

STUDIEBLAD PTT

DOOR EN VOOR TECHNISCH PERSONEEL

- Uitgave:** De Algemene Bond van Ambtenaren, de Ned. Chr. Bond van Overheidspersoneel en de Kath. Bond van Overheidspersoneel.
- Redactie:** Hoofdredacteur: J. A. v. d. Touw. Redacteurs: J. C. Brakel, S. J. Geerlings ing. en C. L. Quint. Secretaris: L. Neijenhuis.
- Redactie-adres:** Marktweg 342, Den Haag, Telefoon 33 62 65.
- Administratie:** Stadhouderslaan 9, Den Haag, Giro 4073, Tel. 635932 t/m 635936.
- Abonnement** F 5 — per jaar. Verschijnt omstreeks de 15e van iedere maand.
- Correspondentie:** Alle correspondentie betreffende verzending en administratie uitsluitend aan het adres: Stadhouderslaan 9, Den Haag.
Alle correspondentie, de inhoud van het blad betreffende, uitsluitend Marktweg 342, Den Haag.

IN DIT NUMMER VINDT U

| | | |
|-------------------------|--|----------|
| <i>W. F. Brok</i> | Transistors en Kristaldiodes in de schakeltechniek | Blz. 194 |
| <i>J. A. v. d. Touw</i> | Examenantwoorden | „ 203 |
| <i>B. Kieboom</i> | Isolatiematerialen | „ 204 |
| <i>M. V. Dalen</i> | Herhalingsoefeningen | „ 220 |
| <i>P. v. d. Leest</i> | Nederlands | „ 222 |

Bij de voorpagina: *Postladen te Schiphol*



TRANSFORMA transformatoren

WESTINGHOUSE metaalgelijkrichters

TRANSFORMA
Transformatoren- en Apparatenfabriek, Karperweg 37-41 - Tel. 793933 (3 lijnen) - Amsterdam-2.



15 JULI 1963

Transistors en Kristaldiodes in de schakeltechniek

door W. F. Brok.

63-043

(vervolg van blz. 167.)

6.4 Samengestelde logica-schakelingen.

Door de stroomversterkende werking van de transistor is het mogelijk de „niet“-schakeling als logische versterker te gebruiken, hetgeen wil zeggen, dat de uitgang als besturingsvoorwaarde voor meerdere logische functies dienst kan doen. Hierbij gelden echter enkele restricties, omdat de versterking alleen plaats vindt zolang de transistor open is, zodat uitsluitend een 1 versterkt kan worden doorgegeven. In de 0-stand mag slechts een geringe stroom de uitgangsklem binnenvloeien, daar anders de discriminatiewaarde overschreden wordt. Door deze beperkingen is alleen een besturing van „of“-poorten en daarmee overeenkomende schakelingen mogelijk. Een „of“-ingang belast nl. een zich in 0 bevindende „niet“ alleen met een diode-lekstroom. Voor het doorgeven van een 1 kan daarentegen elke „of“-ingang bij een belastingweerstand van $10\text{ k}\Omega$, een stroom van $24\text{ V} : 10\text{ k}\Omega = 2,5\text{ mA}$ aan de „niet“-uitgang vragen. Daar een overmaat van $22,6\text{ mA}$ aan collectorstroom ter beschikking is (zie vorige paragraaf), is de „niet“ in staat een maximum aantal van 9 zulke „of“-ingangen te besturen.

Bij een rechtstreekse belasting met „en“-ingangen zou in de 0-stand de uitgangsspanning teveel kunnen stijgen door van de „en“-ingangen binnen-

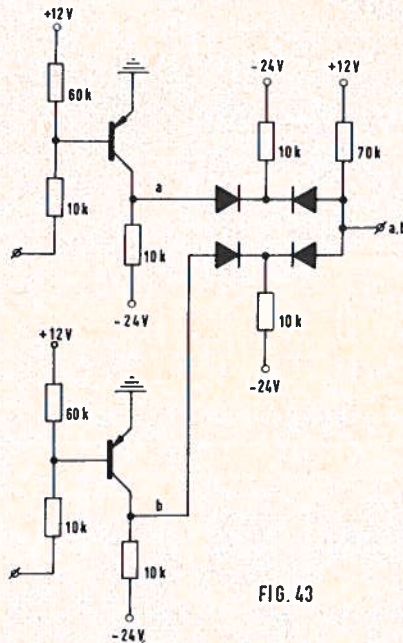


FIG. 43

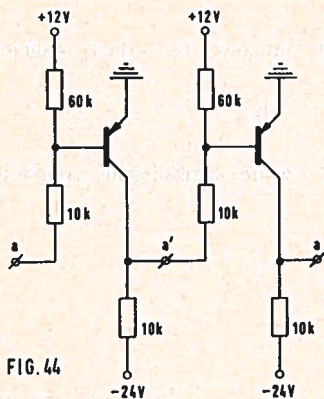


FIG. 44

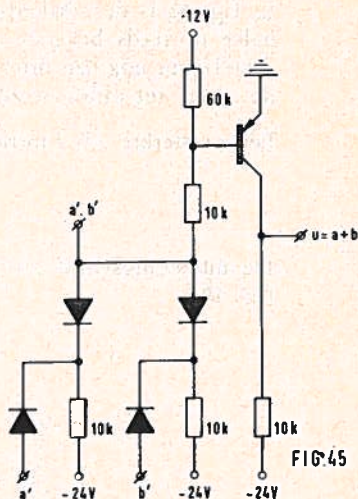


FIG. 45

vloeiende stromen. Deze kunnen we blokkeren door, op een wijze zoals aangegeven is in fig. 43, een diode met weerstand te plaatsen voor elke „en“-ingang. Hierdoor worden de „en“-ingangen voor de „niet“ gelijk aan „of“-ingangen.

Bij het gebruik van de „niet“ als logische versterker moeten we rekening blijven houden met de inversie die er in optreedt. Dit is op te heffen door het achter elkaar plaatsen van twee „niet“-schakelingen (zie fig. 44). De toestandswaarde van de laatste is dan steeds gelijk aan die op de ingang van de eerste. Aan deze cascadeschakeling kunnen we vaak ontkomen door de inversie m.b.v. de rekenregels XII en XIII (op blz. 152 en 153) te verdisconteren in de keuze van de poorten voor de „niet“-schakeling. Wensen we bijv. een versterkte $a + b$ functie, dan is deze te verwezenlijken met de schakeling volgens fig. 45. Voor deze „niet en“ functie geldt nl. volgens XII:

$$u = (a' \cdot b')' = a + b$$

RECTIFICATIE.

In het juninummer op blz. 167 onderste regel staat $u = u'$, dit moet zijn: $u = i'$

In fig. 46 is de schakelfunctie van de „niet en” symbolisch weergegeven. Behalve de reeds bekende symbolen voor de „en” en de „niet”, vinden we in deze figuur nog een driehoekig symbool, waarmee de versterkende werking van de „niet” tot uiting wordt gebracht.

Een versterkte a.b functie krijgt men met een „niet of”, daar volgens XIII:

$$(a' + b')' = a.b$$

De uitvoeringsvorm ziet men in fig. 47 en de symbolische voorstelling in fig. 48.

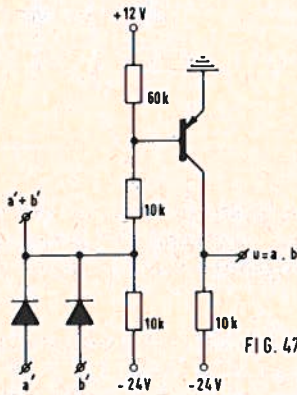


FIG. 47

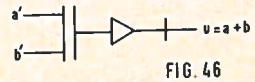


FIG. 46



FIG. 48

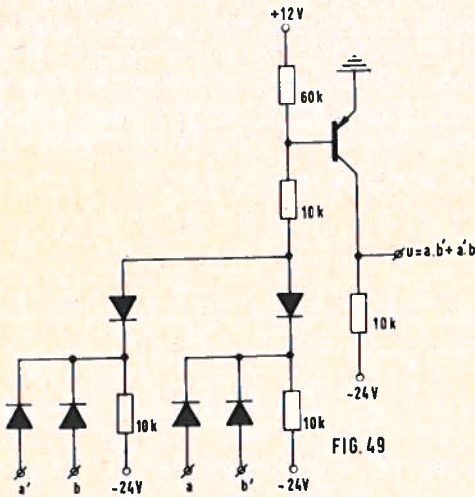


FIG. 49

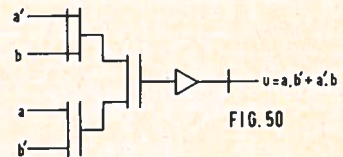


FIG. 50

In fig. 49 komen we tot een uitgebreider voorbeeld. Door toepassing van XII en XIII kunnen we de functie van deze schakeling omschrijven als:

$$\begin{aligned} u &= \{(a' + b) \cdot (a + b')\}' = \\ &= (a' + b)' + (a + b')' = \\ &= a \cdot b' + a' \cdot b. \end{aligned}$$

We blijken hier dus te doen te hebben met een elektronische uitvoeringsvorm van de op de blz. 151 en 152 gedefinieerde „exclusieve of”-functie.

In de volgende paragraaf zullen we zien welke nuttige rol deze schakelfunctie, waarvan de uitvoeringsvorm volgens fig. 49 nog eens in fig. 50 symbolisch is aangegeven, in elektronische rekenorganen kan vervullen.

6.5 Toepassing van de logica-schakeling.

Als toelichting op de wijze waarop men de beschreven logicaschakelingen kan toepassen, zullen we in deze paragraaf de constructie van een elektronische opteller in beschouwing nemen. Daar we het optellen in het *tweetalig stelsel* moeten uitvoeren, zijn enkele opmerkingen over dit stelsel misschien niet geheel overbodig. Temeer daar later bij de behandeling van de elektronische tellers enige kennis hieromtrent opnieuw van pas kan komen.

Om de resultaten van tellingen vast te leggen hebben we in het gewone gebruik tien tekens ter beschikking, nl. de cijfers 0 tot en met 9, welke samengevoegd worden tot een getal. Bij de interpretatie van een getal moeten we niet alleen op de vorm van het cijfer letten, maar tevens op de plaats die het in het getal inneemt. Zo heeft in het getal 33 de eerste 3 een andere betekenis dan de tweede. Het meest rechtse cijfer in een getal geeft een aantal eenheden aan. De eenheden van elk volgend cijfer naar links zijn steeds 10 x zo groot als die van het voorgaande. Uitgedrukt in de eenheid van het meest rechtse cijfer kunnen we voor 12067 schrijven:

$$1 \times 10^4 + 2 \times 10^3 + 0 \times 10^2 + 6 \times 10^1 + 7 \times 10^0$$

Is de verhouding tussen de eenheidsgrootte van twee naastliggende cijfers 10 dan spreekt men van een *tientallig stelsel*. Er zijn en waren ook andere stelsels. Zo werkten de Romeinen met een *vijftallig stelsel*.

Het *tweetalig* stelsel kent slechts de cijfers 0 en 1, zodat de getallen in dit stelsel weergegeven kunnen worden met behulp van een aantal logicaschakelingen. Een verzameling van schakelingen, waarin een compleet getal wordt bewaard, noemt men een *register*. De eigenlijke aard van deze schakelingen zullen we later in behandeling nemen.

Van twee naastliggende cijfers in een *tweetalig* getal is de eenheidsverhouding 2. Voor het getal 11101 kunnen we dus schrijven:

$$\begin{aligned} 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 &= \\ 16 + 8 + 4 + 0 + 1 &= 29. \end{aligned}$$

De tafel van optelling voor twee cijfers a en b luidt:

| a | b | s |
|---|---|----|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 10 |

en voor de drie cijfers a, b en c

| a | b | c | s |
|---|---|---|----|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 10 |
| 1 | 0 | 1 | 10 |
| 0 | 1 | 1 | 10 |
| 1 | 1 | 1 | 11 |

Met behulp van deze twee tafels zijn we in staat optellingen uit te voeren van twee willekeurig grote tweetallige getallen. Evenals bij het optellen van gewone getallen, worden ze onder elkaar geplaatst en beginnen we met de optelling van de twee meest rechtse cijfers, waarvan de eenheidsgrootte vanzelfsprekend gelijk moet zijn. Zijn deze cijfers beide 1, dan is volgens de eerste optelafel de som 10. Hiervan wordt de 0 in de som onder de twee cijfers geplaatst en de 1, bij wijze van geheugensteuntje, boven de twee naastliggende cijfers. Dit is dezelfde methode als we gebruiken bij het optellen van twee gewone getallen. Hebben we daarbij bijv. te maken met de cijfers 8 en 7 dan geldt voor de som 15 ook: 5 opschrijven en 1 onthouden. Het optellen wordt op deze wijze gesplitst in twee bewerkingen: het bepalen van de eigenlijke „som”-cijfers onder de getallen en van de zgn. „overdrachts”-cijfers boven de twee getallen. Van deze cijfers kunnen we de meest rechtse bepalen met behulp van de eerste optelafel. Voor alle andere kolommen, die tengevolge van de overdrachten uit drie cijfers bestaan, moeten we de tweede optelafel raadplegen.

Hieronder volgt een voorbeeld van een dergelijke optelling:

| | | | |
|------------|-----|-----------------|----------|
| overdracht | (c) | 1 0 0 1 1 1 | |
| 1e getal | (a) | 1 1 0 0 1 0 1 | = 101 |
| 2e getal | (b) | 1 1 0 1 1 1 | + = 55 + |
| | | <hr/> | |
| som | (s) | 1 0 0 1 1 1 0 0 | = 156 |

Voor een elektronische verwezenlijking van dit optelsysteem gaan we van het volgende uit.

We nemen aan dat we de beschikking hebben over twee registers waarin de getallen a en b zijn opgeslagen. Elk register heeft n uitgangsklemmen waarvan de 0- of 1-toestanden overeenstemmen met de waarde van de cijfers in de getallen a en b . De aparte uitgangsklemmen geven we aan met a_1, a_2, \dots, a_n en b_1, b_2, \dots, b_n , waarbij a_1 en b_1 overeenstemmen met de meest rechtse cijfers van de getallen.

Tevens onderstellen we nog, dat de beide registers een serie extra uitgangsklemmen bezitten waarvan de spanningstoestanden overeenstemmen met de inverse waarden van de cijfers. Van het geheel geeft fig. 51 een schematische voorstelling.

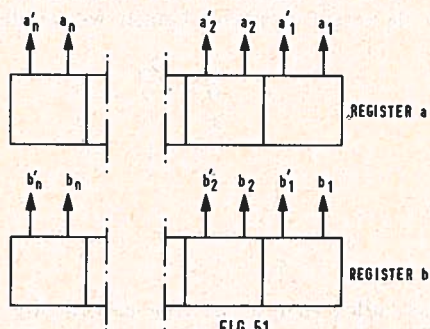


FIG. 51

Onze opgave is nu om met behulp van de beschreven logica-schakelingen de som s te bepalen van de in de registers opgeslagen getallen a en b . Zoals we zagen is daarbij als tussenbewerking het bepalen van de overdrachtscijfers noodzakelijk. De cijfers van de som s geven we aan met $s_1, s_2, \dots, s_n, s_{n+1}$ waarbij s_1 het somcijfer van a_1 en b_1 is.

De overdrachtscijfers noemen we c_2, c_3, \dots, c_n waarbij c_2 het bij de somming van a_1 en b_1 ontstane overdrachtscijfer is, dat boven a_2 en b_2 geplaatst moet worden.

We beginnen met het construeren van de logica-schakeling voor het vormen van s_1 . Hiervan moet de uitgangstoestand, bij alle mogelijke waardecombinaties van a_1 en b_1 , overeenstemmen met de juiste waarde van s_1 . Aan de hand van de eerste opteltafel komen we tot de volgende vier gevallen:

| a_1 | b_1 | s_1 |
|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

We zien hieruit dat:

$$s_1 = 1 \text{ als } a_1 = 1 \text{ en } b_1 = 0 \text{ of } a_1 = 0 \text{ en } b_1 = 1$$

waarvoor we ook kunnen schrijven:

$$s_1 = 1 \text{ als } a_1 = 1 \text{ en } b_1' = 1 \text{ of } a_1' = 1 \text{ en } b_1 = 1$$

Deze laatste schrijfwijze brengt ons op de schakelfunctie:

$$s_1 = a_1 \cdot b_1' + a_1' \cdot b_1 \dots\dots\dots (1)$$

De juiste waarde van s_1 krijgen we dus met een „exclusieve of” welke a_1 en b_1 en de inversen hiervan als ingangsvoorwaarden heeft. Willen we s_1 versterkt ter beschikking hebben dan kunnen we bijv. de schakeling nemen volgens fig. 49 in de vorige paragraaf, waarin dan $u = s_1$ wordt.

Uit de cijfers a_1 en b_1 moeten we nu nog het overdrachtscijfer c_2 bepalen. Weer volgens de eerste optel tabel komen we tot de volgende logische tabel:

| | | |
|-------|-------|-------|
| a_1 | b_1 | c_2 |
| 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

waaruit volgt:

$$c_2 = 1 \text{ als } a_1 = 1 \text{ en } b_1 = 1, \text{ dus:}$$

$$c_2 = a_1 \cdot b_1 \dots\dots\dots (2)$$

Zoals we straks zullen zien, is het voor de bepaling van s_2 en c_3 noodzakelijk dat we beschikken over c_2 en c_2' . Een mogelijke methode voor het verkrijgen van deze twee waarden is schematisch aangegeven in fig. 52. Een uitvoeringsvorm zou kunnen zijn de schakeling volgens fig. 47 met daarachter nog een extra „niet”-schakeling voor de vorming van c_2' .

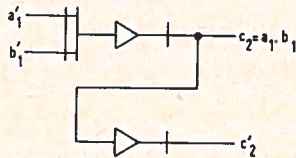


FIG 52

Voor het bepalen van s_2 en c_3 raadplegen we de tweede optel tabel en komen dan tot de volgende logische tabel:

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| a_2 | b_2 | c_2 | c_3 | s_2 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

s_2 blijkt in vier gevallen de waarde 1 te moeten krijgen en we vangen ze alle vier met de schakelfunctie:

$$s_2 = a_2 \cdot b_2' \cdot c_2' + a_2' \cdot b_2 \cdot c_2' + a_2' \cdot b_2' \cdot c_2 + a_2 \cdot b_2 \cdot c_2 \dots (3)$$

De eerste twee termen hebben c_2' en de laatste twee c_2 gemeenschappelijk, zodat we kunnen schrijven:

$$s_2 = c_2' (a_2 \cdot b_2' + a_2' \cdot b_2) + c_2 (a_2' \cdot b_2' + a_2 \cdot b_2) \dots (4)$$

We stellen nu:

$$A_2 = a_2 \cdot b_2' + a_2' \cdot b_2 \dots (5)$$

m.a.w. van a_2 en b_2 vormen we de „exclusieve of” A_2 .

Formule (4) kunnen we hiermee vereenvoudigen tot:

$$s_2 = c_2' \cdot A_2 + c_2 (a_2' \cdot b_2' + a_2 \cdot b_2) \dots (6)$$

Van de vier waardecombinaties, welke a_2 en b_2 kunnen vormen, zijn er twee verwerkt in A_2 . De overige twee bevinden zich tussen de haakjes in de tweede term van (6).

Deze moeten bijgevolg gelijk zijn aan A_2' .

Dit is schakelalgebraïsch als volgt te bewijzen:

$$A_2' = (a_2 \cdot b_2' + a_2' \cdot b_2)'$$

Volgens XII en XIII is:

$$A_2' = (a_2 \cdot b_2')' \cdot (a_2' \cdot b_2)' = (a_2' + b_2) \cdot (a_2 + b_2') = a_2' \cdot a_2 + a_2' \cdot b_2' + a_2 \cdot b_2 + b_2 \cdot b_2'$$

Volgens rekenregel IX op blz. 151 is $a_2' \cdot a_2 = 0$ en $b_2 \cdot b_2' = 0$, zodat

$$A_2 = a_2' \cdot b_2' + a_2 \cdot b_2 \dots (7)$$

Gelet op deze waarde kunnen we nu voor (6) schrijven:

$$s_2 = c_2' \cdot A_2 + c_2 \cdot A_2' \dots (8)$$

zodat s_2 eveneens met een „exclusieve of” te verwezenlijken is, maar dan nadat we eerst m.b.v. een aparte „exclusieve of” A_2 gevormd hebben.

Bepalen we nu verder de schakelfunctie van c_3 . Ook deze krijgt bij vier combinaties van a_2 , b_2 en c_2 de waarde 1, welke gevat worden door de schakelfunctie:

$$c_3 = a_2 \cdot b_2 \cdot c_2' + a_2' \cdot b_2 \cdot c_2 + a_2 \cdot b_2' \cdot c_2 + a_2 \cdot b_2 \cdot c_2 \dots (9)$$

De eerste en laatste term hebben $a_2 \cdot b_2$ gemeenschappelijk en de twee middelsten c_2 , zodat:

$$c_3 = a_2 \cdot b_2 (c_2' + c_2) + c_2 (a_2' \cdot b_2 + a_2 \cdot b_2') \dots (10)$$

Daar volgens rekenregel X op blz. 151 $c_2' + c_2 = 1$ en gelet op het gestelde voor A_2 in (5) kunnen we schrijven:

$$c_3 = a_2 \cdot b_2 + c_2 \cdot A_2 \dots (11)$$

Dit is geen „exclusieve of” maar kan toch wel met een schakeling zoals gegeven in fig. 49, uitgevoerd worden. Als besturingsvoorwaarden voor de twee

„of”-poorten nemen we dan a_2' met b_2' en c_2' met A_2' , want dan is weer :

$$u = c_3 = \{(a_2' + b_2') \cdot (c_2' + A_2')\}' = \\ (a_2' + b_2')' + (c_2' + A_2')' = \\ a_2 \cdot b_2 + c_2 \cdot A_2.$$

De vorming van alle andere som- en overdrachtscijfers geschiedt op dezelfde wijze als voor s_2 en c_3 , zodat we bijv. voor het opstellen van twee getallen met elk 3 cijfers, komen tot een schakeling zoals schematisch is aangegeven in fig. 53.

De hier gegeven voorbeelden zijn niet de meest optimale schakelingen en ook zeker niet de snelste. Men moet ze zien als een eerste voorbeeld van wat met logica-schakelingen te bereiken is.

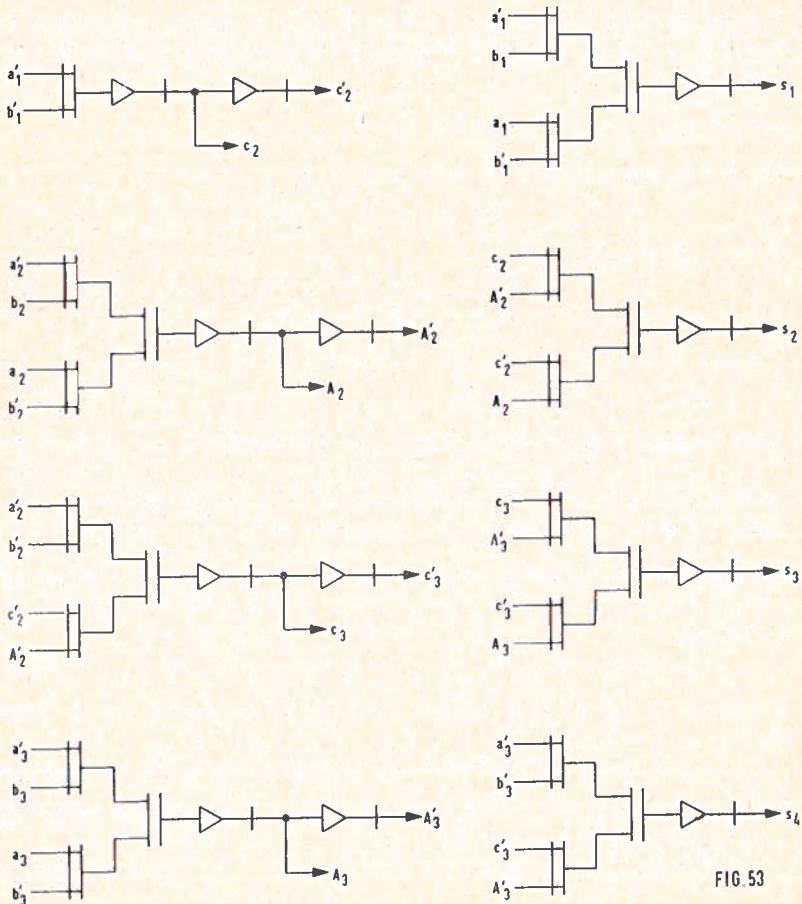
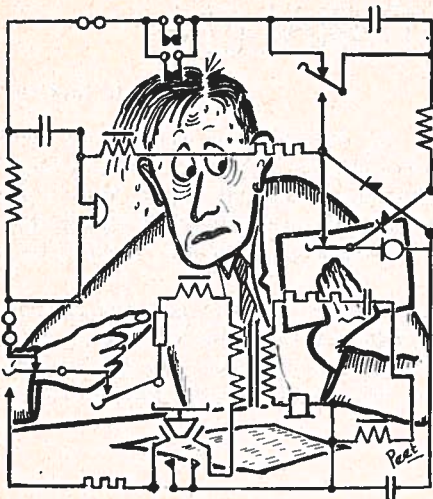


FIG 53

(wordt vervolgd)



Examenantwoorden

63-044

1. $50 = 0,001118 \times 2 \times 3600 \times I$

$$I = \frac{50}{0,001118 \times 2 \times 3600} = 6,2 \text{ A.}$$

2. $\text{emk} = (I \times R_u) + (I \times R_i)$

$$1,4 = (0,7 R_u + (0,7 \times 0,25))$$

$$1,4 = 0,7 R_u + 0,175$$

$$0,7 R_u = 1,4 - 0,175$$

$$R_u = \frac{1,225}{0,7} = 1,75 \text{ ohm.}$$

3. $R_k = \frac{220}{3,67} = 60 \text{ ohm.}$

$$R_w = \frac{220}{3,16} = 69,6 \text{ ohm.}$$

Daar $R_w = R_k (1 + \alpha \cdot t_v)$ is:
 $R_w = R_k + R_k \cdot \alpha \cdot t_v$ of
 $69,6 = 60 + 60 \times 0,004 \alpha t_v$
 $9,6 = 0,24 \alpha t_v$

$$t_v = \frac{9,6}{0,24} = 40 \text{ }^\circ\text{C.}$$

4. $E_k = I \times R_u = 6 \times 5 = 30 \text{ volt.}$

Het inwendige spanningsverlies =

$$E_v = \text{emk} - E_k = 48 - 30 = 18 \text{ volt.}$$

$$E_v = I \times R_i$$

$$R_i = \frac{E_v}{I} = \frac{18}{6} = 3 \text{ ohm.}$$

5. Stel parallel geschakelde $R = x$

$$\frac{1}{1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{x}$$

$$\frac{1}{1} - \frac{1}{5} = \frac{1}{x}$$

$$5x - x = 5$$

$$4x = 5$$

$$x = 1,25 \text{ ohm.}$$

(Vervolg van blz. 179).

B. Kieboom.

Het mica heeft natuurlijk ook nadelen. Bij de bewerking van de ruwe stof tot platen ontstaan zeer veel schilvers. Hoewel dit niet direct afval is, maakt het toch de handelswaarde van het materiaal aanmerkelijk hoger. Mica is dus zeer duur vooral in de grotere afmetingen, die overigens zeer beperkt zijn. Als de toepassing dan ook niet strikt noodzakelijk is, wordt veelal gebruik gemaakt van vervangingsmateriaal.

Een ander belangrijk nadeel is, dat het zich niet in iedere gedaante laat vervormen. Er is grote kans dat het bij ombuigen in de bocht breekt, zo niet geheel dan toch in één of meerdere lagen. Het isolerend vermogen is groot, zodat het dáár wordt toegepast, waar met ruimte nogal gewoekerd moet worden.

MICAFABRIKATEN.

Micaniet — *Megohmiet* — *Micafolie* — *Micazijde* — *Micalex*.
Micaniet.

Een groot bezwaar van mica wordt, zoals reeds vermeld, gevormd door de beperkte afmetingen; daarom worden de grote schilvers mica overlappend op elkaar geplakt in meerdere lagen. Als bindmiddel is gezocht naar een taaie, isolerende stof. Oorspronkelijk werd *shellak* gebruikt en later *kunstmatige barsen*. De grotere schilvers mica-afval met het bindmiddel worden tot een vaste massa geperst, onder zeer hoge druk van ongeveer 80 kg/cm², bij een verhoogde temperatuur. Er blijft dan nog weinig lak over, het resterende bindmiddel verdampt. Op deze wijze worden *micaniet-platen* verkregen van ca. 600—1000 mm grootte, deze afmetingen zijn veel groter dan van het originele mica.

De dunste plaat is 0,25 mm, de dikste is 1,5 à 2 mm. De dikkere soorten zijn vervangen door bakeliëtpapier. De micanietplaten zijn met een nauwkeurigheid van ongeveer 0,01 mm te slijpen. Dat dit produkt in geen geval dezelfde eigenschappen kan bezitten als mica, behoeft verder geen uitleg, als we alleen maar het onvoldoende isolerend vermogen van het bindmiddel beschouwen. Eén der belangrijkste voordelen ervan is wel de mogelijkheid tot vervorming, eventueel na een geringe temperatuursverhoging. Na afkoeling behoudt het de vorm, waarin het gebracht is.

Megohmiet.

Megohmiet wordt uit dezelfde bestanddelen als micaniet geproduceerd. Teneinde het minder gevoelig te maken voor de inwerking van zuren en dergelijke, wordt het bindmiddel er zoveel mogelijk uitgeperst. Het gevolg hiervan is, dat megohmiet minder buigzaam is dan micaniet. Vooral hierom zal het in hoofdzaak worden gebruikt voor de fabricatie van platen en vormstukken. Eigenlijk is megohmiet een verzamelnaam, als zodanig dan ook dikwijls verkeerd gebruikt.

Zoals reeds besproken, wordt het bindmiddel er zoveel mogelijk uitgeperst. Door meer of minder bindmiddel weg te persen krijgt men verschillende soorten megohmiet, die elk een afzonderlijke naam dragen. Indien vrijwel alle lak (bindmiddel genoemd) wordt weggeperst, dan krijgt men het zgn.:

Wit-micaniet.

Dit is ongeveer even bruikbaar als mica.

Wordt er minder hard geperst, dan krijgt men het zgn.:

Bruin-micaniet.

Wanneer dit verhit wordt, kan het iets worden verbogen.

Wordt er nog minder hard geperst, dan krijgt men het zgn.:

Vorm-micaniet.

Men kan dit in vormen persen, mits geen afrondingen voorkomen met een kleinere straal dan 5 mm. Met een toenemend lakgehalte daalt vooral de temperatuurbestendigheid en de isolerende eigenschappen.

Micafolie.

Kunnen de genoemde fabricaten niet als vormstukken worden toegepast, dan wordt het mica-afval verwerkt met weefsels als papier e.d. Micafolie verkrijgt men door de kleinere micaschilvers te plakken op vellen papier of op andere vellen of banen draagmateriaal.

Micazijde.

In vele gevallen brengt men op de schilvers nog een tweede laag papier of draagmateriaal aan. Men spreekt dan van:

Micapapier of *Micazijde*.

Een andere benaming die hiervoor veel wordt gebruikt is *micanietpapier* en *micaniellinnen*.

De hier genoemde materialen bezitten een grote mate van buigzaamheid; het isolerend vermogen is niet overal gelijk, omdat het niet goed mogelijk is op alle plaatsen een gelijke hoeveelheid mica te verkrijgen. Ten opzichte van het isolerend vermogen moet het toepassen van dit materiaal met uiterste omzichtigheid geschieden. Het materiaal kan worden geknipt, geponst of gewikkeld. Een zeer dun materiaal heeft men in de micazijde met een dikte van ongeveer 0,08 mm. De temperatuurbestendigheid van deze materialen is beperkt door het organische draagmateriaal. Vandaar dat men tegenwoordig asbest en glasweefsels, in heel speciale gevallen gecombineerd met *siliconelak* als draagmateriaal toepast.

Bovendien moet nog worden opgemerkt, dat de eigenschappen natuurlijk afhankelijk zijn van de onderlinge verhoudingen der bestanddelen mica, bindmiddel en draagmateriaal. Als vergelijk zijn enkele materiaal-eigenschappen in een tabel weergegeven.

| Benaming: | Dikte in mm: | Doorslagen kV/mm: | ϵ | tg δ % | Max. temp. °C |
|----------------|--------------|-------------------|------------|---------------|---------------|
| mica | — | 100 | 7. | 0,02 | 700 |
| wit-micaniet | 0,2 —1. | 40 | 5,3 | 3,5 | 400 |
| bruin-micaniet | 0,1 —0,5 | 35 | 5. | 3,5 | 300 |
| vorm-micaniet | 0,1 —0,2 | 30 | 5. | 3,5 | 200 |
| micafolie | 0,2 —0,3 | 30 | 4. | 3. | 110 |
| micapapier | 0,1 —0,2 | 30 | 4. | 3. | 110 |
| micazijde | 0,07—0,1 | 20 | 4. | 3. | 130 |
| micaniet | } 0,4 —0,7 | 25 | 4,5 | 15. | 95 |
| olielinnen | | | | | |

Micalex.

Dit verkrijgt men, wanneer poedervormige mica wordt gemengd met een poedervormig glasachtig bindmiddel. Het op deze wijze verkregen materiaal wordt in stalen vormen geperst, het geheel heeft een temperatuur van ongeveer 700 °C. Het glasachtig bindmiddel moet dus een laag verwekingspunt hebben, het is daartoe sterk loodhoudend. Bewerkbaar is de stof wel, maar men moet voorzichtig met dit materiaal zijn, daar deze stof aanleiding tot loodvergiftiging kan zijn. Meestal wordt het materiaal in staven en strippen verkocht, welke dan bewerkt kunnen worden. Men kan ook direct in de vorm persen, dit leent zich echter alleen voor massaproductie, daar de stalen vormen zeer duur zijn. Het soortelijk gewicht is 2,5. De buigsterkte bedraagt 800 kg/cm². De maximale gebruikstemperatuur is 450 °C, $\epsilon = 8$, tg $\delta = 0,002$ bij 50 Hz, bij 10⁶ Hz. is dit 0,004. Soortelijke-weerstand is 10⁷ megaohm/cm. Oppervlakte-weerstand is 10⁶ megaohm. Met materiaal laat geen water of olie door, terwijl het bestand is tegen een lichtboog.

XI. *Magnesiumoxyde.*

Dit wordt veel gebruikt als bestanddeel in anorganisch isolatiemateriaal. Een directe toepassing vindt men bij de:

Pyrotanaxleiding.

Hierbij gaat men uit van een koperen buis, waarin een koperdraad wordt geschoven, terwijl op deze koperdraad *tabletten magnesiumoxyde* worden geschoven. Vervolgens wordt deze buis met geleider en al getrokken, totdat de vereiste leidingdiameter is verkregen (fig. 7).



FIG 7

Het magnesiumoxyde wordt hierbij verdicht, terwijl het verandert in een harde massa. Magnesiumoxyde is zeer hygroscopisch, dus aan de afwerking van de einden worden hoge eisen gesteld. De montage wordt daardoor vrij duur. De leiding wordt echter hoger belast dan de gewone leiding. De gebruikstemperatuur wordt door het koper begrensd, maar voor de hogere tem-

peraturen zijn speciale afdichtingsmiddelen noodzakelijk. Het materiaal is niet brandbaar, bovendien kan het met meerdere geleiders worden vervaardigd.

NATUURLIJKE ORGANISCHE MATERIALEN.

Natuurlijke stoffen zijn stoffen, welke de natuur ons levert. Organische stoffen zijn stoffen, welke levend zijn en dus betrekking hebben op lichamen met een organisme. Anorganisch daarentegen wil zeggen niet levend, niet organisch.

XII. Hout.

Hout wordt wegens zijn brandbaarheid en het gemakkelijk opnemen van vocht niet of zo weinig mogelijk toegepast. In het laatste geval slechts dan, wanneer het is verzadigd met een stof, welke de brandbaarheid opheft en tevens vochtwerend is. Het wordt daartoe eerst gedroogd daarna door en door geïmpregneerd. De harde houtsoorten zijn in sommige gevallen het meest aan te bevelen. Het hout wordt nog het meest onder olie gebruikt.

XIII. Katoen.

Katoen is voor het grootste gedeelte cellulose, de scheikundige formule hiervoor is $(C_{12}H_{20}O_{10})_n$; $n = 400$ t/m 2000.

Het katoen is een organisch materiaal met grote lange draadvormige moleculen en bevat kleine hoeveelheden harsen, eiwitten, enz. Bovendien is katoen hygroscopisch en verliest in vochtige lucht zijn isolatieweerstand geheel. Het wordt veel toegepast omdat men er draden van kan spinnen; deze draden worden weer voor omspinnings, vlechtingen en isolerende weefsels gebruikt. Wanneer katoen aan de lucht wordt blootgesteld dan zal het bijna altijd worden geïmpregneerd. In de zwakstroomtechniek moet men er om denken, dat de capaciteit een belangrijk hogere factor verkrijgt, omdat de lucht uit de katoen vervangen is door het impregneermiddel. Overigens wordt in de zwakstroomtechniek de katoen steeds meer verdrongen door de kunstharsen. De dikte van de katoendraad wordt in *nummers* uitgedrukt, dit geeft aan de *lengtedraad* die in een *bepaald gewicht* gaat, zodat dus een *dikke draad* een *laag nummer* heeft. Soms wordt een draad gebruikt die verkregen is door twee dunne draden te twijnen.

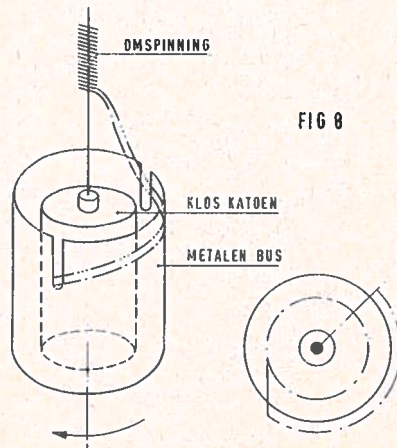


FIG 8

Omspinnen kan door bijv. 6 witte en 6 groene draden geschieden bij een 4000 tot 6000 toeren.

Een dunne laag omspinning kan bij beschadiging losspringen. Meestal zal men de omspinning in twee à drie lagen aanbrengen, waarbij men dikwijls voor de onderlaag een beter isolerend materiaal als *kunstzijde* of cotopa gebruikt.

De omspinningen worden dan tegen elkaar in aangebracht (fig. 9). In de buitenlaag kan men dan bijv. de kleuren aanbrengen voor de telling.

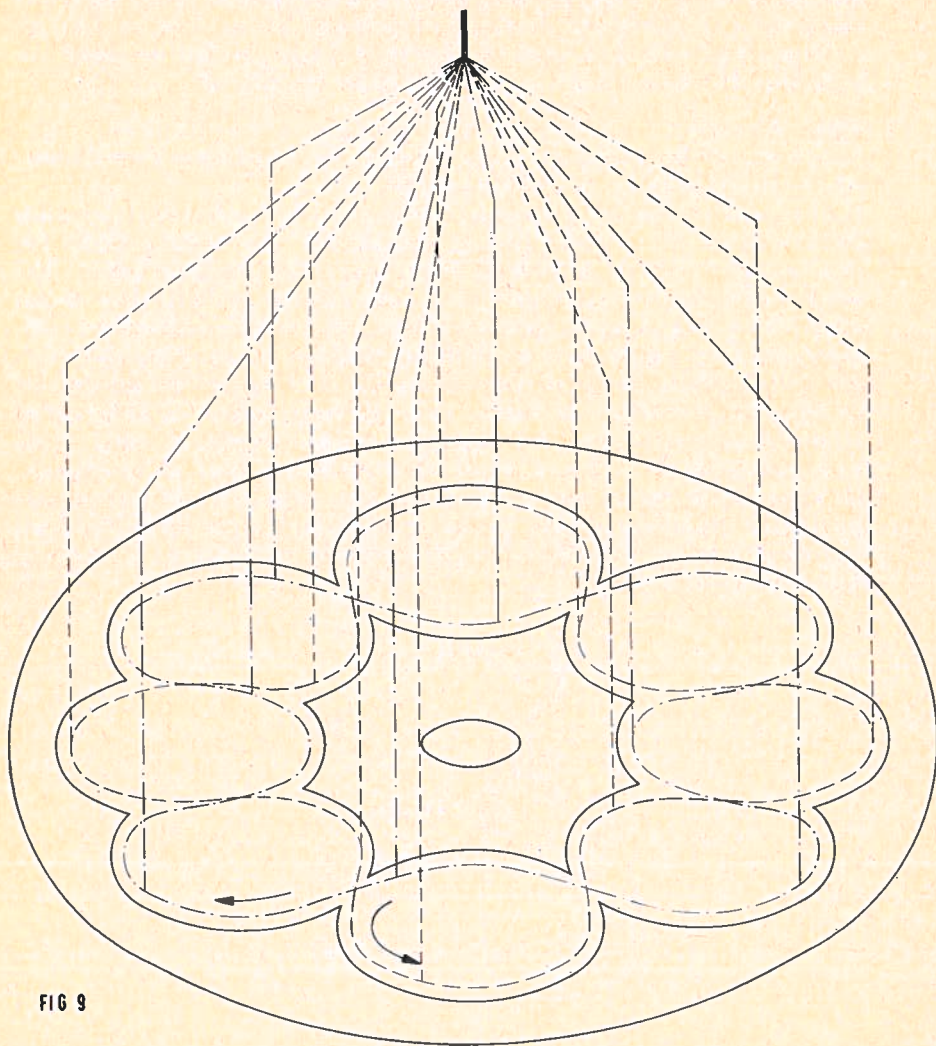


FIG 9

Vlechten.

De *Maypolenmachine* wordt gebruikt bij het maken van omvlechtingen. Het principe hiervan is gelijk aan het matjes vlechten van de kleuterschool (fig. 10).

Bij de vlechtmachine krijgt men een vlechtwerk, wordt dit beschadigd dan kan uitrafelen niet uit zichzelf ontstaan. De omspinning daarentegen heeft altijd neiging los te wikkelen bij een eventuele beschadiging. Bij de ontwikkeling van de vlechtmachine had de machine waarvan men uitging, *heen en weer* gaande spoelen. Ieder weer met een op en neer bewegend gewicht. Eerst is het gewichtje vervangen door een veer, daarna is men begonnen met niet de spoelen maar de draad te bewegen, eerst met hefboomen en later weer door geleidingen. Door het wegvallen van de heen- en weer gaande massa's, kon uiteindelijk een achtvoudige produktie worden bereikt.

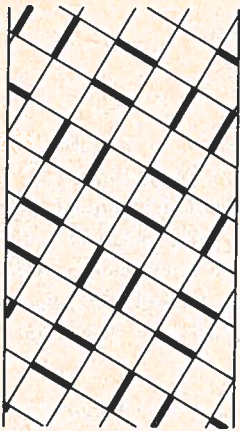


FIG 10

XIV. *Cotopa.*

Dit is een katoen die een behandeling met o.a. *azijnzuur* heeft ondergaan, zgn. *geacetyleerd* is. Deze katoensoort is hierdoor vrijwel niet hygroscopisch geworden, behoudt zijn elektrische eigenschappen zelfs ongedrenkt in vochtige lucht.

XV *Natuurzijde.*

De natuurzijde is afkomstig van de zijderups en is dus geen cellulose maar een dierlijk produkt. Voor isolatiedoeleinden gebruikt men de grovere *Tussahzijde*.

Ook natuurzijde behoudt niet gedrenkt, in vochtige lucht enige isolatieweerstand.

| | al of niet gedrenkt | doorslagspanning kV/mm | isolatieweerstand na 24 uur drogen bij 105 °C | daarna enige uren in lucht met 60% RV. | idem 90% RV. |
|---------|---------------------|------------------------|---|--|--------------|
| Katoen: | niet | 1200 | 800 | 0,02 | 0,000 |
| | wel | 1500 | 1000 | 0,25 | 0,003 |
| Tussah: | niet | 1000 | 2800 | 70 | 70 |
| | wel | 1500 | 8600 | 430 | 400 |
| Cotopa: | niet | 1250 | 4300 | 1700 | 1200 |
| | wel | 1300 | 8600 | 4200 | 1400 |

RV. wil zeggen relatieve vochtigheid, dat betekent dat bij een bepaalde temperatuur een bepaalde hoeveelheid water zich in de lucht bevindt. Katoen is slechts bij 60% en helemaal niet meer bij 90% te gebruiken. PTT keurt bij 90% RV.

KUNSTMATIGE ORGANISCHE MATERIALEN.

XVI. Glas.

Glas wordt verkregen door het samensmelten van een mengsel van 80 % zand, 10 % kalk en 10 % soda of potas. De smeltemperatuur is ca 1300 °C. Glas heeft een aantal goede eigenschappen als isolatiemateriaal, terwijl het bijna alleen kan worden toegepast bij in rust zijnde delen. De elektrische eigenschappen zijn zeer goed, echter niet bij hogere temperaturen. Glas is niet bestand tegen plotselinge temperatuurwisselingen, hoewel het hoge temperaturen kan verdragen, daarbij komt dat het chemisch zeer bestendig is, doorzichtig en niet hygroscopisch.

Men kan er zeer ingewikkelde vormen van maken met kleine wanddikten, die toch gasdicht zijn. Verder kan men glas metaliseren en metalen delen in- of aansmelten, bijv. gloeidraden. Het wordt vooral toegepast in het eerste ontwikkelingsstadium van apparatuur, bijv. gelijkrichters- en televisiebuizen.

Als nadelen worden genoemd de brosheid en de slechte bewerkbaarheid, het is eigenlijk alleen maar te slijpen. Ook vocht blijft gemakkelijk aan glas hangen. Bij zeer hoge temperaturen verliest het zijn isolatieweerstand terwijl het in vloeibare toestand zelfs een geleider kan worden. Het glas wordt gegoeten, geperst of geblazen.

Speciaal moet worden genoemd het *kwartsglas*, dat verkregen wordt door het smelten van zuiver kiezelzuur, (SiO_2). De elektrische eigenschappen zijn veel beter dan die van glas, ook bij hoge frequenties. Het is echter veel duurder. Men heeft ook nog een tussensoort, die gemaakt wordt van *kiezelzuur* met enkele 0,1% verontreiniging. Het materiaal is melkachtig wit en ondoorzichtig.

Van kwartsglas kunnen zeer dunne draden worden getrokken, zelfs van enkele duizendsten mm dikte, die zeer sterk zijn en in meetinstrumenten worden toegepast. Tegenwoordig wordt steeds meer gebruik gemaakt van de *glasvezel* als elektrisch isolatiemateriaal. De glaswol was als warmte-isolatiemateriaal al lang bekend. Men heeft ontdekt, dat de glasvezel zo soepel is te maken dat men deze kan verspinnen en dus gebruiken kan voor omspinningen en weefsels. Soms ook in bandvorm. Een bezwaar is echter dat de omspinning en weefsels hygroscopisch zijn door de capillaire werking. De belangrijkheid van dit materiaal is veel groter geworden door toepassing van de *siliconelak*, die de poriën opvult, zelf waterafstotend is en tegelijkertijd bestand is tegen ca. 200 °C.

| | glas | kwartsglas |
|---------------------------------|-------------------------------------|---|
| Soortelijk gewicht | 2,5 soms hoger | 2,2 |
| Buigvastheid kg/cm ² | 1500 | 700. |
| Smelttemperatuur °C | 1300 | 1720. |
| Doorslagsterkte kV/mm | 30 | 35. bij 20 °C 5. bij 500 °C |
| ϵ | 3 tot 12 | 4. tot 4,05 |
| ϵ tg. δ | 0,03 tot 0,1 | 0,0032 0,004 0,073 |
| Soortelijke weerstand | 10 ¹¹ à 10 ¹⁷ | 4 x 10 ¹⁹ 2 x 10 ¹⁴ 5 x 10 ⁷ |

XVII. *Porselein.*

Dit behoort tot de grote groep *Keramische materialen*. Deze groep bestaat uit verschillende metaaloxiden (zouten), die gemengd worden en zo gekozen zijn, dat zich bij verhitting een glasachtig bestanddeel gaat vormen, dat de samengestelde delen aan elkaar bindt en alle holten opvult. Men spreekt in dit geval dan ook wel van *sinteren*. De zgn. *sinter-techniek* speelt tegenwoordig een vrij grote rol in de vormgeving. Bij de genoemde groep keramische materialen treft men niet alleen isolatiemateriaal aan, maar ook magnetische materialen. Dit zijn materialen met in de regel een hoge ϵ en een kleine tg δ . Porselein is slechts geschikt voor die delen, welke niet aan trillingen en stoten worden blootgesteld. Een ruime toepassing vindt het reeds bij de vervaardiging van isolatoren, waaraan steeds hoge eisen worden gesteld, dit in verband met het isoleervermogen. Enkele daarvan zijn:

- bij het aanslaan moet de klank helder zijn,
- de kleur moet zuiver zijn,
- de breukvlakken fijn en overal gelijk en glinsterend.

Op de *glazuurlaag*, waarmee de porseleinklei is bedekt, dient streng te worden gelet. Dit bedekken met glazuur is nodig omdat het porselein hygroscopisch is. Het is gemakkelijk in te zien dat daarom de deklaag geheel vrij van scheurtjes moet zijn, omdat hierdoor vocht naar binnen kan dringen.

Teneinde isolatoren minder opvallend te maken, wordt de glazuurlaag wel gekleurd aangebracht, veelal groen.

Het porselein wordt verkregen door het samensinteren van het:

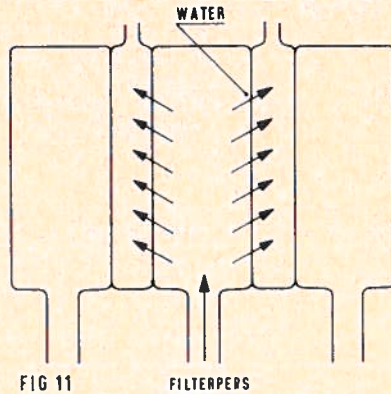
kaoline op pijpaaarde (Chinese klei),

kwarts (SiO₂) en het

veldspaat (CaF₂).

De normale samenstelling is 50 % kaoline en 25 % van elk der beide anderen.

De grondstoffen dienen zeer zuiver te zijn, de klei wordt gewassen terwijl de andere grondstoffen worden verpulverd, gemalen, gezeefd en in natte toestand met de kaoline vermengd. De aldus ontstane brij wordt daarna weer gezeefd en over een magneet gevoerd, waarna de brij in een filterpers komt en waaruit het materiaal als koeken wordt gehaald met een vochtgehalte van circa 25 %.



Deze koeken kunnen worden opgeslagen en bij het verder verwerken worden deze goed dooreengekneed, terwijl eventueel water en andere bestanddelen worden toegevoegd.

Porselein is door draaien, gieten of persen verder te verwerken. Het persen gebeurt in stalen vormen, nadat aan het materiaal water en soms wat olie is toegevoegd. Het is ook mogelijk continu stangen en buizen te persen, deze methode wordt bij massafabricage graag toegepast. Er dienen hoge eisen aan het aldus verkregen materiaal te worden gesteld. Een gevolg is dat de toepassing alleen bij lagere spanningen mogelijk is. Voor hoogspannings-materiaal gebruikt men meestal de draaimethode en voor ingewikkelde vormen, eventueel met kernen, de gietmethode. Het gieten gebeurt in vormen van gips, als dun vloeibare massa waarbij het water wordt opgenomen door de poreuze gipsvormen. Nadat de vormgeving is gebeurd moeten de voorwerpen worden gedroogd, hetgeen heel langzaam moet gebeuren en soms weken tot maanden kan duren om geen scheuren te krijgen. Dit is dus bepalend voor de levertijd, terwijl de kans van mislukken voor ogen gehouden moet worden. Na het drogen wordt het materiaal zeer langzaam verhit tot ongeveer 900 °C, dit wordt het „gloeien” genoemd, er treedt enige sintering op, het materiaal wordt steviger. Dit alles gebeurt nog steeds onder de smelttemperatuur van glasvorming, zodat het materiaal wat poreus is. Het voordeel is dat de glazuur zeer goed houdt. Deze tussenfase wordt alleen toegepast wanneer glazuur wordt vereist. Het branden volgt daarna op ongeveer 1400 °C, waarbij dus glasvorming optreedt, tevens treedt tijdens deze werking grote krimp op die soms 20 % kan bedragen. Ook deze hele warmtebehandeling, welke meestal in *tunnelovens* geschiedt waarbij de voorwerpen in dozen van *Chamotte* zijn opgesloten, duurt

lang. Het branden alleen al duurt 40 uur. Het afkoelen dient ook langzaam en met overleg te geschieden. De kwaliteit van het porselein is te beïnvloeden door de samenstelling te veranderen. Er bestaan ook nog speciale porseleinsorten. Het *steatiet* ontstaat, als er aan de samenstelling van porselein ook nog *magnesiumsilicaat* wordt toegevoegd. De eigenschappen van steatiet zijn beter dan die van porselein, terwijl de krimp zeer gering is zodat de maatnauwkeurigheid veel groter wordt. Wordt *titaandioxyde* gebruikt dan krijgt men materiaal dat zeer goede eigenschappen heeft, speciaal wat de diëlektrische verliezen betreft. Het wordt dan ook bij hoogfrequente doeleinden toegepast.

| | Porselein | Steatiet | H.F. porselein |
|---|---------------|-------------|----------------|
| Soortelijk gewicht | 2,4 | 2,7 | 3. |
| Buigsterkte kg/cm ² | 900. | 1400. | 1000. |
| Doorslagsterkte | 30 kV/mm. | 40 kV/mm. | 03 kV/mm. |
| ϵ bij 50 Hz. | 6. | 6. | 6 en hoger. |
| ϵ tg. δ 50 Hz. | 0,05 t/m 0,2. | 0,006—0,02. | — |
| 10 ⁶ Hz. ϵ tg. δ | 0,035—0,08. | 0,003—0,2. | 0,0007. |

KUNSTMATIGE ORGANISCHE MATERIALEN.

Bij de kunstmatige organische zijn twee groepen te onderscheiden:

- a. Tot de eerste groep behoren de *natuurlijke plantaardige stoffen*, waarin zich *cellulose* bevindt welke men eruit kan halen. De cellulose kan met of zonder een chemische behandeling verder worden verwerkt.
- b. Bij de tweede groep gaat men in principe uit van de *elementen koolstof en waterstof* eventueel ook nog *zuurstof, stikstof, chloor* enz.

Uit praktische overwegingen wordt dikwijls van koolwaterstoffen uitgegaan zoals deze voorkomen in de cokesfabricage of olieraffinaderijen.

XVIII. Cellulose.

Voornameijk gaat men hierbij uit van hout, hetwelk ongeveer 50% bruikbare cellulose bevat; de rest is vocht, hars, enz. Deze bijmengselen worden verwijderd door koken in *natronloog* (natron-cellulose) of in *calciumbisulfiet-oplossing* (sulfietcellulose). Voor de isolatiematerialen wordt van de *natroncellulose* uitgegaan, na het koken wordt de overblijvende cellulose zeer zorgvuldig gewassen. Op een zeefrol wordt het water verwijderd en de cellulose tot vellen gedroogd, deze cellulose is een belangrijk handelsartikel. In het krantenpapier zit nog het zgn. *houtslijp*; dit mag voor isolatiedoeleinden niet worden gebruikt. Voor het isolatiepapier wordt aan de cellulose de zgn. *Manillavezel* toegevoegd.

XIX. Papier en andere vezelstoffen.

Papier is feitelijk een zuivere cellulose. In de zgn. „*Hollander*” (roerkuip)

maakt men van de cellulose weer met behulp van water een dunne brij. Voor isolatiepapier wordt vrijwel nooit anders toegevoegd als de Manillavezel. Voor andere papiersoorten voegt men nog wel een vulstof toe, hiervoor dienen de actieve vulstoffen. Deze vulstoffen dienen het papier een bepaalde eigenschap te geven of het te verbeteren. De niet-actieve vulstoffen dienen om de prijs te verminderen, waarbij men nogal een verschil moet maken tussen de volumeprijs en de gewichtsprijs.

Na de „Hollander” worden op de papiermachine van de brij weer papiervellen gemaakt. Deze papiermachine is zeer lang, de dikte van het papier kan worden geregeld door toevoer van de hoeveelheid brij of de snelheid van de machine iets te wijzigen. Als laatste passeert het papier de „Kalander” en wordt dan opgerold (fig. 12).

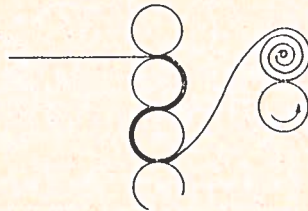


FIG 12

Papier wordt als isolatiemateriaal toegepast omdat het in droge toestand zeer goede elektrische eigenschappen heeft. De doorslagspanning is ongeveer 4 kV/mm. ϵ is 2 à 2,5 en tg. δ is 0,01.

De ontleding treedt op als het papier bij 80 °C wordt verhit. Niet gedrenkt papier wordt alleen gebruikt, wanneer het volkomen van de lucht is afgesloten, dit is het geval bij de telefoonkabels, (fig. 13).

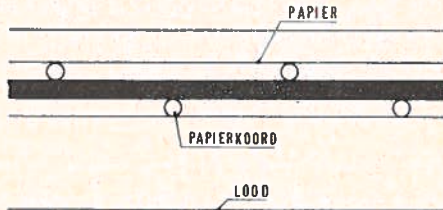


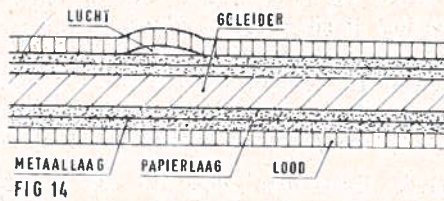
FIG 13

Men heeft hier feitelijk een papier-luchtisolatie, waardoor de ϵ (epsilon) en dus de capaciteit nog lager wordt. Van het gedrenkte papier is de ϵ natuurlijk hoger; dit is afhankelijk van het drenkingsmateriaal maar altijd boven de 4. In verband met het drenken eist men dat het papier gemakkelijk olie opzuigt bijv. 15 mm opzuighoogte binnen 10 minuten.

Papier wordt ook bij de hoogspanningstechniek veel als isolatiemateriaal toegepast. Er moet echter om gedacht worden, dat de elektrische weerstand loodrecht op de lagen papier groter is dan in langsrichting.

Bij de genoemde techniek worden steeds veel lagen papier aangebracht. De mechanische sterkte is in de lengterichting groter als in dwarsrichting. Een

voordeel van de gelaagde structuur is dat aan de binnenkant, aan de buitenkant en eventueel tussen de lagen in geleidende materialen aangebracht kunnen worden. Met het oog op het drenken moeten deze geleidende lagen zijn *geperforeerd*.



Als drenkingsmassa voor papier wordt gebruikt:

1. *Vloeibare materialen.*

- a. Vloeibare gechlloreerde koolwaterstoffen die het voordeel hebben dat ze niet brandbaar zijn. Deze stoffen hebben echter een hoge ϵ , wat voor condensatoren van belang kan zijn.
- b. Gewone koolwaterstoffen zoals minerale olie. Hierbij wordt een doorslagsterkte gevonden van 40 kV/mm en hoger, de $\text{tg } \delta$ varieert van 0,012—0,04, terwijl $\epsilon = 4$. Met de temperatuur kan men tot circa 95 °C gaan. Het papier wordt eerst in vacuüm gedroogd, terwijl het hierin ook wordt geïmpregneerd.

2. *Gemakkelijk smeltbare stoffen.*

- a. De zgn. *kabelmassa*, welke bestaat uit 3 delen minerale olie en 1 deel hars. Bij kamertemperatuur is dit een zalfachtige massa. De doorslagsterkte is iets lager nl. circa 30 kV/mm. De $\text{tg } \delta$ is ongeveer tweemaal zo hoog.
- b. Gemakkelijk smeltbare stoffen zoals *parafine*, ed.
- c. Vaste gechlloreerde koolwaterstoffen.

3. *Gassen onder druk.*

Deze zijn meestal terug te brengen tot stikstof van 5—10 atmosfeer druk. Hiervoor worden gesloten vaten gebruikt, die bestand zijn tegen deze inwendige overdruk.

Bijzondere vormen van cellulose (andere vezelstoffen).

Andere vezelstoffen worden uit weefsels gevormd van verschillende plantaardige stoffen en worden meestal voor isoleerdoeleinden gebezigd, om hun gelijkmatige en dichte weefsel. In de regel echter in verbinding met andere isolerende materialen. De meest voorkomende onder deze produkten zijn:

1. *De fibersoorten, en wel:*

Rode fiber, Bruine fiber, Zwarte fiber.

De beide eerstgenoemde bestaan voornamelijk uit papier- of vezellagen met één of andere kleefmassa, onder hoge druk en bij verhoogde temperatuur op elkaar gelijmd. In vochtige ruimten zijn deze materialen niet aan

te bevelen, daar zij min of meer hygroskopische eigenschappen bezitten. Ze kunnen dus vochtdeelen uit de dampkring opnemen.

De zwarte fiber, ook wel *ge vulcaniseerde- of vulkaanfiber* genoemd, is een produkt, welke wordt verkregen door de behandeling van cellulose met een zwavelzuur of zinkchloride. Het is beter bestand tegen de invloed van de dampkring dan de andere soorten. Toch is het niet een isolator die voor alles even geschikt is, ondanks de goede mechanische eigenschappen vooral wat betreft de slagvastheid. Vroeger was dit een zeer belangrijk materiaal, het is echter geheel verdrongen door de soorten bakeliëtpapier.

De genoemde fibersoorten laten zich over het algemeen vrij goed verwerken en beter, naarmate de samenstelling vaster is.

2. Een ander materiaal dat dikwijls wordt gebruikt is geperst papier, een soort hard karton. Het is beter bekend onder de naam:
Presphan.

Het isoleervermogen hiervan is tamelijk hoog en bovendien door de gelijkmatige samenstelling in alle richtingen gelijk. Een eerste eis hiervan is natuurlijk, dat de stof absoluut droog blijft. Om hiervan zeker te zijn, wordt het in zuivere lijnolie gekookt, welke bewerking verscheidene uren in beslag neemt (12 tot 18 uur), één en ander afhankelijk van de dikte van het papier. Presphan kan op velerlei manieren worden verwerkt. Het laat zich zeer goed buigen en vochtig gemaakt kan het zelfs in een vorm worden geperst, dit alles zonder dat het isolerend-vermogen in de gebogen gedeelten veel vermindert. De zgn. kromtestraal moet hierbij nooit kleiner zijn dan 5 maal de materiaaldikte. De persstukken kunnen ook direkt uit de vezelbrij worden gemaakt. De presphan komt voor in platen van 0,3—15 mm dikte en op rollen van 0,1 t/m 1 mm.

3. *Bakeliëtpapier* wordt verkregen door papierlagen te drenken in bakeliëthars dat is opgelost en dus nog niet is gehard. Een voldoende aantal lagen papier worden op elkaar gelegd en onder persdruk verhit. Door deze verhitting onder druk wordt het hars gehard, terwijl de structuur zeer dicht wordt (zie later bij bakeliët). Op deze wijze zijn platen te maken in allerlei dikten en kunnen er buizen van worden gewikkeld. De elektrische eigenschappen zijn loodrecht op de lagen beter dan in langsrichting, terwijl de mechanische eigenschappen juist in de langsrichting beter zijn. Het materiaal kan tegen vrij hoge temperaturen, is bestand tegen olie en het kan vrij goed worden verwerkt, boren, draaien, enz. Op sommige punten heeft dit materiaal het porselein verdrongen vooral door de korte levertijd. Een groot voordeel is, dat door de gelaagde structuur ook metaallagen kunnen worden ingevoegd. Dit laatste wordt bij hoogspanningsdoorvoering nogal eens toegepast. Behalve papier wordt ook bakeliët toegepast gecombineerd met textielweefsels, dunne lagen hout, glasweefsels, asbestweefsels, enz.

| | Buis | Plaat |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| Soortelijk gewicht | 900 kg/cm ² | 1,4 |
| Buigvastheid | 1,1 | 1700 kg/cm ² |
| Gebruiks-temperatuur | 115 °C. | 115 °C. |
| Ontledingstemperatuur | 290 °C. | 280 °C. |
| ϵ | 20 °C. | 4. |
| | 90 °C. | 4,5 |
| ϵ tg. δ | 20 °C. | 0,08-0,16 |
| | 90 °C. | 0,20-0,5 |
| Doorslagsterkte | 20 kV/mm | 20 kV/mm |

| | Buigvastheid kg/cm ² | Slagbuissterkte kg/cm ² |
|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Bakeliet met houtmeel | 800 | 7 |
| Bakeliet met textielvlokken | 1400 | 35 |
| Bakeliet met dunne houtlagen | 3200 | 92 |
| Vulkaanfiber | 1600 | 100 |

De slagbuissterkte houdt verband met de proef uitgevoerd met de *Sharpy-hamer*.

Natuurlijk zijn hiermede nog niet alle voorkomende isolatiematerialen besproken, maar dat is ook niet goed mogelijk, omdat het aantal verschillende soorten vezelstoffen tamelijk uitgebreid is. Hoewel er wat bereidingswijze betreft, bij de verschillende samenstellingen wel enige afwijkingen kunnen worden aangewezen, komen ze in principe nogal overeen. Enkele der nog niet of nauwelijks genoemde isolatiematerialen in deze serie zijn: *Bakeliet*, *Turboniet*, *Lorivab*, *Pertinax*, *Zwart-Helfiet*, *Mahonie-Helfiet*, *Leerpapier*, enz. enz.

XX. Lak, olie en vernis.

De isoleermaterialen, benodigd bij de dynamobouw, voor het isoleren van ankerpleuven en staven, worden niet in hun ware gedaante aangebracht, maar nadat ze vooraf met *Lak*, *Olie* of met *Vernis* behandeld zijn.

Het doel hiervan is:

- het beschutten van het materiaal tegen vocht, zuur en dergelijke,
- het materiaal te beveiligen tegen stoten en trillingen.

Goed beschouwd wordt de laklaag of de vernislaag de isolator, terwijl de stof de drager daarvan is. De te gebruiken laksoorten moeten aan de volgende eisen voldoen:

- Ze moeten een onafgebroken, dichte en gelijkmatige laag geven.
- Ze moeten elastisch zijn en mogen in geen geval scheuren of door trillingen breken.

- c. Ze mogen beneden 200 °C niet vloeibaar worden.
- d. Ze moeten bestand zijn tegen de inwerking van vocht, zuren en olie.
- e. Ze moeten zo snel mogelijk drogen.

Van de lakken komen voornamelijk in aanmerking:

- a. *Sterlingverniss*, een dik vloeibare lak, uit zuivere lijnolie en terpentijn, onder toevoeging van hars samengesteld. Deze lak geeft een vaste, buigzame en elastische bedekking. Een eigenschap in het nadeel der lakken uit lijnolie geproduceerd, is het niet bestand zijn tegen de inwerking van de dampkring, waardoor een zuur ontstaat, dat de metalen aantast. Op de duur is dit heel goed te zien door het oxyderen van het metaal. Bij koper te herkennen aan het vormen van kopergroen.
- b. *Armalak* vertoont dit laatste niet, doordat het vervaardigd wordt uit minerale olie, welke laatste geen zuurstof bevat, waardoor de metalen anders worden aangetast. Bovendien zal de lak door smeerolie niet van samenstelling veranderen. Een zeer belangrijke eigenschap ervan is, dat het gedurende de tijd, dat het droogt, uitzet, waardoor alle poriën worden gevuld. Hierdoor is het binnendringen van vocht uitgesloten, zodat het isolerend vermogen daardoor aanmerkelijk wordt verbeterd.

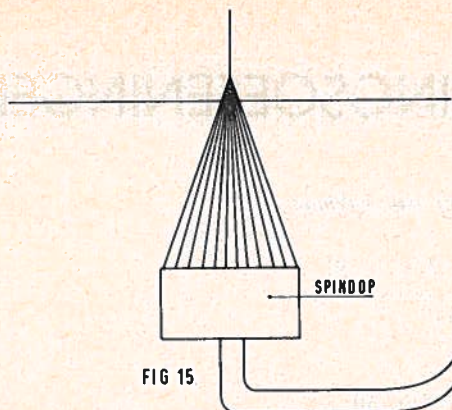
Olie

De stoffen, welke met olie verzadigd moeten worden, ondergaan vooraf een droogproces onder vacuüm (luchtledig). Hierop volgt plaatsing in de olie en daarna vindt opnieuw droging plaats in een oven, waarin de temperatuur is opgevoerd tot ongeveer 70 °C. Papier, linnen en zelfs zijde komen in aanmerking voor een dergelijke oliebehandeling en droogproces. De produkten, die op deze wijze zijn ontstaan zijn: *oliepapier*, *olielinnen* en *oliezijde*. Het wordt in verschillende dikten vervaardigd, variërend van 0,2 mm en 0,005 mm, zowel in buis als in plaatvorm. Later zal over de olie op zichzelf nog worden gesproken.

XXI. Kunstzijde.

Zoals reeds besproken, is cellulose een natuurlijk produkt dat zeer grote moleculen heeft die een langgerekte vorm bezitten. Ze bestaan uit een groot aantal achter elkaar geschakelde zelfde atoomgroepen (van enige honderden tot enige duizenden). De grootste moleculen vindt men bij het *Egyptische katoen*. Getracht is deze cellulose op te lossen opdat de grote moleculen kunnen worden afgescheiden. Zou van hout worden uitgegaan, dan kon de cellulose hieruit tot een draad worden gerangschikt. Cellulose is echter niet oplosbaar; wordt het echter in natronloog gebracht, dan zwelt het op en wanneer nu nog zwavelkoolstof wordt toegevoegd dan ontstaat een chemische verbinding die in loog oplosbaar is. Op deze wijze ontstaat een vloeistof die na zorgvuldig filtreren uit een zgn. *spindop* gespoten wordt in een *zure vloeistof*. Deze spindop bevat een groot aantal kleine gaatjes. De aldus ontstane dunne draadjes worden in de zure vloeistof weer hard, de cellulose wordt hierin weer teruggevormd. Bij deze methode ontstaat dus één draad, welke is samengevoegd uit een groot aantal draadjes, die ieder uit één stuk zijn samengesteld; dus niet bestaan uit een vezel (fig. 15).

Verwacht werd dat een dergelijke bundel van continu-doorlopende draadjes erg sterk zou zijn. Ze bleken echter belangrijk minder sterk, dan men uit de



sterkte van de katoenvezel zou mogen verwachten. Later bleek, dat de sterkte belangrijk verhoogd zou kunnen worden, indien de draad direkt uit het *spinbad* bereid wordt. Dit laatste wordt toegeschreven aan plaatselijke kristalvorming, die bij de sterk georiënteerde moleculen zou optreden. Deze kunstzijde wordt genoemd de *Viscosekunstzijde* (Rayon). Dit is dus niets anders dan zuivere cellulose, terwijl de eigenschappen te vergelijken zijn met die van katoen.

De acetaatkunstzijde.

Ongeveer 10% van de totale kunstzijde-productie betreft geen zuivere cellulose. De cellulose wordt namelijk in cellulose-acetaat omgezet, terwijl dit laatste oplosbaar is in *aceton*. Deze oplossing kan men uit een spindop in lucht verspuiten, waarbij de aceton verdampt. Ook deze draad moet worden gerekt. De aceton kan worden teruggewonnen, door het te laten neerslaan. In deze bewerking wordt de actieve kool graag toegepast. De eigenschappen van de acetaatzijde zijn dus anders dan die van katoen, het is veel minder hygroscopisch, het geeft het vocht veel gemakkelijker af en is dus een betere isolator. Acetaatkunstzijde laat zich echter veel minder gemakkelijk verspinnen, terwijl het bovendien duurder is. Bij het spinnen geeft dit materiaal wat meer moeilijkheden en moet ook een speciale spinvloeistof worden gebruikt.

XXII. *Celluloid.*

Hier heeft men geprobeerd van de cellulose een vaste stof te maken. Eerst is daartoe de cellulose behandeld met *salpeterzuur*, waardoor dus *schietkatoen* ontstond. Deze nitrocellulose lijkt zeer veel op de gewone cellulose, maar chemisch is het een zeer onstabiele stof. Het kan gemakkelijk met een steekvlam ontbranden. Deze nitrocellulose wordt gekneed met een oplosmiddel (een mengsel van aceton en alcohol) en de zgn. *weekmaker* „*kamfer*”. Deze weekmaker komt te zitten tussen de moleculen van de opgezwollen nitrocellulose en werkt daarbij als smeermiddel. Op deze wijze wordt een doorzichtig maar *thermoplastisch* materiaal verkregen. In wezen heeft men een *gewapende kamfer-soort*. De fabricage van celluloid is gevaarlijk, ook het materiaal zelf, zodat het in de elektrotechniek niet wordt gebruikt. Het duurere cellulose-acetaat wordt veel gebruikt; dit wordt op soortgelijke wijze met een weekmaker gekneed. Dit materiaal is veel minder brandbaar en het laat zich zeer goed verwerken, zoals spuitgieten.

(wordt vervolgd)

HERHALINGSOEFENINGEN

63-046

door M. V. Dalen

Voor de proef van vakman:

$$1. \frac{12,5 + 7,5 + 30}{25} =$$

$$2. \frac{12,5 \times 7,5 \times 30}{25} =$$

$$3. 125 \times 496 : 500 =$$

$$4. \frac{170 - 51 + 68}{17} =$$

$$5. 2\frac{2}{3} \times 5\frac{2}{5} \times 1\frac{7}{8} \times 2\frac{1}{3} =$$

$$6. 3\frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{9}{14} - \sqrt{1,5} =$$

$$7. \frac{\frac{1}{3} + \frac{1}{4}}{\frac{1}{8}} : 4\frac{2}{3} =$$

$$8. 8,4 - 5,4 + 0,21 : 0,02 \times 3,5 =$$

$$9. (11\frac{1}{3} : 17) - (7\frac{1}{3} : 11) + (8\frac{2}{3} : 13) =$$

$$10. \frac{7 \times 3 \times 11 \times 17 \times 9}{51 \times \frac{77}{11}} =$$

Ter algemene oefening:

11. $\sqrt{(22 - 3^2 + 3 \times 2) - (1^2 + 1 \times 2)} \times 0,01 =$

12. $13 \sqrt{32^2 + \left(84 - \frac{1}{15} \times 0,25\right)^2} =$

13. $\frac{ac}{bd^2} \times \frac{d^2}{a^3} + \frac{dbc^2}{ab^2} : \frac{dc^2}{ab} =$

14. Bereken x uit:
 $(2x - 1) : (x + 2) = (2x + 5) : (x + 6)$

15. Bereken x en y uit:

$$5y - 2x = -6$$

$$\frac{4}{0,1x - 0,2y} = \frac{2}{0,2x - 0,7y}$$

16. In een cirkel is een koorde getrokken van 56 cm. Het bijbehorende apothema is 45 cm. Bereken de diameter van die cirkel.
(Het apothema is de afstand van het middelpunt tot het midden van de koorde).

17. In een driehoek ABC is de bissectrice CD getrokken.
 $\angle ACD = 40^\circ$, $\angle ABC = 36^\circ$.
Bereken: $\angle DCB$, $\angle ACB$, $\angle BAC$, $\angle CDA$ en $\angle CDB$.

18. Een punt aan de omtrek van een vliegwiel met een straal van 50 cm legt in 15 sec. een weg af van 628 m. Hoeveel omwentelingen maakt dit vliegwiel per minuut?

19. Een elektrische waterketel heeft een vermogen van 1200 W en is geschikt voor een spanning van 220 V. Hoeveel bedraagt het vermogen als de ketel wordt aangesloten op een spanning van 110 V?

20. Een motor verricht in een half uur een arbeid van 540 kJ. Bereken het vermogen van die motor en de toegevoerde energie in kWh. Rendement van de motor = 0,75.

Antwoorden op blz. 225.

NEDERLANDS

door P v. d. Leest

63-047

In de viskom scharrelt een goudvis rond.
In de bolvormige viskom scharrelt een dikke goudvis rond.
In de bolvormige, kristallen viskom scharrelt een dikke, trage goudvis rond.
Op het hek zit een jongetje.
Op het hoge hek zit een klein jongetje.
Op het hoge, zwarte hek zit een klein mager jongetje.
Je kunt de dingen alleen maar goed schrijven, als je ze goed ziet.
Geef nooit een beschrijving, voor je iets nauwkeurig bekeken hebt en tracht de juiste woorden te vinden voor wat je ziet.

In les I. zagen we dat een gezegde kan bestaan uit één werkwoord (persoonsvorm) of uit een persoonsvorm met nog één of meer erbij behorende woorden. Die erbij behorende woorden kunnen werkwoorden zijn.

Ik zal wel komen.

Hij heeft al gegeten.

Wij zouden wel gegaan zijn, als wij het maar vroeg genoeg geweten hadden.
Dat grote meisje wil niet geslagen worden; jij wordt toch ook niet graag geslagen.

In deze zinnen heeft men een onderwerp en een gezegde.

Het gezegde is bijv. zal komen, heeft gegeten, zou gegaan zijn, geweten hadden, wil geslagen worden, wordt geslagen:

het zijn vormen van de werkwoorden komen, eten, gaan, weten, slaan.

Om gezegden te vormen heeft men dus soms de hulp van andere werkwoorden nodig.

Die helpende werkwoorden noemt men hulpwerkwoorden; zal (zullen), heeft (hebben), zouden (zullen), zijn en worden.

Het kunnen echter ook wel andere woorden zijn:

Die jongen is erg knap.

Zijn vader wordt spoedig burgemeester.

Het weer lijkt aardig goed.

Dat is één, dat is twee.

De kachel is nog niet uit.

De trein is al binnen.

Als die erbij behorende woorden, zoals in de eerste drie voorbeelden, zelfstandige of bijvoeglijke naamwoorden zijn noemt men het hele gezegde: *naamwoordelijk gezegde*.

In de laatste drie zinnen is dat erbij behorende woord wel geen zelfstandig of bijvoeglijk naamwoord, maar men spreekt toch ook dan van een *naamwoordelijk gezegde*.

Het werkwoordelijk deel ervan, de persoonsvorm dus, is een *koppelwerkwoord*; de rest is het naamwoordelijk deel.

Noem de gezegden en de naamwoordelijke gezegden (werkwoordelijk deel).

De jongens zijn vandaag nogal ongezeglijk.

De leraar is doodop.

Hij heeft gezwogen, maar het resultaat is vandaag gering.

Het is ook zo warm.

De zon schijnt fel, maar de leerlingen schijnen wel bezeten.

Een Surinamer blijkt de ijverigste.

Dat komt me niet vreemd voor.

Hij blijft onbewogen bij zo'n zonnetje.

Hij wordt piloot.

Dat is altijd zijn ideaal geweest.

Hij let op school goed op.

Wiskunde blijkt zijn lievelingsvak.

Nou, ik leer maar moeilijk wiskunde.

Verdeling van woorden in lettergrepen.

Hoewel men in het algemeen het afbreken van woorden moet vermijden, kan het soms, vooral bij langere woorden, wel eens noodzakelijk zijn.

Dit afbreken gebeurt steeds op het eind van een lettergreep.

Bij de verdeling van een woord in lettergrepen moet men enige regels in acht nemen.

- a. Eenlettergrepige woorden kunnen niet afgebroken worden. Ook bij woorden waarvan de eerste lettergreep uit één enkele klinker bestaat breke men liever niet af: bijv. a-pril.
- b. Als er één tussenmedeklinker is, komt deze bij het volgende woorddeel: be-ter, da-mes, lo-pen, bre-ke-been, la-ten.
Denk erom: de *ch* geldt als één tussenmedeklinker, dus: goo-che-len, ka-chel, li-chaam.
- c. Van twee tussenmedeklinkers gaat de eerste naar het voorafgaande, de tweede naar het volgende woorddeel:
wor-den mees-ter, bar-ten, zin-gen, fran-je, let-ter.
- d. Zijn er meer dan twee tussenmedeklinkers, dan gaan er zoveel naar het volgende woorddeel, als er aan het begin van een nederlands woord kunnen staan:
ek-ster, dor-stig, amb-ten, art-sen (dus nooit *ar-tsen*).
- e. Samengestelde woorden scheidt men in samenstellende delen:
rust-uur, mein-eed, weg-dek, jacht-sneeuw.

- f. Voor- en achtervoegsels scheid men van het grondwoord:
on-diep, er-kennen, kwaad-aardig, her-ademen, wan-beheer.
 Uitzonderingen vormen woorden als:
die-naar, lo-pen; ook *grijn-zaard* en *vein-zaard*.
- g. Woorden als *strootje, cafeetje, menuutje* breke men af:
stro-tje, cafe-tje, menu-tje.
- b. Voor vreemde woorden is het moeilijk regels te geven. Breek ze zo weinig mogelijk af, vooral wanneer de samenstelling niet doorzichtig is; bijv. *bioscoop*.
 Men zegt wel: de *bios*, maar de *s* behoort bij *coop*, dus *bio-scoop*.
 Doe het dus alleen wanneer de woorddelen min of meer bekend zijn:
trans-actie, mono-loog, micro-scoop, meta-foon.
 Richt je verder zoveel mogelijk naar de uitspraak: *om-ni-voor, vir-tu-oos, con-cur-rent, sub-al-tern, ca-ta-lo-gus.*

(wordt vervolgd)

Antwoorden van de vraagstukken op blz. 220 en 221.

- | | |
|-------------------|---|
| 1. 2 | 11. 0,2 |
| 2. 112,5 | 12. 520 |
| 3. 124 | 13. $\frac{a^2b + c}{a^2b}$ |
| 4. 11 | 14. 8 |
| 5. 63 | 15. $x = 8; y = 2$ |
| 6. $2\frac{3}{7}$ | 16. $d = 106 \text{ cm}$ |
| 7. 1 | 17. $\angle DCB = 40^\circ \angle ACB = 80^\circ; \angle BAC = 64^\circ$ $\angle CDA = 76^\circ; \angle CDB = 104^\circ$ |
| 8. 6 | 18. 800 omw./min. |
| 9. $\frac{2}{3}$ | 19. 300 W |
| 10. 99 | 20. 300 W; 0,2 kWh. |