvalt. e^{III} opent waardoor F 1-2 en F 4-5 stroomloos worden. De contacten f^I en f^V schakelen weer terug naar de getekende stand.

De polariteit wordt hierdoor weer gewisseld, enz. Uit het schema is ook te lezen, dat de impuls mede door wordt gegeven aan de synchronisatie-inrichting. Gebeurt dit niet, dan wordt dit door een alarm kenbaar gemaakt.

De vergelijking van de seconde- en de minuutimpuls heeft plaats, zoals reeds is vermeld bij de 60e minuut. De minuutimpuls mag niet *eerder* invallen dan wanneer aan het einde van de 59e impuls het relais AH is afgevallen en het relais 2 is opgebracht en niet *later*, dan na afloop van de 60e impuls voordat AH is afgevallen.

Er kunnen zich twee gevallen voordoen nl.:

1. de impuls komt te vroeg;
2. de impuls komt te laat.

1. *De impuls komt te vroeg.*

Bij deze situatie is de stand van de relais:

A, AH, B, V en 3 zijn op.

Er zijn nog wel andere situaties mogelijk. In ieder geval moet het zo zijn, dat door het bekrachtigd worden van het K relais het relais C, door het openen van k^{III}, tot afvallen wordt gebracht, waardoor het alarm wordt ingeleid.

De minuutimpuls wordt hier gegeven voordat 2, door het afvallen van AH, is bekrachtigd; k^{III} opent het circuit van relais C. Relais C wordt niet stroomloos, omdat het contact 2^{III} in de stroomkring van relais C nog gesloten is. Relais C blijft dus op. Is de *seconde-impuls* ten einde dan valt AH af en brengt 2 op, omdat de kortsluiting door ah^{I1} voor 2 wordt opgeheven. De minuutimpuls is nu ook ten einde. Relais K valt af.

De 60e impuls wordt ingezet.

Relais A wordt bekrachtigd; a^{III1} bekrachtigt relais AH. ah^{I1} bekrachtigt opnieuw relais B, dat nog niet was afgevallen, en verbreekt met ah^{III} de stroomloop voor 1. Relais 2 blijft over de wikkeling 4-5 gehouden via ah^{III}. (Spanning — 2(4-5) — 2^I — ah^{III} — 4^I — ah^{III} — aarde).

Zodra 1 is afgevallen komt 4 op over: spanning — 4(1-2) — 3^{IV} — 4^{III} — 2^V — 1^{III} — v^{IV} — c^{III1} — aarde.

Door 5^{III} wordt de wikkeling 5(4-5) ingeschakeld.

Na het einde van ie impuls valt relais A af: AH valt af doordat a^{III1} omlegt. Is relais AH afgevallen dan wordt relais M bekrachtigd over: spanning — M(1-2) — 4^I — 3^{II} — 2^V — 1^{III} — v^V — c^{III1} — aarde. Relais M geeft zich een houdcircuit over: spanning — M(4-5) — m^I — UT — aarde. Het opkomen van relais M heeft tot gevolg dat relais C stroomloos wordt; m^{III} opent. Relais C valt af, c^{III1} verbreekt de stroomkring van relais 4 en door het openen van v^{II2} wordt relais H stroomloos. Door relais M wordt het alarm ingeschakeld nl. door m^{I2} lamp AL van de synchronisatie-inrichting, door m^{V1} en m^{V1} resp. rode lamp in de centrale en de onderbroken bel.

2. *De impuls komt te laat.*

Komt de minuutimpuls te laat, dat wil zeggen wanneer relais 2 is afgevallen,

dus na het einde van de 60e impuls, dan wordt relais M bekrachtigd over:

spanning — M(1-2) — 4^I — 3^{II} — 2^V — 1^{III} — v^{IV} — c^{III1} — aarde. m^{III}

 verbreekt het circuit voor relais C, dat afvalt en met c^{III} de stroomloop voor 4 en met c^V de stroomloop voor relais H verbreekt. Door het opkomen van

 relais M wordt het alarm weer ingeschakeld, zoals reeds is aangegeven.

Geen impulsen van DNL.

Ontbreken de seconde-impulsen van het DNL, dan wordt eveneens alarm ge-

 geven; niet direct, maar via de 5' vertragungsschakelaar. Komt de impuls niet

 door, dan blijft relais V constant bekrachtigd, terwijl relais B vertraagd afvalt.

 Is relais B afgefallen, dan wordt door b^{II} en b^{IV} aarde gegeven aan de AL relais.

 Sluit het —5' contact, dan komt het relais AL-1(1-2) op en geeft zich een

 houdcircuit via relais AL 1(4-5) via a^{1II} en bereidt met a^{1IV} het circuit

 voor het relais AL 2(1-2). Sluit het +5' contact, dan wordt AL 2(1-2) be-

 krachtigd en met a^{2I1} wordt een houdcircuit via relais AL 2(4-5) inge-

 schakeld. De alarmlamp van de synchronisatie-inrichting gloeit, alsmede de

 signaallamp in de centrale en de bel resp. door a^{12IV2} , a^{12II2} en a^{12IV1} .

 Komen de seconde-impulsen weer door, dan vallen de alarmrelais weer af zodra

 relais AH is opgekomen en het B relais is bekrachtigd; b^{IV} verbreekt de aarde

 van het alarmcircuit. De normale toestand is dan weer bereikt met dien ver-

 stonde, dat gecontroleerd dient te worden of de moederklok op *eigen kracht*

 op tijd is blijven lopen. Zou door een of andere oorzaak het polaire-relais aan-

 getrokken blijven, dan valt na enige tijd het relais V af; relais V laat relais A

 afvallen door v^{II1} . Door het afvallen van relais A wordt relais AH stroomloos

 (onderbroken door a^{III1}). Zodra relais V is afgefallen wordt door v^{IV} relais C

 opgebracht. Relais B wordt stroomloos door a^{I1} . Is relais B afgefallen dan

 valt ook relais C af door b^{II} , terwijl b^{IV} het alarmcircuit inleidt.

Afhankelijk van het type moederklok wordt door de synchronisatie-inrichting

 een impuls gegeven aan de moederklok via een synchronisatiespoel (1-2 3.8K),

 welke is ingebouwd bij slingeruurwerken of door het a^{III2} contact aan een

 moederklok met een zgn. relaisslinger (Brillie-klok).

Besproken zal worden, hoe een en ander verloopt bij een Brillieklok (relais-

 slinger). Deze klok bezit een slinger van 0,25 m en heeft een slingering van

 een 1/2 seconde. Aan de slinger is een pal verbonden die een palrad drijft; zie

 figuur 8. Op de as van het palrad is een rad aangebracht waarop het raderwerk

 voor de uur- en de minutenwijzer is bevestigd. Deze uurwerken worden geheel

 elektrisch gedreven, zodat aan deze klokken geen gewichten of spanveren wor-

 den aangetroffen. Onder aan de slinger is een gewicht bevestigd. Door de massa

 van het gewicht kan de zeer geringe weerstand, die bij iedere beweging van

 het palrad op de pal wordt uitgeoefend, worden verwaarloosd. De lengte van de

 slinger kan zonder moeite geregeld worden door het verplaatsen van het ge-

 wicht. Om de regelmatigheid van de gang van de slinger tot minstens één

 seconde per dag nauwkeurig te verkrijgen, is het nodig de regelmatigheid van

 de amplitude te houden op een vast ingestelde waarde. Dit vraagstuk is opge-

 lost door een automatische regeling van de amplitude en wel door toepassing

 van een speciale elektrische inrichting. Deze elektrische inrichting, die de basis

 vormt van het uurwerk, heeft ten doel de amplitude automatisch tot die gemid-

Stroomvoorziening voor versterkerstations

62-056

door J. Berendes en D. H. van Eck

(Vervolg van blz. 210).

f. *Verschillen in de uitvoering van de installaties:*

Tot dusver is alleen gesproken over installaties met anodeomzetters 30 A en gloeistroomomzetters 20 kVa.

In de grote bewaakte versterkerstations komen echter ook installaties met anodeomzetters 100 A (max. 3) en gloeistroomomzetter 43 kVA (max. 2) voor.

Het werkingsschema van laatstgenoemde installaties wijkt enigszins af van de besproken installatie, te weten de shuntregelaar van de anodeomzetter, zie fig. 12.

Valt de netspanning weg, dan blijft de anodeomzetter gedurende 100 sec. op de batterijspanning draaien, zoals reeds eerder is besproken.

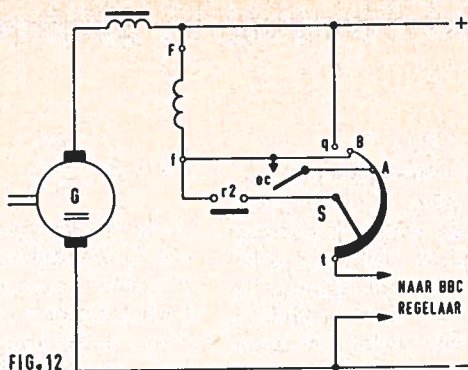
Het toerental van de als motor lopende dynamo is echter lager dan het toerental van de omzetter in normaal bedrijf (1450 t/m). Keert de netspanning binnen 100 sec. terug, dan moet de aandrijfmotor plotseling weer het normale

(Vervolg van blz. 237).

delde waarde terug te brengen waarvoor de slinger is vastgesteld, indien door toevallige omstandigheden de amplitude verkleind of vergroot wordt.

Om dit te bereiken is aan de onderkant van de slinger een permanente magneet aangebracht, die zich gelijk met de beweging van de slinger in een spoel (solenoïde) beweegt. Het contact, dat door de slinger bij iedere slingering gemaakt wordt, sluit een stroomkring voor de spoel. Als stroombron is hier een element aanwezig waaraan de voorwaarde gesteld dient te worden, dat de spanning lange tijd constant blijft. Beweegt de magneet zich door de spoel dan zal in de spoel een elektromagnetische kracht worden opgewekt. Het element is nu zo geschakeld, dat op het ogenblik van contactmaken een stroom ontstaat die tegengesteld is gericht aan de stroom die door de beweging van de magneet in de spoel ontstaat. Het geheel is nu zo gedementioneerd, dat deze beide stromen nagenoeg gelijk zijn. Onder normale omstandigheden zal de amplitude zich automatisch zo regelen, dat de tegen-emk een weinig lager is dan de spanning van het element. Het element zal dus een zwakke stroom leveren van $\approx 0,1$ tot $0,2$ mA. Dit is voldoende om de slinger in beweging te houden. Wordt de amplitude kleiner, dan neemt ook de snelheid van de heen en weergaande magneet af, waardoor de tegen-emk in de spoel afneemt.

Het gevolg hiervan is, dat het element meer stroom gaat leveren en dientengevolge de amplitude weer op de normale grootte wordt teruggebracht. De tegen-emk kan zelfs groter worden dan de spanning van het element, waardoor de stroom in de spoel omkeert en de spoel als rem gaat werken. Door toepassing van deze voorziening is de nauwkeurigheid van $\approx 1/2$ seconde per dag bereikt.



toerental gaan draaien. Dit kan met een grote stroomstoot gepaard gaan, afhankelijk van het moment van terugkeren (in de sinuskromme) van de netspanning. Bovendien krijgt de koppeling tussen de aandrijfmachine en de dynamo een grote mechanische stoot te verwerken.

Bij de anodeomzetters van 30 A is de stoot niet zo groot dat dit schadelijk is. Deze machines zijn door hun kleinere massa weer sneller op toeren.

Bij de 100 A omzetters, welke een veel grotere massa hebben, geeft het echter wel moeilijkheden. De wisselstroomveiligheden van de aandrijfmachine kunnen defect raken en de koppeling kan beschadigd worden.

De contacten r_1 en r_2 van het R relais schakelen daarom, bij het wegvallen van de netspanning, een vaste weerstand van de shuntregelaar in het veld van de dynamo. Het toerental blijft hierdoor, in noodbedrijf, in de buurt van het normale toerental. De stoot bij het terugkomen van de netspanning is nu bedeutend lager.

In de shuntregelaars van de anodeomzetters 30 A is de schakeling wel aangebracht, doch zijn de contacten overbrugd. Bovendien zijn niet de contacten r_1 en r_2 van het R relais gebruikt, maar de contacten c_2 en c_4 van het C relais. Ook de plaats in de schakeling van het R relais is bij de installaties met 100 A anodeomzetters anders dan bij de 30 A installaties.

Is het R relais bij laatstgenoemde installatie parallel geschakeld aan het C relais, bij de 100 A omzetters is het R relais aangesloten op de voedingsspanning van de omzetters.

Deze wijzigingen zijn om de volgende reden uitgevoerd:

Oorspronkelijk was het R relais in de 100 A installaties overeenkomstig uitgevoerd als in de 30 A installaties. Dit leidde echter tot de volgende moeilijkheden:

Bij het beproeven van de gloeistroomomzetter of bij het wegvallen van de gloeistroomvoeding (dus niet de voeding voor de omzetters, deze blijft aanwezig) vallen de relais C en R af. Door het verbreken van de contacten c_2 en c_4 , opgenomen in de schakeling van de shuntregelaar, krijgt deze regelaar een grotere weerstand. De spanning van de dynamo daalt en wel zoveel, dat deze in plaats van stroom te leveren, een grote stroom uit de batterij gaat opnemen, terwijl het R relais de terugstroomautomaat onwerkzaam heeft gemaakt. Het

De kabeldemping bij gelijkspanning.

62-057

door D. J. Dekker.

(Vervolg van blz. 220)

b. De demping bij wisselspanning.

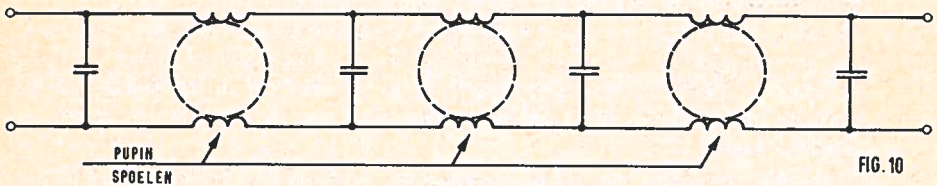
Om na te kunnen gaan, of de proefondervindelijk bepaalde demping overeenkomt met de demping, welke het geleiderpaar krachtens zijn samenstelling behoort te hebben, moet men beschikken over een formule met behulp waarvan men de te verwachten demping kan berekenen, indien de kabelparameters van het onderhavige geleiderpaar bekend zijn. Het afleiden van een dergelijke formule vergt vrij veel wiskundige kennis en schaadt bovendien de rechtlijnigheid van ons betoog. We volstaan daarom met het vermelden van enkele formules die in de praktijk goed bruikbaar zijn.

Ten eerste kennen we de formule:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}},$$

welke de demping in neper voorstelt van een kabeladerpaar met een goede isolatieweerstand bij relatief lage frequenties. Laatstgenoemde voorwaarde houdt in, dat zowel de invloed van de kabelparameter L als de diëlektrische verliezen verwaarloosd kunnen worden. Deze formule geldt o.a. voor lokale kabels. Kennelijk neemt de demping toe met de wortel uit de frequentie. Dit betekent, dat de demping voor hoge spreekfrequenties hinderlijk groot wordt, als er grote afstanden overbrugd moeten worden.

Er worden daarom speciale maatregelen getroffen om van „laagfrequent” kabels,



(vervolg van blz. 239)

gevolg hiervan is, dat de gelijkstroomveiligheden van de omzetter defect raken. Om dit te voorkomen is het R relais aangesloten op de voeding van de anodeomzetter en is de functie van de contacten r 1 en r 2 van dit relais, verwisseld met die van de contacten c 2 en c 4 van het C relais.

Het e.c. contact in de shuntregelaar dient om bij een uitgeputte batterij de lage spanning van 180 V te kunnen halen.

Dit e.c. contact is namelijk bij normaal gebruik gesloten.

Bevindt de looper van de regelaar zich echter tussen de punten A en B van de shuntweerstand, dan is het contact geopend en wordt nog enige extra weerstand aan de shuntweerstand toegevoegd.

Bij de 100 A anodeomzetter is in serie met het anker een smoorspoel met een zelfinductie van 8 mH bij 100 A opgenomen. De rimpelspanning op de batterij veroorzaakt door de commutator wordt hierdoor beperkt.

welke grote afstanden moeten overbruggen (interlocale kabels), de demping te verkleinen. Deze maatregelen bestaan uit het pupiniseren van de kabeladerparen. De karakteristieke impedantie van een aderpaar wordt hierbij vergroot, door in de ader op niet al te grote afstanden van elkaar (1500 m of 3000 m) zogenaamde pupinspoelen op te nemen. De pupinspoelen welke tegenwoordig door onze Dienst toegepast worden, hebben een zelfinductiecoëfficiënt van 65 mH (onderlinge afstand 1500 m). Hiermee vergeleken is de kabelparameter L (0,8 mH/km) slechts klein. Een gepupiniseerd aderpaar kan dus worden beschouwd als een laagdoorlatend filter, waarvan de condensatoren gevormd worden door de stukken aderpaar ter lengte van 1500 m of 3000 m en de spoelen door de pupinspoelen (zie figuur 10).

Met behulp van de vierpooltheorie kan aangetoond worden, dat voor de karakteristieke impedantie van een gepupiniseerd aderpaar geldt:

$$Z_{\text{kar. pup.}} = F \times Z_{\text{kar.}},$$

$$\text{waarin } Z_{\text{kar.}} = \sqrt{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}} \text{ de}$$

karakteristieke impedantie is van het aderpaar vóór het pupiniseren en F de factor is, waarmee de karakteristieke impedantie door het pupiniseren wordt vergroot. In het algemeen is F de frequentieafhankelijkheid en groter dan 1, doch voor de frequentie nul is $F = 1$.

Vergroting van $Z_{\text{kar.}}$ betekent, dat bij gelijkblijvend toegevoerd vermogen de door het aderpaar opgenomen stroom verkleind wordt. Daardoor worden de verliezen ($I^2 R$) als gevolg van de energie-dissipatie in de kabelparameter R kleiner, hetgeen tot uiting komt in een geringere demping. In het frequentiegebied van 300 Hz tot 3400 Hz geldt bij benadering voor de demping:

$$\alpha = \frac{R}{2 \cdot Z_{\text{kar. pup.}}} \text{ neper.}$$

Een gepupiniseerd aderpaar noemt men ook wel een belast aderpaar. Voor onbelaste aderparen kennen we twee formules, waarvan de ene, hiervoor reeds vermelde, geldt voor relatief lage frequenties, terwijl de andere geldig is voor hoge frequenties, waarbij:

$$\frac{R^2}{\omega^2 L^2} + \frac{G^2}{\omega^2 C^2} \ll 1.$$

Laatstebedoelde formule luidt:

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{1}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{1}{C}} \text{ neper.}$$

Al deze formules geven de demping van een geleiderpaar met een lengte, die gelijk is aan de lengte-eenheid waarop de in de formule gesubstitueerde waarden der parameters zijn betrokken.

In dit verband dient bedacht te worden, dat de laatste formule bedoeld is voor gebruik bij hoge frequenties, waarbij R tengevolge van het huideffect niet gelijk is aan de lusweerstand (bij gelijkstroom vaak aangeduid met koperweerstand).

c. De demping bij gelijkspanning.

Weliswaar zijn we nu op de hoogte van het begrip demping en van formules voor het berekenen van de grootte van de demping bij wisselspanningen met verschillende frequenties, doch over ons eigenlijke vraagstuk, de demping bij de frequentie nul, dus bij gelijkspanning, is tot nu toe geen uitsluitsel gegeven.

Gezien de formule:

$$\alpha = \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} \text{ zouden we nog vrede}$$

kunnen hebben met de gedachte, dat de demping van een onbelast aderpaar bij gelijkspanning ($\omega = 0$) wel nul zal zijn. Helemaal zeker hiervan zij we niet, omdat deze formule alleen maar geldig

is, indien voldaan wordt aan zekere voorwaarden.

Voor een belaste kabel (aderpaar) kennen we evenwel slechts een formule, die beneden een frequentie van circa 300 Hz onder geen beding geldig is en omtrent de grootte van de demping van een gepupiniseerd geleiderpaar bij gelijkspanning tasten we dus nog helemaal in het duister.

Wel weten we met volkomen zekerheid, dat:

1. de demping die demping is, welke optreedt bij afsluiting met de karakteristieke impedantie;
2. de algemeen geldige formule voor de karakteristieke impedantie is:

$$Z_{kar.} = F \times \sqrt[4]{\frac{R^2 + \omega^2 L^2}{G^2 + \omega^2 C^2}}$$

waarin R, L, G en C de kabelparameters zijn en

$F = 1$ voor onbelaste aderpennen en

$F \leq 1$ voor belaste aderpennen en

$F = 1$ voor belaste aderpennen bij de frequentie nul.

Deze gegevens zijn zeer waardevol, want ze stellen ons in staat om het onderzoek naar de grootte van de demping bij gelijkspanning tot een goed einde te brengen.

De karakteristieke impedantie bij gelijkspanning is kennelijk:

$$Z_{kar.} = \sqrt{\frac{R}{G}}$$

omdat dan altijd $F = 1$ is en de beide termen $\omega^2 L^2$ en $\omega^2 C^2$ gelijk zijn aan nul. Uit het voorgaande is ons reeds bekend, dat bij gelijkspanning G gelijk is aan de reciproke waarde van de isolatieweerstand.

Nu is de isolatiewaarde van een aderpaar in een goede kabel tenminste 5000 MΩ per km. Deze waarde van de isolatieweerstand komt namelijk overeen met de eis welke door onze Dienst bij kabelkeurin-

gen wordt gesteld.

Voor een kabeladerpaar, dat nog maar juist aan deze eis voldoet is altijd nog, wanneer $R = 72 \Omega/\text{km}$:

$$Z_{kar.} = \sqrt{\frac{R}{G}} = \sqrt{\frac{72}{\frac{1}{5000 \cdot 10^6}}} =$$

$$\sqrt{72 \cdot 5 \cdot 10^9} = 600000.$$

In de praktijk blijkt de isolatieweerstand nog vele malen groter te zijn dan 5000 MΩ/km. Zonder overdrijving kunnen we dus stellen, dat onder normale omstandigheden de karakteristieke impedantie van in kabels ondergebrachte geleiderparen bij gelijkspanning groter is dan 1 MΩ.

Met het vervangingsschema van een geleiderpaar bij gelijkspanning hebben we

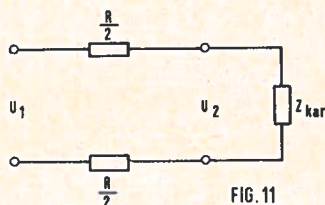


FIG. 11

al kennis gemaakt in het eerste hoofdstuk van dit artikel. Hierin stelt immers figuur 1 dit vervangingsschema voor, indien de isolatie van de geleiders volkomen is. Het behoeft geen uitvoerig betoog, dat bij een isolatieweerstand per km van tenminste 5000 MΩ en een lusweerstand in de orde van grootte van 100 Ω per km gerust dit schema gebruikt mag worden. Voor het bepalen van de demping moet figuur 1 uitgebreid worden, door op de uitgangsklemmen de karakteristieke impedantie aan te sluiten, zoals in figuur 11.

Uit figuur 11 lezen we af, dat:

$$U_2 = U_1 \frac{Z_{kar.}}{Z_{kar.} + R}, \text{ of}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_{kar.} + R}{Z_{kar.}}$$

Aangezien volgens het bovenstaande $Z_{kar.} \gg R$, is U_1 maar zeer weinig groter dan U_2 . Praktisch gesproken is zelfs $U_2 = U_1$.

Dit betekent, dat de demping ook praktisch gesproken:

$$\alpha = \ln \frac{U_1}{U_2} \ln 1 = 0.$$

We zouden kunnen volstaan met deze conclusie en hiermee dit artikel kunnen besluiten, ware het niet, dat er tegen bovenstaande redenering een bedenking kan worden geopperd.

Deze bedenking is dan gericht tegen het verwaarlozen van de isolatieweerstand.

Voor een zeer lang geleiderpaar geldt namelijk niet, dat van het gehele aderpaar de isolatieweerstand zeer groot is ten opzichte van de lusweerstand. Stellen we, om de gedachten te bepalen, de lengte van een aderpaar op 1000 km, dan is de lusweerstand van dit aderpaar ongeveer 0,1 M Ω , terwijl de isolatieweerstand dan nog slechts enkele M Ω bedraagt.

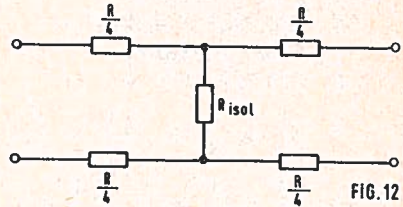
Nu laten we onmiddellijk hierop volgen, dat aderpairs met een zo grote ononderbroken lengte in de praktijk nooit of te nimmer voorkomen.

Voorlopig handhaven we dus onverkort onze conclusie, dat de demping van kabeladerpairs bij gelijkspanning praktisch gelijk is aan nul.

Dit neemt echter niet weg, dat het door ons gestelde probleem pas geheel is op-

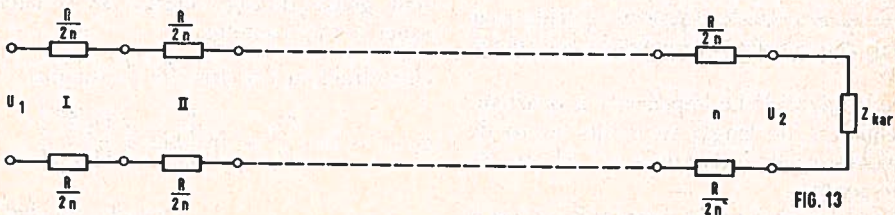
gelost, wanneer we de demping bij gelijkspanning ook kennen als de isolatieweerstand te klein is om nog verwaarloosd te kunnen worden op de wijze als geschied is in figuur 11.

Is dit het geval, dan kan een lengte-eenheid kabeladerpaar voor gelijkspanning worden voorgesteld door figuur 12.



Deze figuur heeft trouwens algemene geldigheid voor gelijkspanning.

De isolatieweerstand $R_{isol.}$ tussen de aders is geconcentreerd getekend op een plaats halverwege de lengte van het aderpaar, maar is in feite gelijkmatig over deze lengte verdeeld. Zoals we weten, is de in figuur 12 gegeven voorstelling van zaken slechts exact van toepassing op een oneindig kleine lengte-eenheid (zie het hoofdstuk: Kabelparameters). We moeten derhalve in feite het aderpaar weer geven als een cascadeschakeling van een zeer groot aantal vierpooitjes in de vorm van figuur 12. De grootte van de weerstanden waaruit elk van deze vierpooitjes is opgebouwd, is uiteraard afhankelijk van het aantal vierpooitjes. Naarmate dit aantal groter wordt, worden de langsweerstanden kleiner en de dwarsweerstand groter.



Voor proef voor vakman:

1. $5931 + 0,097 + 2981 =$
2. $75 + 0,002 + 0,0572 + 81,467 =$
3. $7598 - 82,9516 =$
4. $96635,27 - 6498 =$
5. $7,35 \times 741957 =$
6. $964216,7 \times 4,92147 =$
7. $3838,27 : 0,829 =$
8. $223,729 : 473 =$
9. $6\frac{2}{2} \times \frac{3}{5} + 11\frac{1}{9} \times \frac{9}{10} - 6\frac{2}{3} \times \frac{3}{4} =$
10. $6\frac{3}{8} : 8\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} + \frac{1}{4} =$

Ter algemene oefening.

11. $4 \times 5 \text{ h } 13' 14'' =$
12. Twee getallen zijn samen 95 en verhouden zich als 7 : 12.
Bereken het verschil van deze getallen.

(Vervolg van blz. 243).

Zij per lengte-eenheid de lusweerstand van het aderpaar R en de isolatieweerstand R_{isol} , dan worden deze grootheden bij verdeling van de lengte-eenheid in n de-

len respectievelijk $\frac{R}{n}$ en $n \cdot R_{\text{isol}}$. Laten we

n tot oneindig naderen, dan worden de dwarsweerstand van de vierpooltjes, ook bij een relatief kleine waarde van R_{isol} , op den duur zo groot, dat zij ten opzichte van de langsweerstanden verwaarloosd mogen worden.

Het karakteristiek afgesloten geleiderpaar mag dan worden voorgesteld door figuur 13.

De karakteristieke impedantie is onafhankelijk van de lengte en is dus tevens de karakteristieke impedantie van elk van de vierpooltjes.

Elk vierpooltje in de cascadeschakeling is

bijgevolg afgesloten met de karakteristieke impedantie.

De demping van het geleiderpaar bij gelijkspanning kunnen we dus vinden, door de verhouding tussen de ingangsspanning U_1 en de uitgangsspanning U_u van één vierpooltje te bepalen, deze verhouding n maal met zichzelf te vermenigvuldigen en van de zo verkregen verhouding tussen de ingangsspanning U_i en de uitgangsspanning U_2 van het geleiderpaar de natuurlijke logaritme te nemen. We verkrijgen zodoende exact de demping voor gelijkspanning, indien we n laten naderen tot oneindig.

Uitgedrukt in een formule is dit dus:

$$\alpha_{t=0} = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \left[\lim_n \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^n \right]$$

(wordt vervolgd)

13. Bereken x uit:

$$5(x + 4) + 3(x - 6) = 4(x + 3) + 6$$

14. Idem uit:

$$(x - 1) : (x + 1) = (x + 5) : (x + 4)$$

15. $(-2a^2b^3)^3 \times 2(-abc)^2 : (-abc)^5 =$

16. Bereken de inhoud van een vierzijdige pyramide, hoog 20 cm, waarvan het grondvlak een vierkant is met een zijde 12 cm.

Lineaire uitzettingscoëfficiënt.

Voorwerpen, die warmer worden, worden groter, zetten uit. De lengtevermeerdering, die 1 m van een stof ondergaat wanneer de temperatuur 1°C stijgt, noemen we de *lineaire uitzettingscoëfficiënt*.

Is de lineaire uitzettingscoëfficiënt voor koper 0,000017, dan betekent dit: wanneer de temperatuur 1°C stijgt, wordt 1 m koper 0,000017 m langer of 1 dm koper 0,000017 dm langer.

De lineaire uitzettingscoëfficiënt wordt aangegeven door de griekse letter α (alfa).

In de volgende tabel is voor enkele stoffen de lineaire uitzettingscoëfficiënt α gegeven.

Materiaal	α	Materiaal	α
Aluminium	0,000024	Platina	0,000009
Brons	0,000011	Tin	0,000023
Glas	0,000008	Ijzer	0,000012
Koper	0,000017	Zilver	0,000019
Lood	0,00003	Zink	0,000029
Nikkel	0,000013		

Glas en platina hebben nagenoeg dezelfde uitzettingscoëfficiënt. Bij het smelten van platinadraden in glas zullen temperatuurschommelingen dus geen springen van het glas tot gevolg hebben. Evenmin ontstaan er openingen.

Voor een luchtdichte doorvoering van draden in glas zou platina het aangewezen materiaal zijn, als het niet zo kostbaar was. Er is dus gezocht naar een minder kostbaar materiaal. Eén van de mogelijkheden hiertoe is: een ijzerdraadje omgeven door een koperhuidje.

Een legering van 36 % nikkel en 64 % staal verandert nagenoeg niet van lengte. De lineaire uitzettingscoëfficiënt van deze alliage bedraagt 0,0000002. Daarom wordt deze alliage toegepast voor het opmeten van land.

Rubber gedraagt zich bij verwarming tegengesteld; het krimpt bij verwarming. Rails voor een trein legt men niet vlak aaneengesloten. Tussen de afzonderlijke stukken laat men enige tussenruimte, waardoor de uitzetting in de zomer wordt opgevangen en het kromtrekken voorkomen. Die tussenruimten zijn bij rails voor een stadstram niet zo nodig; deze liggen in de grond en kunnen de warmte daaraan afstaan.

Voor berekeningen met de lineaire uitzettingscoëfficiënt maken we gebruik van de formule:

$$L_w = L_k (1 + \alpha t)$$

door B. E. Bol Raap

In het algemeen verstaat men onder de term „vacuum” een toestand van lage druk, waarbij dan met lage bedoeld wordt een druk beneden die van de ons omringende lucht.

Aangezien op zeeniveau de druk van de lucht in evenwicht is met een kwikkolom van 760 mm lengte, stelt, strikt genomen, iedere druk die in evenwicht is met een kortere kwikkolom, een vacuum voor. De vacuümtechniek gebruikt als eenheid om de grootte van de druk aan te geven de kwikkolom van een mm lengte (mm Hg).

Het drukgebied kan men zich ingedeeld denken als volgt:

Druk	Benaming
760 — circa 1 mm Hg	laag- of voorvacuum
ca 1 — 10^{-3} mm Hg	midden of fijnvacuum
10^{-3} — 10^{-6} mm Hg	hoogvacuum

De benaming „hoogvacuum” is niet willekeurig. In het drukgebied met deze naam acht men namelijk een principiële andere toestand aanwezig dan in de voraafgenoemde gebieden. Ter verduidelijking moge het volgende dienen.

In een glas bewegen de moleculen zich in alle richtingen door elkaar heen. De afstand die een molecuul gemiddeld kan afleggen voordat het botst met een ander molecuul, wordt de gemiddelde vrije weglengte genoemd.

Bij een druk van 1 atmosfeer (760 mm Hg) en een temperatuur van 0°C bevat 1 cm^3 lucht $2,7 \times 10^{19}$ moleculen.

Onder deze omstandigheden is de gemiddelde vrije weglengte 10^{-5} cm. Wordt in een of ander vat de druk verlaagd tot

Hierin is:

L_k de lengte in koude toestand;
 α de lineaire uitzettingscoëfficiënt;
 t het temperatuursverschil.

Voorbeeld:

Een koperstaaf heeft bij 20°C een lengte van 3 m. Bereken de lengte bij 60°C
Gegeven: $L_k = 3\text{ m}$; $t = 60^{\circ} - 20^{\circ} = 40^{\circ}$; $\alpha = 0,000017$.

Oplossing:

$$\begin{aligned}L_w &= L_k (1 + \alpha t) \\ &= 3 (1 + 0,000017 \times 40) \\ &= 3 (1 + 0,00068) \\ &= 3 \times 1,00068 = 3,00204\text{ m.}\end{aligned}$$

Vraagstukken:

- Hoe lang is een ijzeren staaf bij 45°C als de lengte bij 0°C 200 cm bedraagt?
- Een reep tin heeft bij -20°C een lengte van 40 cm. Bereken de lengte bij 100°C .
- Een staaf metaal is bij 30°C 1 m lang, bij 100°C 1,000984 m. Bereken de lineaire uitzettingscoëfficiënt.

Antwoorden op blz. 255

1
 $7,6 \times 10^{-3}$ mm Hg, ——— deel van 1
 100000

atmosfeer, dan is het aantal moleculen per cm^3 $2,7 \times 10^{14}$ en de gemiddelde vrije weglengte circa 1 cm. Bij verdergaande drukverlaging wordt de gemiddelde vrije weglengte ongeveer gelijk aan de inwendige afmetingen van het vat.

Naarmate de gemiddelde vrije weglengte groter wordt dan deze afmetingen, zullen de luchtmoleculen zich meer en meer van wand tot wand bewegen zonder daarbij tegen een ander molecuul te botsen. Alleen een vacuum dat aan deze voorwaarde voldoet, wordt hoogvacuum genoemd.

Het hoogvacuumgebied wordt daarom geacht te beginnen bij een druk van 10^{-3} mm Hg; lagere drukken dan 10^{-6} mm Hg noemt men ultrahogvacuum.

In verschillende arbeidsprocessen is hoogvacuumapparatuur een onmisbaar onderdeel, zoals bijv. bij de fabricage van radio- en televisiebuizen en in de techniek van het opdampen van metalen en niet-metalen op glas, papier, plastic enz. Radio- en televisiebuizen worden hoogvacuum gepompt, opdat de van de kathode naar de anode c.q. naar het scherm gaande elektronen geen hinder zullen ondervinden van in de buis nog aanwezige luchtmoleculen. Botsingen met deze zouden de elektronen uit hun baan brengen en onder bepaalde omstandigheden ionisatie van de lucht tengevolge hebben, met andere woorden een kortsluiting in de buis veroorzaken. En wat het opdampen van metalen betreft, ook dit moet in een hoogvacuum gepompte ruimte plaatsvinden. Zou de lucht in deze ruimte nog een te hoge druk hebben, dan botsen de metaal-atomen op hun weg van de dampbron naar het object tegen de luchtmoleculen, waardoor ze hun aanvankelijke snelheid verliezen en met een kleinere energie op het object belanden dan die

welke bij onbelemmerd doorgaan nog aanwezig zou zijn. Een minder goede hechting is dan het gevolg en daarbij wordt een groot deel van de metaal-atomen geoxydeerd.

De hoogvacuumafdeling heeft pompinstallaties voor het evacueren van radio-buizen etc. en een installatie voor het opdampen van metalen.

In elke installatie zijn voor het verkrijgen van het hoge vacuum twee pompen opgenomen. De voornaamste pomp, de hoogvacuumpomp, is een zgn. diffusie-pomp. Deze kan echter niet inwerken tegen een druk van 760 mm Hg en pompt dus de lucht uit het systeem naar een laagvacuum- of voorvacuumpomp, die wel in staat is de af te voeren lucht in de atmosfeer te brengen.

Een voorvacuumpomp heeft bewegende delen en kan opgevat worden als een mechanische inrichting, waarbij een achtereenvolgens zich vergrotend en verkleinend kamertje in de fase van volumevergroting (aanzuigen van de lucht) met de inlaat, en in de fase van volumeverkleining (samenpersen en uitdrijven van de lucht) met de uitlaat van de pomp in verbinding wordt gebracht. Het is eigenlijk een roterende variant van de zuiger-

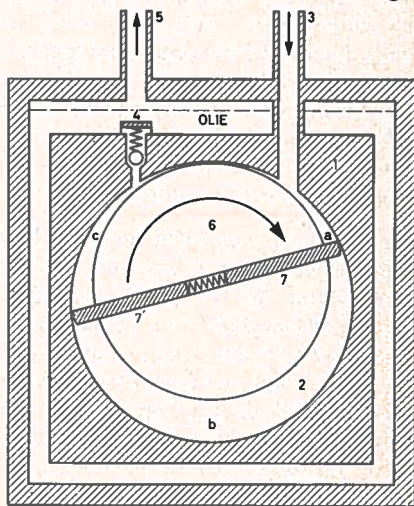


FIG. 1

pomp. In de voorvacuumpomp wordt een vrij grote hoeveelheid olie gebruikt, niet alleen voor het smeren van de bewegende delen, maar ook als afdichtingsmiddel tegen het binnendringen van lucht in het vacuum. Men noemt ze dan ook roterende oliepompen.

Fig. 1 geeft een schematische voorstelling van een roterende oliepomp. Hierin is 1 het pomphuis met een cilindrische kamer 2, die door middel van buis 3 is verbonden met de vacuüminstallatie en via het uitlaatventiel 4 en buis 5 met de buitenlucht. In de pompkamer is een draaiende cilinder 6 met kleinere diameter zodanig opgesteld, dat tussen de inlaat en de uitlaat van de kamer een afdichting bestaat, gevormd door een oliefilm tussen kamerwand en cilinder. Daarbij is de cilinder voorzien van een sleuf waarin twee schuivende vinnen 7 en 7' die door een veer (en de middelpuntvliedende kracht) tegen de wand worden gedrukt. Het pomphuis staat in een oliebad. Door het uitlaatventiel komt vrijwel constant een kleine hoeveelheid olie binnen voor de smering en de afdichting. Overtollige olie belandt, meegenomen door de afgevoerde lucht, weer in het oliebad. De cilinder draait in de pijlrichting. Bij a is een kamer in de fase van vergroting (aanzuigen); deze wordt vervolgens, als vin 7' de inlaat passeert, afgesloten en komt in de fase van verplaatsing van inlaat- naar uitlaatzijde b en zodra vin 7 de uitlaat passeert, in de fase van verkleining (compressie en uitdrijving) c.

In een *diffusiepomp* zijn het geen bewegende delen, maar is het een snel stromende damp die de luchtmoleculen van de hoogvacuumkant van de pomp naar de laagvacuumkant voert. Aan de hand van fig. 2 volgt een beschrijving van opbouw en werking van een *kwik-diffusie-pomp*, een pomptype dat in de afdeling wordt gebruikt voor het evacueren van radiobuizen etc.

Een dergelijke pomp heeft, behalve een gedeelte waar de diffusie plaatsvindt, de zgn. diffusietrap, meestal ook nog één tot drie dampstraaltrappen (in fig. 2 dus maar één). De hoeveelheid damp die nodig is voor een goede werking van de trappen, wordt verkregen door het kwik in het reservoir 1 tot een bepaalde temperatuur te verhitten. Door de opstijgbuis 2 wordt de damp naar de twee pomptrappen geleid, waarvan de straaltap het eerst moet gaan werken.

De pompwerking van een straaltap hangt samen met het feit dat in een snel stromende en tegelijkertijd expanderende dampstraal een druk kan heersen die lager is dan de druk in de ruimte waar de expanderende straal doorheen stroomt (wet van Bernouilli). Toegepast op de hier besproken straaltap, betekent dit dat bij a (zie fig. 2) de lucht de dampstraal binnendringt en met deze wordt meegevoerd. De straal doorloopt de te evacue-

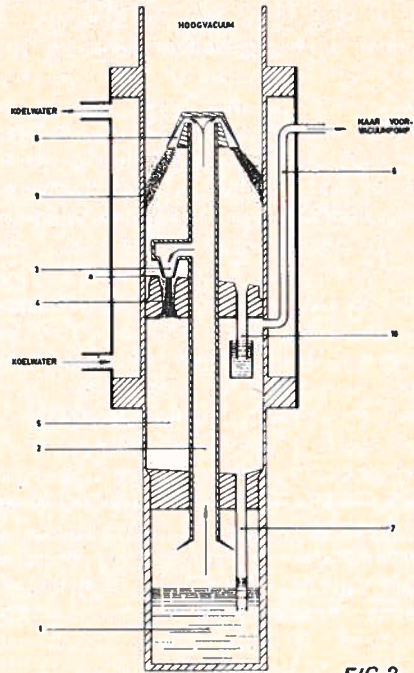


FIG. 2

ren ruimte slechts over een vrij korte afstand. Het mengsel van damp en lucht dat op deze afstand ontstaat, wordt vervolgens afgevoerd door het kanaal 4 naar de onder de straaltrap gelegen ruimte 5, waar de damp condenseert en de lucht verder afgevoerd wordt door de buis 6 naar de voorvacuumpomp. Het kwik loopt door buis 7 terug in het reservoir. In kanaal 4 neemt de snelheid van de met lucht vermengde dampstraal af, maar de druk neemt als gevolg hiervan in de straal toe. Deze druktoename voorkomt dat ook uit de ruimte 5 luchtmoleculen de straal binnendringen, daar dit uiteraard de pompwerking zou teniet doen. Voor een goede pompwerking van een dampstraaltrap moeten de straalbuis 3 en het kanaal 4 wat vormgeving en ligging ten opzichte van elkaar betreft, aan nauwkeurig bepaalde afmetingen voldoen.

De diffusietrap heeft een „straalbuis” die in vorm zeer veel verschilt van de straalbuis van de dampstraaltrap. Laatstgenoemde is een conisch toelopende, aan de mond vrij nauwe buis. De diffusietrap echter heeft een op een hoedje gelijkende „düse” 8. Van onder de rand hiervan stroomt de damp naar de met water gekoelde wand 9.

Er ontstaat zodoende tussen de „düse” en deze wand een parapluvormig scherm van snel stromende damp. De dampdichtheid in het scherm is niet overal even groot. In het midden is zij het grootst en de damp is daar zelfs zo dicht, dat het vrijwel onmogelijk is dat er luchtmoleculen in kunnen diffunderen.

Aan de bovenkant¹⁾, dus aan de hoogvacuumkant, is de dampdichtheid in het scherm veel geringer dan in het midden en wel zoveel geringer, dat hier wel dif-

1) aan de onderkant van het scherm is dit eveneens het geval maar voor een verklaring van de pompwerking kan dit verder onvermeld blijven.

fusie van luchtmoleculen die van de hoogvacuumkant komen, mogelijk is. Als deze moleculen eenmaal in het ijlere gedeelte van het dampscherm zijn terechtgekomen, zullen zij daarin door botsingen met de zich schuin naar beneden bewegende dampdeeltjes eveneens steeds meer in dezelfde richting als deze verder gaan.

Ten slotte belanden de luchtmoleculen in het midden van de stroom. De kans hieruit weer terug te diffunderen naar de hoogvacuumkant is vrijwel nihil. (1 op 10²⁰). Zij komen dus uiteindelijk in de ruimte onder het dampscherm terecht. De damp condenseert aan de gekoelde wand, het kwik vloeit af naar het reservoir via buis 10 en buis 7.

Het is duidelijk dat buis 10 moet eindigen in een kwikslot, daar er anders een open verbinding zou zijn tussen de twee pomptrappen.

De diffusietrap begint pas te functioneren als door de samenwerking van voorvacuumpomp en straaltrap de druk in het systeem tot de waarde van een middenvacuum is gebracht.

Met een kwikdiffusiepompe kan zonder bijzondere voorzieningen geen hoogvacuum gepompt worden tot bijv. de waarde van 1.10⁻⁶ mm Hg. Uit de pomp ontsnapt namelijk altijd enige kwikdamp, die in het systeem terecht komt.

Nu is de verzadigde dampspanning van kwik bij kamertemperatuur circa 1.10⁻³ mm Hg. Daardoor blijft de totale druk, ook na langdurig evacueren, op deze waarde. Toch kan reeds na één of twee uren pompen de partiële druk van de lucht in het kwikdamp-luchtmengsel minder dan 1.10⁻⁵ mm Hg zijn. Door nu in de pompbuis van de installatie een met vloeibare lucht gekoelde dampval op te nemen, wordt alle uit de pomp komende kwikdamp daarin „vastgevroren” en op de temperatuur van vloeibare lucht (-180 °C) gehouden. De verzadigde

dampspanning van kwik bij deze temperatuur is te verwaarlozen, zodat in het installatiegedeelte voorbij de dampval (uiteraard gerekend van de pomp af) geen kwikdamp aanwezig is. Behalve kwikdiffusiepompen heeft de afdeling ook *olie*-diffusiepompen. Deze worden meestal gebruikt in opdampinstallaties. Zij hebben een grotere pompsnelheid dan kwikpompen, in het algemeen een factor van meer betekenis voor opdampinstallaties en dergelijke dan voor die voor het buizenpompen.

Fig. 3 geeft een schematische voorstelling van een oliediffusiepomp. De drie trappen werken allemaal met een parapluvormige dampstroom. Ook de tweede en derde trap zijn diffusietrappen. De olie die in deze pompen wordt gebruikt, heeft bij kamertemperatuur een lage verzadigde dampspanning (10^{-8} mm Hg). Het in de pompinstallatie opnemen van een met vloeibare lucht gekoelde val is dus niet strikt nodig en wordt dan ook meestal niet gedaan. Wel is direct boven de pomp een „baffle” (fig. 4) aangebracht. De functie hiervan is de uit de pomp zich naar het hoogvacuum bewegende dampdeeltjes op te vangen.

Het op de schets voorkomende baffle is een zgn. ringenbaffle. Het bestaat uit een aantal boven elkaar geplaatste, in diameter afnemende platte ringen. Een

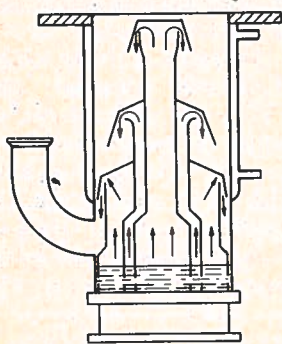


FIG. 3

baffle vormt uiteraard een aanzienlijke weerstand in de pompweg en de oorspronkelijke zuignelheid van de diffusiepomp is boven het baffle nog maar 50 %.

Voor het meten van lage drukken zijn verschillende meters ontwikkeld. Zij worden onderverdeeld in mechanische, vloeii-

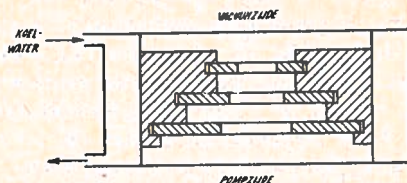


FIG. 4

stof- en elektrische vacuummeters (hoewel de hier gebruikte benaming „vacuummeter” wel gangbaar is en duidelijker de bestemming weergeeft, spreekt men toch meestal nog van manometer). In de afdeling zijn vacuummeters van alle drie bovengenoemde typen in gebruik.

De bourdonmanometer. (zie fig. 5).

Dit is een cirkelvormig gebogen, holle, metalen veer, waarvan het ene eind is verbonden met het vacuumsysteem; het andere einde is gesloten en kan zich vrij bewegen. Wordt een zo gevormde veer leeggepompt, dan zal deze een kleinere cirkel willen beschrijven dan in de aanvangsstand werd ingenomen. De hierdoor optredende vormverandering betekent voor het zich vrij bewegende eind van de veer een verplaatsing naar binnen. De bijna rechtlijnige verplaatsing wordt overgebracht op een draaiende wijzer. Het meetbereik van de bourdonmanometer ligt in het voorvacuumgebied. De meter behoort tot het mechanische type.

De U-buismanometer. (zie fig. 6).

De U-buismanometer is een tot een U-vorm gebogen, glazen buis met een

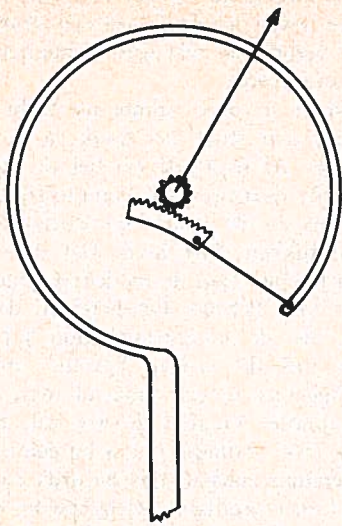


FIG. 5

open en een gesloten been. In zijn langste vorm heeft deze meter een meetbereik van 760—0 mm Hg. Meestal wordt echter de zgn. verkorte U-buismanometer gebruikt met een meetbereik van ca. 150—0 mm Hg. Het gesloten been is dan geheel gevuld met kwik; het andere been, dat op het vacuumsysteem wordt aangesloten, slechts voor een klein gedeelte.

Daalt tijdens het pompen de druk beneden de maximumwaarde van het meterbereik, dan daalt het kwik in het ene en stijgt het in het andere been. Boven de kwikkolom in het gesloten been ontstaat dan een luchtledige ruimte. Wel is deze ruimte gevuld met kwikdamp. De verzadigde dampspanning van kwik bij kamertemperatuur is echter zo gering, dat zij voor de aflezing niet stoort.

Het niveauverschil tussen de twee kwikoppervlakken is dan ook een rechtstreekse aanwijzing van het vacuüm. Voor drukken lager dan 1 mm Hg is deze meter ongeschikt.

Een eveneens uit glas vervaardigde kwikmanometer waarmee met grote nauwkeu-

righeid drukken lager dan 1 mm Hg kunnen worden gemeten, is de compressie-manometer van MacLeod. Deze meter bestaat uit een verticaal opgestelde peervormige ballon, de compressieballon. Aan de bovenkant gaat deze ballon over in een capillair waarvan de top is dichtgesmolten. Aan de onderkant is de ballon door middel van een buis verbonden aan een tweede ballon, het kwikreservoir. Enige centimeters onder de compressieballon is aan de buis een zijbuis gelast. Het verticale deel hiervan is verbonden met het vacuumsysteem.

De lineaire compressiemanometer.

(zie fig. 7).

Wanneer de manometer met het vacuumsysteem in verbinding staat, heerst in de compressieballon dezelfde druk als in het systeem. Het volume van deze ballon, gemeten van de zijbuis af (zie de streeplijn 0 in de figuur), is bekend en op het meetcapillair zijn merkstreepjes aange-

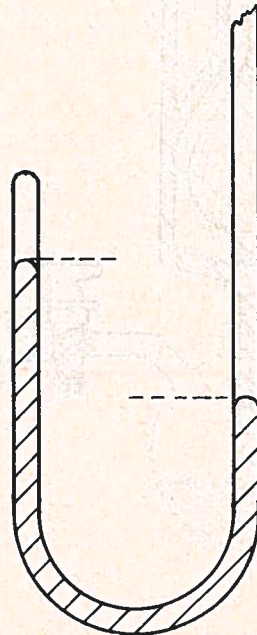


FIG. 6

bracht op de plaatsen waar dit capillair, gemeten van de top af, een volume heeft van bijv. $1/1000$ en $1/100$ gedeelte van

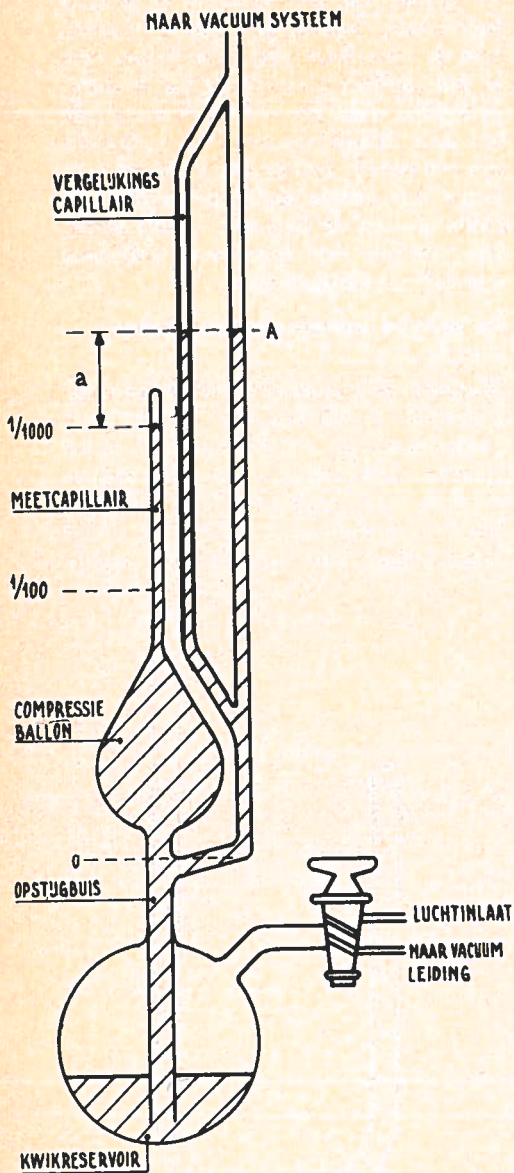


FIG. 7

het ballonvolume. In het reservoir is de ruimte boven het kwik via een driewegkraan verbonden met een vacuümleiding en geëvacueerd.

Wordt er in deze ruimte nu lucht toegelaten, dan stijgt het kwik in de opstijgbuis. Al stijgende zal het de zijbuis passeren, daarmede de compressieballon afsluiten en de daarin aanwezige lucht samendrukken. Het kwik laat men oplopen tot bijv. aan de merkstreep met de aanduiding $1/1000$. Dit betekent dat de lucht die de compressieballon bij het begin van de meting bevatte, nu is samengeperst in een duizend maal kleinere ruimte. Volgens de wet van Boyle (druk (p) x volume (v) is bij een zelfde temperatuur constant) is de druk van de in het meetcapillair samengeperste lucht nu duizend maal groter dan voor de compressie. Deze grotere druk kan worden afgelezen uit het hoogteverschil tussen de kwikniveaus in het meetcapillair en het vergelijkingscapillair.

Wordt dit verschil (a) afgelezen in mm en gedeeld door 1000, dan is daarmee het in het systeem heersende vacuüm bepaald, uitgedrukt in mm Hg. Deze meter wordt lineair genoemd, omdat de berekende druk lineair is met het afgelezen verschil (a). Hij wordt meestal zo geconstrueerd dat zijn meetbereik ligt tussen 2 mm Hg en 1.10^{-3} mm Hg, dus vrijwel het middenvacuümgebied.

Kwadratische compressiemeter. (zie fig. 8).

Wat de vorm betreft is deze meter vrijwel gelijk aan het lineaire type. Bij het berekenen van de werkelijke druk uit de afgelezen druk wordt echter een formule gebruikt waarin het kwadraat van de afgelezen druk voorkomt, vandaar de toevoeging „kwadratische”.

Ook van deze meter is het volume van de compressieballons nauwkeurig bekend, evenals de doorsnede van het meetcapillair. Bij het meten wordt het kwik niet

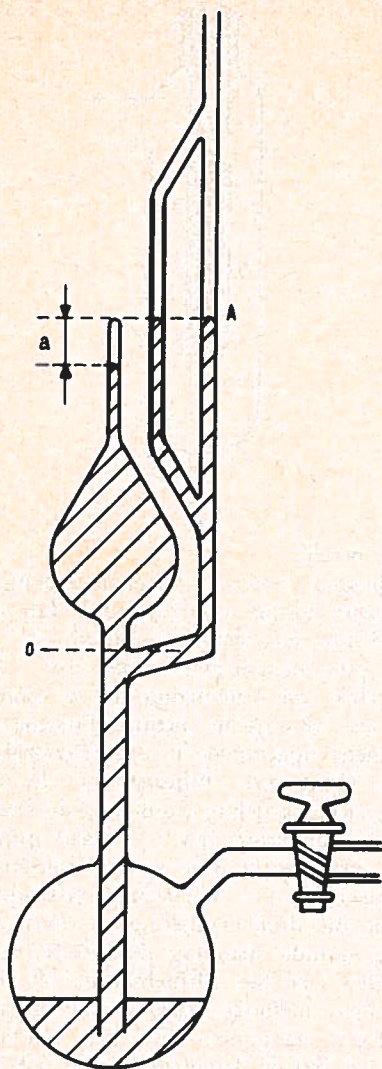


FIG. 6

hoger opgevoerd dan tot de streeplijn A in de fig., een lijn die samenvalt met de top van het meetcapillair. Stel, dat het kwik in dit capillair niet hoger oploopt

dan a mm onder de streeplijn A. De gecomprimeerde lucht heeft dan een druk (p^1) van a mm Hg en neemt een volume in van $a \times$ de doorsnede van het meetcapillair. Uit deze twee gegevens kan nu, daar zoals reeds werd opgemerkt de genoemde doorsnede (s) en het volume van de compressieballon (v) bekend zijn, het in het systeem heersende vacuüm (p) worden berekend volgens de formule:

$$p = \frac{p^1 \cdot a \cdot s}{v} \text{ mm Hg}$$

Aangezien p^1 altijd dezelfde waarde heeft, als a en aangezien s en v constant zijn, wordt deze vergelijking:

$$p = a^2 C \text{ mm Hg}$$

C wordt de manometerconstante genoemd.

In tegenstelling met de lineaire compressiemanometer is nu de berekende druk evenredig met het kwadraat van het afgelezen verschil (a), vandaar de onderscheiding in de benaming.

Het meetbereik van de beschreven meter ligt nagenoeg geheel in het hoogvacuümgebied en begint bij 1.10^{-2} mm Hg; afhankelijk van de manometerconstante reikt het dan tot 1.10^{-5} — 1.10^{-6} mm Hg.

Compressiemanometers zijn absolute meters voor gassen; voor condenseerbare dampen zijn ze ongeschikt.

Elektrische vacuümmeters.

In een bepaald drukgebied, dat begint bij ca. 50 mm Hg, is de warmtegeleiding van een gas afhankelijk van de druk. Op dit verschijnsel berust de werking van de piranimanometer (zie fig 9). In een glazen ballon is een gloeidraad opgesteld. Wordt deze draad met een constante elektrische stroom verhit, dan stelt zich na korte tijd een evenwicht in, waarbij de aan de draad toegevoerde warmte gelijk is aan de afgevoerde. De

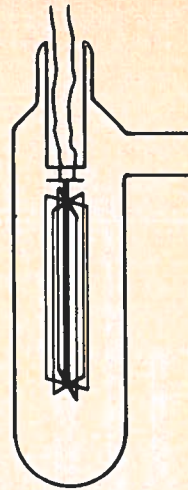
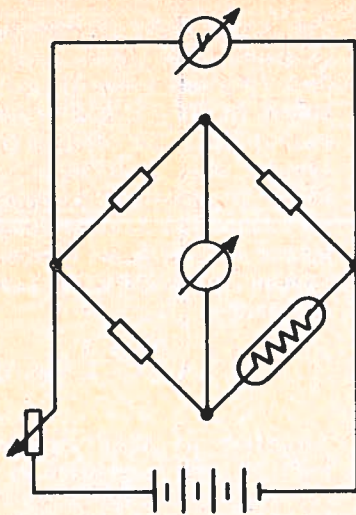


FIG. 9

warmte-afvoer wordt bepaald door drie effecten:

1. geleiding van de in de ballon aanwezige lucht;
2. geleiding van de toevoerdraden;
3. straling.

Stel, dat de draad bij het bovengenoemde evenwicht een temperatuur van 3000°C heeft. Wordt nu de ballon leeggepompt, dan blijft aanvankelijk de draad op dezelfde temperatuur. Daalt de druk echter beneden 50 mm Hg , dan zal de draad een steeds hogere temperatuur aannemen naar mate de druk verder afneemt, m.a.w. beneden deze druk gaat de lucht de warmte steeds minder goed afvoeren. Dit gaat door tot een druk van 1.10^{-3} mm Hg . Bij nog verder gaande drukverlaging stijgt de temperatuur van de draad niet meer, doordat voorbij de waarde van 1.10^{-3} mm Hg de afvoer van de warmte door geleiding van de lucht gering is vergeleken bij de warmte-afvoer door geleiding van de toevoerdraden en door straling. Aangezien de laatste effecten onafhankelijk zijn van de druk, is bij 1.10^{-3} mm Hg dus de meetgrens van deze meter naar de vacuüm-

zijde bereikt.

Verhoging van de draadtemperatuur betekent tevens een toenemen van de elektrische weerstand van de draad.

De piranimanometer maakt het dus mogelijk een drukmeting uit te voeren als een elektrische meting. Daartoe is de meter opgenomen in een brugschakeling (brug van Wheatstone). In de hoogvacuumafdeling wordt niet de weerstandsverandering van de draad gemeten, maar wordt deze op een constante temperatuur (= weerstand) gehouden, zodat bij drukverandering de over de brug staande spanning gevarieerd moet worden (zie het schakelschema bij fig. 9). Deze methode maakt de meting gevoeliger, aangezien met het constant houden van de draadtemperatuur ook de effecten van warmte-afvoer door geleiding van de toevoerdraden en door straling constant zijn.

Een piranimanometer is geen absolute meter en moet dus geijkt worden. De warmtegeleiding is van elke soort gas verschillend, zodat dus de ijkkromme voor elk gas anders ligt.

(wordt vervolgd)

NEDERLANDS

62-060

door P. v. d. Leest

Nieuwe spelling (vervolg)

De volgende woorden schrijft men thans uitsluitend met een k.

<i>akte</i>	<i>kardinaal</i>	<i>kokos</i>	<i>krediet</i>
<i>anekdote</i>	<i>karmeliet</i>	<i>komediant</i>	<i>kritisch</i>
<i>kabinet</i>	<i>karton</i>	<i>komedie</i>	<i>kritiek</i>
<i>kadaster</i>	<i>katafalk</i>	<i>konfijten</i>	<i>kroep</i>
<i>kadetje</i>	<i>katalyse</i>	<i>konstabel</i>	<i>leukoplast</i>
<i>kaki</i>	<i>katbeder</i>	<i>konterfeitssel</i>	<i>lokaal</i>
<i>kameleon</i>	<i>katbedraal</i>	<i>konvooi</i>	<i>stukadoor</i>
<i>kamille</i>	<i>katholiek</i>	<i>kopra</i>	<i>sukade</i>
<i>kamizool</i>	<i>kaviaar</i>	<i>kornoelje</i>	<i>tweetakt</i>
<i>kampanje</i>	<i>kozak</i>	<i>korps</i>	<i>traktement</i>
<i>karabijn</i>	<i>koket</i>	<i>korcet</i>	<i>traktaatje</i>
<i>karbonad</i>	<i>koketteren</i>	<i>kotelet</i>	<i>tektionisch</i>

De volgende woorden schrijft men bij voorkeur met k.

<i>akkoord</i>	<i>kantine</i>	<i>kopallak</i>	<i>oktober</i>
<i>bekritisieren</i>	<i>kapucijn</i>	<i>kopie</i>	<i>praktijk</i>
<i>elektriciën</i>	<i>karamel</i>	<i>kopiëren</i>	<i>praktisch</i>
<i>elektriciteit</i>	<i>kariatide</i>	<i>kordon</i>	<i>predikaat</i>
<i>harmonika</i>	<i>kartel</i>	<i>korpus</i>	<i>predikatief</i>
<i>helikopter</i>	<i>karteren</i>	<i>kosmetiek</i>	<i>produkt</i>
<i>inkarnaat</i>	<i>kasjmier</i>	<i>kosmisch</i>	<i>publikatie</i>
<i>kadaver</i>	<i>kassa</i>	<i>kosmografie</i>	<i>rekrut</i>
<i>kaduuk</i>	<i>katapult</i>	<i>kosmos</i>	<i>sektarisch</i>
<i>kakofonie</i>	<i>klassiek</i>	<i>kostumeren</i>	<i>sektarisme</i>
<i>kalligraaf</i>	<i>karikatuur</i>	<i>kostuum</i>	<i>sekte</i>
<i>kalligraferen</i>	<i>klassikaal</i>	<i>krokus</i>	<i>traktaat</i>

Antwoorden van de vraagstukken op blz. 244 t/m 245.

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. 8912,0979 | 11. 20 h 52' 56" |
| 2. 156,5262 | 12. 25 |
| 3. 7515,0484 | 13. 4 |
| 4. 90137,27 | 14. — 3 |
| 5. 5453383,95 | 15. $\frac{2^4 a^3 b^6}{c^3}$ |
| 6. 4745363,562549 | 16. 960 cm ³ |
| 7. 4630 | 17. 200,108 cm |
| 8. 0,473 | 18. 40,1104 cm |
| 9. 9 | 19. 0,000012 |
| 10. $1\frac{3}{4}$ | |

<i>kandelaber</i>	<i>klavecimbel</i>	<i>kritisieren</i>	<i>traktatie</i>
<i>kandidaat</i>	<i>koketterie</i>	<i>lokaliseren</i>	<i>trakteren</i>
<i>kandideren</i>	<i>koloriet</i>	<i>lokaliteit</i>	<i>vakantie</i>

De overige woorden schrijft men met *c*, waarvan sommige facultatief met *k*. Enkele van deze woorden zijn:

<i>kalorie</i>	<i>kolpoteren</i>	<i>konditie</i>	<i>kondoleren</i>
<i>kondukteur</i>	<i>kontradiktie</i>	<i>kultuur</i>	<i>diskonteren (maar disconto)</i>
<i>lokomobiel</i>	<i>lokomotief</i>	<i>sekretaris</i>	<i>koeplet</i>
<i>koepon</i>	<i>fiasko</i>	<i>kommando</i>	<i>lektor</i>
<i>rektor</i>	<i>sektor</i>	<i>aktrice</i>	<i>konduktrice</i>
<i>akademie</i>	<i>kursus</i>	<i>perfekt</i>	<i>punctuatie</i>
<i>inkluis (maar)</i>	<i>inclusief)</i>	<i>kode</i>	<i>lektuur</i>
<i>spekulant</i>	<i>produktiviteit</i>		

Naast *cokes*, *exceem* staan *kooks* en *ekseem*; naast *biscuit* staat als facultatieve vorm *biskwie*.

Samenstellingen met en afleidingen van woorden, die uitsluitend of bij voorkeur met *k* worden geschreven, schrijft men overeenkomstig het grondwoord:

<i>kopie</i>	<i>kopiëren</i>	<i>kopiïst</i>	enz.
--------------	-----------------	----------------	------

Naast sommige bestaan echter verwante, die men als vreemd woord met *c* blijft schrijven:

<i>klassiek,</i>	maar,	<i>klassicisme;</i>	
<i>klasse,</i>	maar,	<i>classificeren,</i>	<i>classificatie;</i>
<i>inkarnaat,</i>	maar,	<i>incarnatie;</i>	
<i>klerikaal,</i>	maar,	<i>cleris;</i>	
<i>kritiek,</i>	maar,	<i>critucus, criticaster;</i>	
<i>korps, (mariniers, politie),</i>	maar	<i>corps (studenten);</i>	
<i>krediet,</i>	maar	<i>credit (klemtoon</i>	op 1e lettergreep)
		<i>crediteren,</i>	<i>crediteur;</i>
<i>publikatie,</i>	maar	<i>publicet,</i>	<i>publiceren;</i>
<i>kostuum,</i>	maar	<i>costumiere.</i>	

Onderstaande spellingen, afhankelijk van de uitspraak, zijn *beide* geoorloofd:

<i>scepter</i>	<i>skepter</i>	<i>scepsis</i>	<i>skepsis</i>
<i>cinema</i>	<i>kinema</i>	<i>cinéast</i>	<i>kineast</i>
<i>comfort</i>	<i>konfort</i>	<i>ceramiek</i>	<i>keramiek</i>
<i>consorten</i>	<i>konsorten</i>	<i>fabriceren</i>	<i>fabrikeren</i>

Maar:

scene, scenario, sc wordt als *s* uitgesproken.