

15 JULI 1962

IETS OVER REGELTECHNIEK

W. Sant.

62-045

Algemeen.

De regeltechniek is ontstaan uit de behoefte om wijzigingen in een proces steeds zodanig te corrigeren, dat de gewenste situatie ontstaat.

Bij een productieproces bijv., kan het nodig zijn, dat een bepaalde machine *sneller of langzamer* moet gaan *draaien*. Soms wordt dit bereikt door middel van een *handregeling*, soms geschiedt een en ander *automatisch*.

Het is de automatische regeling, die de laatste jaren in de belangstelling staat. Hoewel aanvankelijk de pneumatische regeltechniek sterk was ingevoerd, komt thans het elektrisch- of elektronisch regelen steeds meer in gebruik. Men verwacht, dat beide technieken voorlopig naast en met elkaar zullen worden toegepast.

Zo kan bijv. het meten en registreren van een signaal elektrisch, het overbrengen van een opdracht pneumatisch gebeuren. Het overbrengen van signalen over een grote afstand zal meestal elektrisch eenvoudiger zijn.

Moet er echter een grote kracht worden uitgeoefend, bijv. voor het openen van een zware klep, dan zal de pneumatische techniek de voorkeur krijgen.

In het algemeen gaat men uit van het middel, dat de meeste voordelen biedt. Hierin spelen de kosten, de veiligheid, de snelheid, maar ook de nauwkeurigheid van het toegepaste systeem een grote rol. Veel voorkomende regelingen zijn gericht op de temperatuur, de druk, het niveau, de snelheid of een andere procesgrootte.

Inleiding.

De vraag is nu hoe een procesregeling geschiedt. Dit kan men aan den lijve ervaren door onder een douche te gaan staan.

Men moet nu eerst kiezen tussen de warm- dan wel de koudwaterkraan. Deze keuze wordt bepaald door de aard van het object (Uzelf) en de omgevingstemperatuur. Als aangenomen wordt, dat het koud weer is, wordt de warmwaterkraan het eerst een stukje opengedraaid. Het duurt enige tijd, voordat het water op temperatuur is gekomen (*aanvangstraagheid* van het proces). Vervolgens wordt, naar behoefte, koud water bijgeregeld. Mocht de hoeveelheid nog te klein zijn, dan volgen vanzelf correcties, totdat de gewenste waterhoeveelheid op de gewenste temperatuur is verkregen.

Bij elke handeling wordt steeds ervaren, dat pas na enige tijd ten volle profijt wordt verkregen van die handeling, hetgeen betekent, dat steeds een traagheid bij de regeling optreedt.

Bij het doucheproces wordt dus een verschil geconstateerd tussen de gewenste waarde van de temperatuur van het water en de waarde die wordt ervaren.

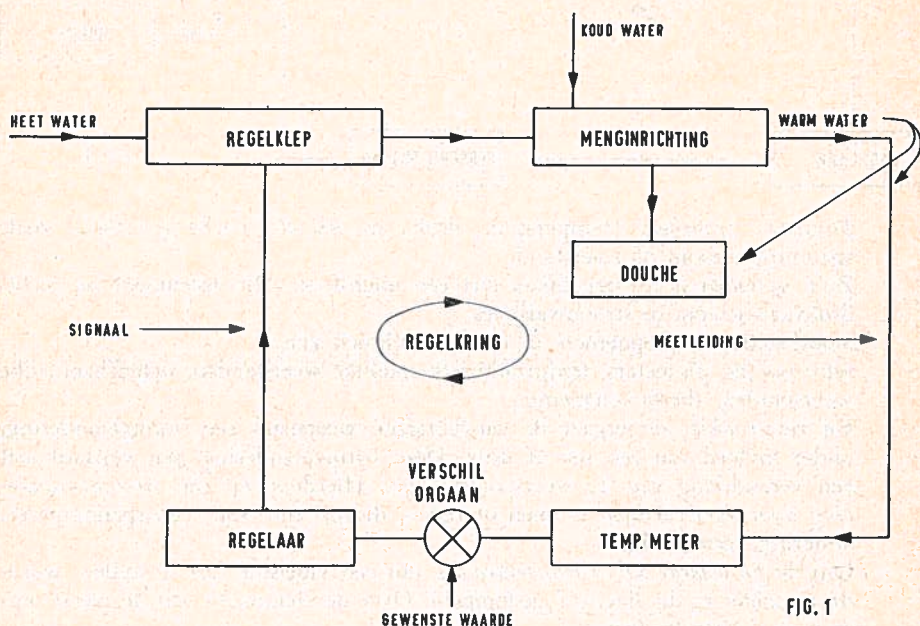
Op dit verschil nu berust de automatische regeltechniek.

Regelkring.

Een automatische regeling vindt plaats in een gesloten keten, als regelkring. De automatische regelaar is hierin zodanig opgenomen, dat een afwijking van de gemeten waarde met de gewenste waarde wordt tegengewerkt.

Zij die bekend zijn met de radiotechniek, herkennen terstond de analogie met de automatisch geregelde systemen, welke in deze techniek voorkomen. Ook hier wordt een ongewenste grootte van hetingangssignaal gecorrigeerd door middel van het automatisch meer- of minder dichtdrukken van buizen, zodat een constante grootte van het signaal aan de uitgang van de ontvanger of de versterker ontstaat.

De snelheid, waarmee een dergelijk elektronisch regelproces functioneert, bevordert de toepassing van de elektronica als medium in de regeltechniek.



Wordt het voornoemde doucheproces geautomatiseerd, dan zou in principe uitgegaan kunnen worden van de regelkring van figuur 1. De temperatuur van het warme water is de *te regelen grootte*.

Van te voren wordt de te regelen grootte op een bepaalde waarde ingesteld. Dit is de *gewenste waarde*.

Het *verschil* tussen de gemeten waarde en de gewenste waarde wordt overgebracht naar het *regelorgaan*. Dit orgaan produceert een pneumatisch of elektrisch signaal, waarmee de regelklep wordt gedirigeerd.

De sterkte van het signaal hangt af van het eerder genoemde verschil. De benodigde correctie wordt bereikt met een bepaalde weerstand.

In figuur 2 is een overzicht van een elektrische regelinrichting gegeven.

Opnemers.

Het object (temperatuur, druk enz.) is gekoppeld met de *opnemer*.

Een elektrische opnemer dient men zich voor te stellen, als een *vertaler* van een

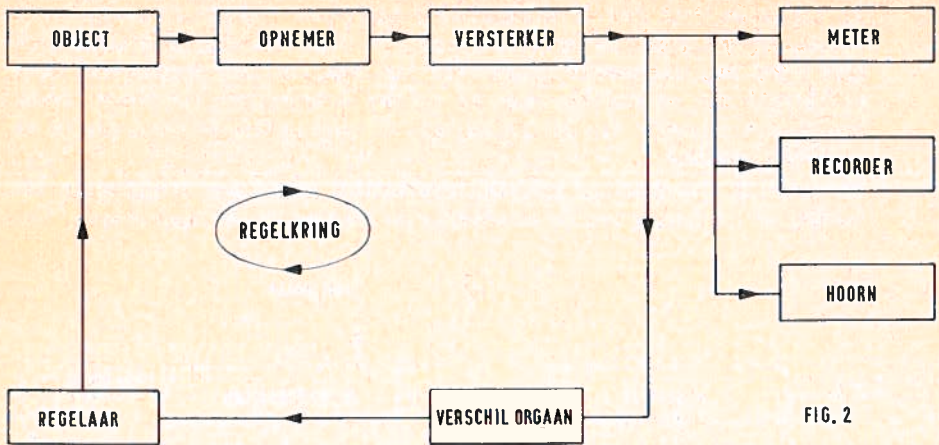


FIG. 2

physische grootheid (temperatuur, druk) in een *elektrische grootheid*, zoals spanning, stroom of weerstand.

Zo'n opnemer is te vergelijken met een microfoon. Dit instrument zet luchtdrukvariaties om in stroomvariaties.

Voorbeelden van opnemers in de regeltechniek zijn:

rekstrookjes, ph-meters, temperatuurafhankelijke weerstanden, lichtafhankelijke weerstanden, thermo-elementen.

Bij *rekstrookjes* ondergaat de aangebrachte weerstand een vormverandering, onder invloed van een rek of druk. Deze vormverandering gaat gepaard met een verandering van de weerstandswaarde. Hierdoor zal een *stroomverandering door de weerstand* kunnen optreden, die op zijn beurt een spanningsverandering veroorzaakt.

Om de *ph-waarde* (*ionenconcentratie*) van een vloeistof vast te stellen, wordt de ph-meter in de vloeistof gedompeld. Over de elektroden van de meter ontstaat een *potentiaalverschil*.

Bij *temperatuursafhankelijke weerstanden* (bijv. H + C weerstanden) wordt de weerstandswaarde veranderd als de *omgevingstemperatuur* zich wijzigt. Deze waarde hangt dus samen met een bepaalde temperatuur, waarvan evenals bij de rekstrookjes het geval was, gebruik kan worden gemaakt.

Bij de *lichtafhankelijke cel* (LDR) neemt de celweerstand sterk af bij *lichttoename*. Een bepaalde weerstandswaarde van de cel komt dus overeen met een bepaalde hoeveelheid licht.

Het *thermo-element* bestaat uit twee metaaldraden (verschillende metalen). De einden van deze draden zijn op elkaar gelast.

Wordt één der lasplaatsen verwarmd en de andere gekoeld gehouden, dan ontstaat een stroom door de draden. De grootte van deze stroom hangt af van de temperatuur van de lasplaats.

Versterker.

Het signaal (spanning of stroom) afgegeven door de opnemer wordt aan de versterker toegevoegd. Deze versterker is meestal een gelijkstroomversterker

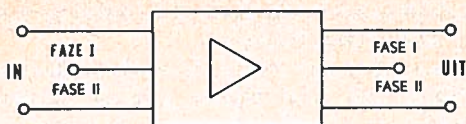


FIG. 3

met een fasegevoelige in- en uitgang. De fase wordt bepaald door het feit, of het object zich onder-, dan wel boven de gewenste waarde bevindt (zie figuur 3).

Hulpapparaten.

Vanaf de versterker (zie figuur 2) kan het signaal naar diverse punten worden gevoerd:

1. Naar een meter, waardoor het mogelijk is op elk gewenst moment het object te controleren.
2. Naar een recorder, waar het signaal voortdurend wordt geregistreerd. Zo-

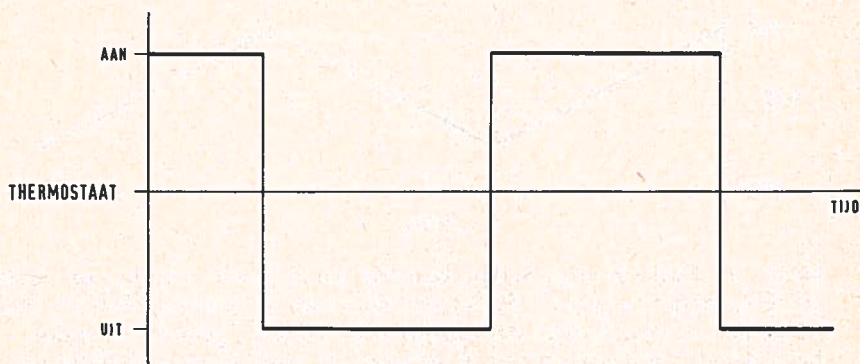
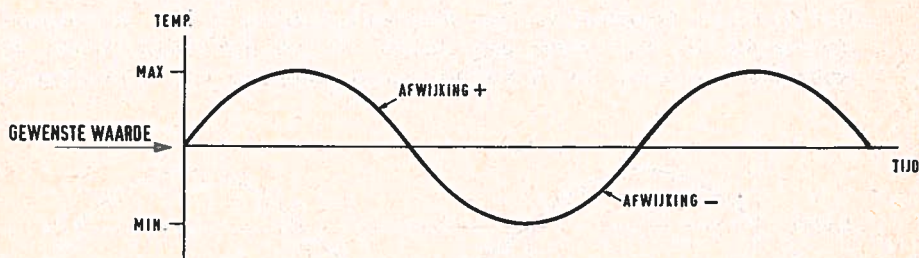


FIG. 4

doende kan altijd worden nagegaan of de regeling over een langere periode bevredigend heeft gefunctioneerd.

3. Naar een alarminrichting. Zodra de meetwaarde een ongewenst of misschien gevaarlijk punt heeft bereikt, gaat de alarminrichting werken.
4. Naar het verschil- of vergelijkingsorgaan, waardoor het verschilsignaal ontstaat, dat naar de regelaar gaat.

Regelaars.

Regelaars komen voor in vele varianten, zoals temperatuurregelaars (hoogte instelling), drukregelaars (ventielen), stroomregelaars (kleppen en kranen). Al naar het regelsysteem spreekt men van *pneumatische*-, *hydraulische*- of *elektrische regelaars*.

Werkt de regelaar *direct*, dan reageert hij op de ontvangen signaalenergie. Moet er echter een apart gestuurde energiebron aan te pas komen, dan is er sprake van *indirecte* regelaars.

Regelingen.

De eenvoudigste regeling bestaat uit een klep, welke automatisch naar behoefte open en dicht staat. De regeling wordt de *twee-standenregeling* genoemd. Een eenvoudig voorbeeld van een tweestandenregeling is bijv. de temperatuurregeling van een vertrek door middel van een thermostaat. Wordt de temperatuur te hoog, dan wordt het contact verbroken en de verwarming

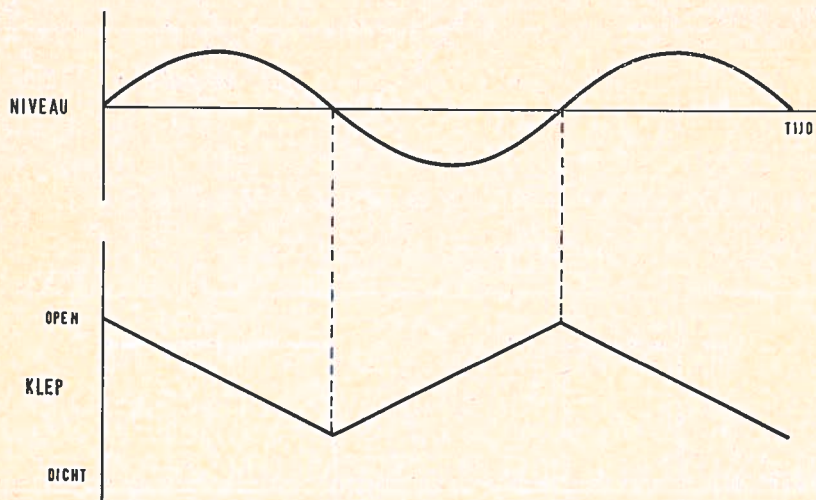
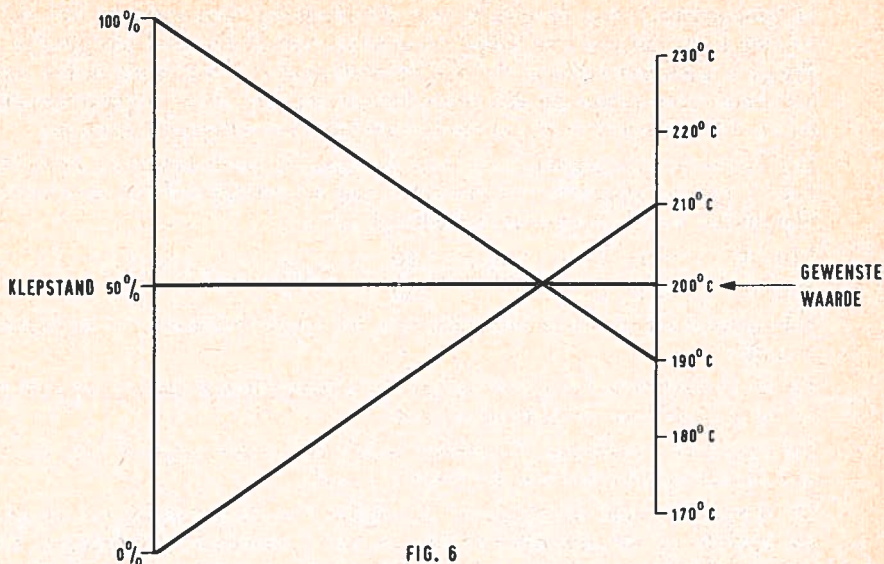


FIG. 5

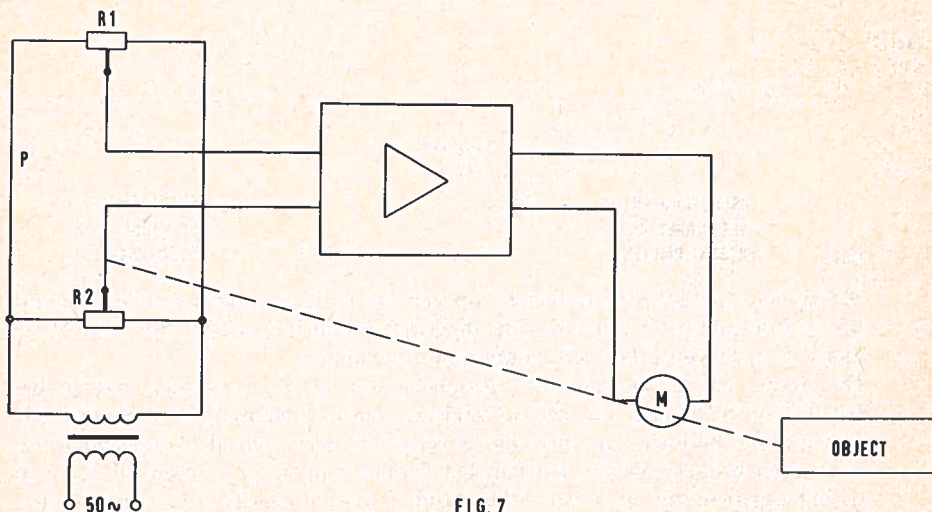
houdt op. Daalt de temperatuur beneden een bepaalde waarde, dan herstelt de thermostaat (regelaar) de stroom door het verwarmingselement. Steeds schommelt de temperatuur om een bepaalde waarde (gewenste waarde). In figuur 4 is het verloop van de temperatuur aangegeven gelijktijdig met de stand van de thermostaat.



In sommige gevallen (bijv. niveauregeling) kan een te grote afwijking hinderlijk zijn. Er is gezocht naar een verbetering van de open-dichtregeling. Door bij een niveauregeling aan de toevoerklep van het basin een vertragsinrichting aan te brengen, bereikte men een minder snel open- en dichtgaan van het afsluitingsmechanisme. Er ontstaat dan een zwevende regeling, waarbij de grootte van de afwijking wordt verkleind (zie figuur 5).

Bij processen, waar grote slingeringen ontoelaatbaar zijn, moet de klep continu op elke procesverandering reageren.

Bij de zgn. *proportionele regelaar* is het uitgangssignaal naar de klep evenredig



of proportioneel met de grootte van de afwijking. Een toename van de afwijking heeft dus een evenredige verandering van de toestand ten gevolge. Figuur 6 geeft het verband aan van de weerstand (in %) en de in het proces heersende temperatuur bij een proportionele regelaar. Het temperatuursgebied tussen 190 °C en 210 °C wordt het *proportionaliteitsgebied* genoemd.

Het proportionaliteitsgebied, dat door de regeling wordt bestreken (190 °C—210 °C) wordt opgegeven in procenten van het meetgebied van de (temperatuur)meter. In vornoemd geval bedraagt dit:

$$\frac{210\text{ °C} - 190\text{ °C}}{230\text{ °C} - 170\text{ °C}} \times 100\% = \frac{20}{60} \times 100\% = 33\frac{1}{3}\%$$

Uit figuur 6 blijkt, dat de klepstand van 50% correspondeert met de gewenste waarde.

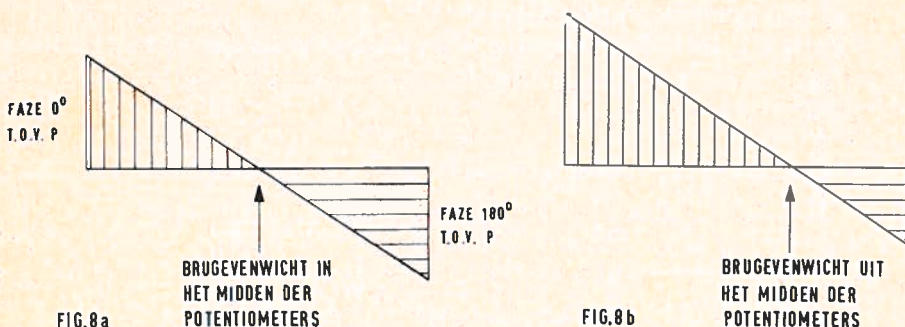
Bij direct-werkende P-regelaars wordt het uitgangssignaal van de regelaar groter bij toename van de gemeten waarde.

Bij omgekeerd werkende P-regelaars wordt het uitgangssignaal van de regelaar kleiner bij toename van de gemeten waarde.

De P-regelaar regelt de klepstand afhankelijk van de afwijking van de gemeten waarde en de gewenste waarde en werkt zodoende stabiliserend. Door zgn. belastingsfouten echter, kan de P-regelaar een begrensde afwijking hebben bij belastingsveranderingen.

Figuur 7 geeft een voorbeeld van een continu werkende regeling.

De schakeling bestaat uit een brug met twee potentiometers (wisselstroomvoeding), een gelijkstroomversterker, die de motor M stuurt, en het te regelen object. Hiertoe zijn de potentiometer R2, de motor M en het object vast gekoppeld.



Wordt R1 (zender-potentiometer) op een bepaalde waarde ingesteld, dan zal het van de instelling van R2 (ontvanger-potentiometer) afhankelijk zijn of de motor aan de versterker een stroom ontvangt.

De grootte en de fase van de ingangsspanning op de versterker worden bepaald door de standen van de contactarmen van de potentiometers. Staan beide armen in het midden, dan ontvangt de versterker geen signaal (*brugevenwicht*). Is er geen brugevenwicht, dan kan het verloop van de grootte en de fase van de ingangsspanning op de versterker worden voorgesteld als in figuur 8a en 8b.

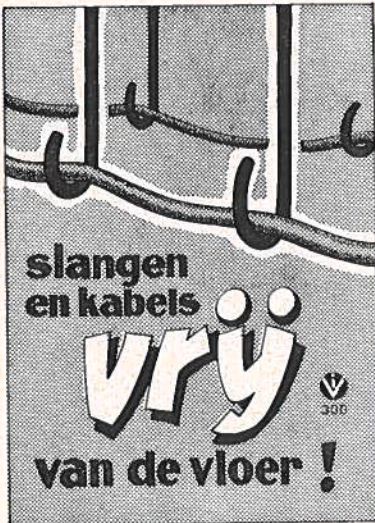
De richting waarin de motor zal gaan draaien, wordt dus bepaald door de fase, terwijl de motorenergie wordt bepaald door de sterkte van het stuursignaal. Deze regeling is dan ook proportioneel.

Behalve de proportionele regeling kent men nog andere continuë werkende regelingen nl. de *integrale* regeling en de *differentiale* regeling.

Bij de integrale (I) regeling wordt de instelkracht van de motor of klep niet alleen bepaald door de grootte van de afwijking van de gewenste waarde, maar door de tijdsduur van de afwijking.

Daarom worden de gunstige eigenschappen van P- en I-regelaars gecombineerd tot de zgn. PI-regelaar.

Om de traagheid van een PI-systeem te verbeteren wordt nog gebruik gemaakt van de *differentiële* regeling. *Differentie* betekent *verschil*. Dus snel reageren op verschillen. Er ontstaat dan een zgn. PID-regelaar.



SLANGEN EN KABELS VRIJ VAN DE VLOER!

Maar al te vaak zien wij in ruimten waar gewerkt wordt én in open ruimten, dat men slangen en kabels over de vloer of vrij over de grond neergelegt. „Men moet toch werken”, zo redeneert men en dan moet de ander maar oppassen. Inderdaad, dat moet.

Maar... als hij dat nu niet doet? Het is voorgekomen, dat er ernstige ongelukken zijn gebeurd, alleen omdat de ander niet oplette. Dán zijn wij er toch echt niet mee klaar door te zeggen „Dan had hij maar beter moeten uitkijken!”

Hij kan op zijn beurt zeggen: „Dan had die ander daar geen slang op de grond moeten leggen, een slang die er vijf minuten geleden, toen ik daar ook voorbij kwam, nog niet was! Hoe kan ik dat nu opeens weten?”

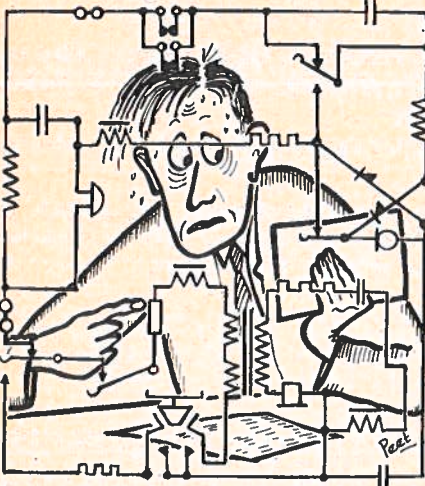
Zo geeft men elkaar de schuld. Maar het ongeval is inmiddels geschied. Het had voorkómen kunnen worden, als wij standaard hadden gebruikt of haken, waardoor slangen en kabels vrij van de vloer komen.

De Redactie wenst alle lezers een prettige vakantie

Daarna weer aan de studie.

Examenantwoorden

62-046



1. $K = 30 \text{ kg}$ $S = 5 \text{ m}$.
 $A = K \times S = 30 \times 5 = 150 \text{ kgm}$.

2. Het vermogen van deze machine is
 $P = 20 \text{ pk} = 20 \times 75 = 1500 \text{ kgm/sec}$

$K = 1000 \text{ kg}$

$S = 4,5 \text{ m}$.

$A = K \times S$

$A = 100 \times 4,5 = 4500 \text{ kgm}$

Er is dus een arbeid te verrichten van 4500 kgm.

Arbeid = vermogen \times tijd

$4500 = 1500 \times t$.

$t = \frac{4500}{1500} = 3$.

De benodigde tijd is dus 3 seconden.

3. a. $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$
 $\omega L = 2\pi fL = 2 \times 3,14 \times 50 = 628 \Omega$

$\frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC} =$

$\frac{1000000}{2 \times 3,14 \times 50 \times 8} = 398 \Omega$

$Z = \sqrt{200^2 + (628 - 398)^2} = 305 \Omega$

$I = \frac{E}{Z} = \frac{220}{305} = 0,7 \text{ A}$

b. Daar $2\pi fL$ groter is dan $\frac{1}{2\pi fC}$,
 ijlt de stroom na op de spanning.

$\text{Cos}\Phi$ wordt $\frac{R}{Z} = \frac{200}{305} = 0,65$

c. We berekenen de spanning over de condensator.

$E_c = I \times \frac{1}{\omega C} = 0,7 \times 398 = 279 \text{ V}$.

d. Van de spoel is

$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} =$

$\sqrt{200^2 + 628^2} = 659 \Omega$.

De spanning aan de spoel is dan:

$E_L = I \times Z = 0,7 \times 659 = 461 \text{ V}$.

4. De klemspanning van dit element is:

$E_k = I \times R_u = 1,8 \times 0,4 = 0,72 \text{ V}$

Het inwendige spanningsverlies is:

$E_v = E - E_k = 1,5 - 0,72 = 0,78 \text{ V}$

E_v is ook $I \times R_1$ of

$R_1 = \frac{E_v}{I} = \frac{0,78}{1,8} = 0,433 \Omega$

Stroomvoorziening voor versterkerstations

62-047

door J. Berendes en D. H. van Eck

(vervolg van blz. 186).

In beide, in het begin van het hoofdstuk „Noodbedrijf” genoemde gevallen 1 en 2, valt het HrC relais af.

Het contact hrc 1 verbreekt het circuit voor het C relais en het R relais.

Op de functie van het R relais wordt later teruggekomen.

Het C relais heeft 5 contacten. De contacten c 2 en c 4 worden in de schakeling met 30 A anodeomzetters niet benut. Het contact c 3 doet de schakelaars UMS 1 en UMS 2 opkomen. De contacten ums 1 en ums 2 leggen de batterijspanning aan de motor van de gloei-stroomomzetter.

Deze motor is een gelijkstroom-shuntmotor voorzien van een extra serie-veldwikkeling. Bij inschakelen heeft de machine het karakter van een seriemotor. Het kenmerk van een seriemotor is een groot aanlooppkoppel, dus een snelle start. De snelle start is nodig om de wisselstroom generator binnen 5 seconden op spanning te brengen.

Een nadeel van een seriemachine is echter, dat het toerental sterk afhankelijk

is van de belasting. Daarom wordt als de machine bijna op toeren is, het serieveld kortgesloten en werkt de machine verder als shuntmotor.

Dit gebeurt als volgt: Op het eerste moment van inschakelen heeft het anker van de motor geen tegen-EMK. De spanning op het anker is zeer laag. Gaat het anker draaien, dan wordt een tegen-EMK opgewekt, de spanning op het anker stijgt.

Is de spanning voldoende hoog, dan komt het D relais op, c 5 is geopend. Het contact d 1,2 doet UMS 3 opkomen. Contact ums 3 overbrugt de seriewikkeling.

Het relais D is instelbaar, zodat hiermede de aanlooptijd binnen beperkte grenzen geregeld kan worden.

Het serieveld is niet geschikt om langdurig een grote stroom te voeren, hetgeen het geval zou zijn, wanneer de wisselstroomgenerator voortijdig belast zou worden.

Om deze reden mag de wisselstroomgenerator de belasting niet overnemen, voordat het sierveld is kortgesloten. Contact d 1,2 schakelt daarom niet

(Vervolg van blz. 202)

$$5. a. \frac{1}{R_v} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} =$$

$$\frac{1}{10} + \frac{1}{15} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30} =$$

$$\frac{6}{60} + \frac{4}{60} + \frac{3}{60} + \frac{2}{60} = \frac{15}{60}$$

$$R_v = \frac{60}{15} = 4 \Omega.$$

$$b. I_{\text{totaal}} = \frac{E}{R_v} = \frac{60}{4} = 15 \text{ A}$$

$$c. i_1 \text{ door } R_1 = \frac{60}{10} = 6 \text{ A}$$

$$i_2 \text{ door } R_2 = \frac{60}{15} = 4 \text{ A}$$

$$i_3 \text{ door } R_3 = \frac{60}{20} = 3 \text{ A}$$

$$i_4 \text{ door } R_4 = \frac{60}{30} = 2 \text{ A}$$

$$I_{\text{totaal}} = 15 \text{ A}$$

alleen UMS 3 in, doch tevens de bekrachtiging van de veldynamo van de wisselstroomgenerator.

De wisselstroomgenerator komt nu pas op spanning.

Heeft de spanning een waarde van ca. 180 V (fasespanning) bereikt, dan komt het HrG relais op. Het contact hrg 1 doet op de gelijkspanning het G relais opkomen.

Contact g 4 laat de MSA schakelaar afvallen, g 3 de MSB schakelaar opkomen.

Het verbruik wordt van het openbare net afgeschakeld en de wisselstroomgenerator neemt de belasting over. De schakelaars MSA en MSB zijn elektrisch ten opzichte van elkaar vergrendeld en zijn beide voorzien van een spaarschakeling.

Het contact msb 6 doet de witte lamp L 1 op het gloeistroompaneel branden, ten teken dat de omzetter de belasting heeft overgenomen. L 2 is gedoofd doordat MSA is afgevallen.

De frequentie van de wisselspanning wordt geregeld met behulp van de shuntregelaar Sh 1, de spanning van de generator kan op de juiste waarde worden ingesteld door de veldstroom van de veldynamo te regelen door middel van de shuntregelaar Sh 2.

In het oorspronkelijk ontwerp had de veldynamo zelfbekrachtiging. De wisselstroomgenerator kon hierdoor niet snel genoeg op spanning komen. (De veldynamo moest zijn eigen veld opbouwen, dit gebeurt slechts langzaam).

In plaats van de magneetwikkeling van de wisselstroomgenerator op de veldynamo aan te sluiten, zou deze ook via een regelweerstand rechtstreeks op de batterij kunnen worden geschakeld. Door echter de bekrachtiging van de veldynamo direct uit de batterij te voeden, kon de generator ook binnen de gestelde tijd (5 sec.) op spanning worden gebracht. Om praktische redenen werd het

laatste gekozen, daar eerstgenoemde oplossing een ingrijpende wijziging van de shuntregelaar Sh 2 tot gevolg gehad zou hebben.

Op de as van de gloeistroomomzetter is een centrifugaalschakelaar aangebracht. Wordt door een of andere oorzaak het toerental van de gloeistroomomzetter te hoog, bijv. door een onderbreking in de veldstroom van de gelijkstroommotor, dan schakelt deze schakelaar het V-relais uit.

Dit relais doet op zijn beurt de UMS 1 en UMS 2 schakelaars afvallen, zodat de gloeistroomomzetter stopt.

Het V relais kan niet uit zichzelf weer opkomen, doch dient met de hand te worden opgebracht. Was dit niet het geval, dan zou bij het weer maken van het centrifugaalcontact bij dalend toerental, de gloeistroomomzetter opnieuw te hard gaan draaien. Het in werking komen van de centrifugaalschakelaar wordt kenbaar gemaakt door een rode lamp L 3 op het gloeistroompaneel. Bij onderhoudswerkzaamheden aan de gloeistroomomzetter kan deze worden geblokkeerd met behulp van de schakelaar S 2.

Het blokkeren wordt door dezelfde rode lamp L 3, welke het in werking komen van de centrifugaalschakelaar aangeeft, kenbaar gemaakt.

Door het openen van het contact c 1 wordt het circuit voor het tijdrelais E verbroken. De contacten van het E-relais worden eerst na 100 sec. geopend.

Een onderbreking in de netspanning langer dan 100 sec. doet via contact e 2 de MSC schakelaar afvallen en daarmee de anodeomzetter (s) zowel van het net als van de batterij afschakelen. Zouden de contacten van het E-relais niet eerst na 100 sec. schakelen, doch direct openen, dan zou bij iedere korte netspanningsonderbreking de anodeomzetter(s)

uitvallen. Nu blijft echter de anodeomzetter(s) gedurende 100 sec. draaien, aangedreven door de dynamo, welke nu als motor werkt. Keert de netspanning of de spanning van het noodaggregaat binnen 100 sec. terug, dan gaat het bufferen weer normaal verder, zij het met een grotere stroom, omdat de batterijspanning intussen wat gedaald is.

Werkt de dynamo als motor, dan zal de terugstroomautomaat de anodeomzetter niet afschakelen, omdat de opgenomen stroom uit de batterij kleiner is dan 15% van de nominale stroom.

Het contact e 1 doet 100 sec. na een netspanningsstoring het J relais in het alarmpaneel opkomen, waarvan het p 2 contact vervolgens weer het H relais doet opkomen. Dit relais houdt zichzelf via contact h 2.

Een ander contact van het J relais namelijk j 4 verbreekt het circuit voor de witte lamp L 1, terwijl contact h 4 dit circuit weer voorbereidt.

Keert de wisselspanning weer terug, dan valt het J relais af, contact j 4 wordt gemaakt en de witte lamp L 1 gaat branden.

De witte lamp geeft aan, dat de anodeomzetter(s) uitgevallen is, omdat de wisselspanning weggeweest is, dus niet tengevolge van een storing aan de anodeomzetter(s) zelf. Door de toets S1 te drukken, valt het H relais af en dooft de witte lamp weer.

Het blijven draaien van de anodeomzetter(s) bij het wegvallen van de netspanning, gedurende 100 sec. gaat niet zonder meer op, wanneer de netspanning wegvalt tengevolge van een storing bij het plaatselijk elektriciteitsbedrijf.

In dat geval blijft namelijk de overige belasting van dit bedrijf parallel aan de motor geschakeld. De in de motor aanwezige veldenergie doet deze als generator werken en zal stroom leveren aan

de belasting. Als gevolg hiervan trekt de als motor werkende dynamo gedurende een kort ogenblik een stroom uit de batterij, welke groter is dan 15% van de nominale stroom. Dit korte ogenblik is voldoende om de terugstroomautomaat in werking te stellen. Het b contact van de terugstroomautomaat sluit de MSC schakelaar kort en de omzetter valt toch uit.

Een en ander is in het oscillogram in fig. 9 duidelijk te zien.

Om het afschakelen te voorkomen is het R relais in de schakeling aangebracht.

Dit relais wordt evenals het C relais gestuurd door het HrC relais. Het r 1 (r 2) contact maakt het contact b van de terugstroomautomaat bij netspanningsonderbreking onwerkzaam, de MSC schakelaar kan niet uitvallen. Gedurende de 100 sec. volgend op een netspanningsuitval is de omzetter dus niet beveiligd tegen terugstroom.

Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat juist gedurende deze 100 sec. een fout in de dynamo zal optreden; mocht dit toch gebeuren dan zijn altijd nog de veiligheden Hv 1 (Hv 2) aanwezig.

Tijdens noodbedrijf daalt de batterijspanning van 225 V direct naar 200 V, de normale ontladingspanning. Deze spanning blijft gedurende enige tijd gehandhaafd, om daarna geleidelijk te dalen tot 180 V. Gelijktijdig daalt het zuurgewicht van 1,20 naar 1,15. Is deze toestand bereikt, dan is de batterij leeg en dient de gloeistroomomzetter door middel van de noodschakelaar te worden uitgeschakeld om blijvende beschadiging van de batterij te voorkomen. Meestentijds zal echter voordien het noodstroomaggregaat de belasting weer hebben overgenomen.

De duur van het noodbedrijf bij werking van het noodstroomaggregaat is afhankelijk van de capaciteit van de batterij en de belasting en bedraagt bij vollast

van de gloeistroomomzetter minstens 2 uur.

c. Het terugkeren van de netspanning of van de spanning van het noodstroom-aggregaat.

Bij het terugkeren van de netspanning komt het HrC relais weer op, evenals het C en het R relais. Ook het E relais komt weer op. Door het afvallen van de schakelaars UMS 1 en UMS 2 stopt de gloeistroomomzetter.

Als de wisselspanning van de gloeistroomomzetter is gedaald tot ≈ 160 V valt het HrC relais af. Dit relais doet op zijn beurt het G relais afvallen. De MSB schakelaar verbreekt de verbinding van de generator met het versterkerstation en de MSA schakelaar schakelt de netspanning weer door.

Door het opkomen van het C relais wordt ook het D relais geblokkeerd door het sluiten van contact c 5. Het D relais valt af en doet de UMS 3 schakelaar afvallen en ook de bekrachtigingsstroom voor de opwekker onderbreken. Wordt het D relais niet geblokkeerd, dan bestaat de mogelijkheid dat, wanneer direct na het terugkomen van de netspanning, deze weer opnieuw wegvalt, het D relais nog niet is afgevallen.

Als gevolg hiervan blijft de gelijkstroommotor als shuntmotor geschakeld en wordt bij een te laag toerental opnieuw ingeschakeld. Hierdoor wordt een te grote stroom uit de batterij opgenomen, waardoor de mogelijkheid bestaat dat de veiligheden Hv 1 en Hv 2 afschakelen. Door het blokkeren van het D relais loopt de motor bij iedere netspanningsonderbreking, ook kort na elkaar, steeds opnieuw als seriemotor aan. In fig. 10 is een totaal beeld gegeven van de overname van de belasting door de gloeistroomomzetter.

d. Beproeven van de schakeling.

Om de schakeling te kunnen beproeven,

is de schakelaar S 1 aangebracht. Deze schakelaar heeft 3 standen: links gemerkt „zonder belasting”, rechts „met belasting” en de middenstand is de normale ruststand (zie fig. 6a).

Wordt de schakelaar in de stand „met belasting” gezet, dan wordt het circuit voor het HrC relais verbroken, met het gevolg dat de gloeistroomomzetter aanloopt, alsof het net gestoord is. De belasting wordt op de normale wijze overgenomen.

In de stand „zonder belasting” valt wel het HrC relais af, maar het HrC relais wordt geblokkeerd. De MSB schakelaar kan dus niet opkomen. Het verbruik blijft via de contacten van de MSA schakelaar op het net geschakeld.

Ook bij het beproeven, „zonder belasting” zal na 100 sec. het E relais afvallen en de anodemachine(s) afschakelen. Door een proefbelasting op de veiligheidhouders HV 6, 7 en 8 aan te brengen, is het mogelijk de gloeistroomomzetter in deze stand toch belast te beproeven zonder het bedrijf te onderbreken. De stand zonder belasting is vergrendeld en wordt alleen in bijzondere gevallen gebruikt. Dit is gedaan om vergissingen te voorkomen. Immers bij het draaien zonder belasting geeft de generator een hoge spanning. Bij ineens doorschakelen naar de stand „met belasting” wordt deze hoge spanning op het verbruik geschakeld, hetgeen beslist moet worden vermeden (defect raken van veiligheden).

Het kan voorkomen, dat het gloeistroombord om een of andere reden spanningsloos moet worden gemaakt. Hiertoe kan worden overgegaan na eerst de schakelaar S 3 om te schakelen. De wisselspanning voor het versterkerstation wordt nu buiten het gloeistroompaneel omgevoerd. Met de gelijkspanning kan dit echter niet.

e. Het meten van de diverse spanningen en stromen.

1. Gloeistroombord. Op het gloeistroom-

bord bevinden zich een drietal meters, te weten een voltmeter, een frequentiemeter en een ampèremeter.

De voltmeter is een weekijzerinstrument, dus geschikt voor het meten van wisselspanningen. De meter heeft een meetbereik van 0—300 V en is parallel geschakeld met een frequentiemeter met een meetbereik van 45 Hz tot 55 Hz. Met de voltmeteromschakelaar VOS (zie fig. 6b) is het mogelijk de spanning en de frequentie per fase, zowel van het openbare net als van de gloeistroomomzetter te meten.

De ampèremeter is eveneens een weekijzerinstrument. Met de ampèremeteromschakelaar AOS (zie fig. 6b) kan de meter resp. op een der stroomtransformatoren STR 1, 2 of 3 worden geschakeld. De stroomtransformatoren zijn opgenomen in de afgaande leidingen naar het versterkstation vóór de omschakelaar S 3.

De standaard-uitvoering van de wisselstroomampèremeters heeft een meetbereik van 5 A. Met behulp van een stroomtransformator kan de meter geschikt worden gemaakt voor iedere gewenste waarde. De stroomtransformatoren, welke niet zijn verbonden met de ampèremeter worden door de omschakelaar kortgesloten. Deze kortsluiting is noodzakelijk om de impedantie van de primaire wikkeling van de transformator laag te houden, waardoor tevens de spanning op de secundaire wikkeling laag blijft.

Bij openstaande secundaire wikkeling wordt de spanning ontoelaatbaar hoog met gevaar voor doorslaan van de isolatie tussen de windingen.

2. Anodevoedingsbord. Op het anodevoedingsbord zijn eveneens drie meters aangebracht. Twee hiervan zijn draaispoelinstrumenten, dus alleen geschikt voor het meten van gelijkstroom. De derde meter is een weekijzerinstrument.

De gelijkstroominstrumenten zijn een voltmeter, met maximaal en minimaal contact, en een ampèremeter.

Het weekijzerinstrument is een ampèremeter, waarmee de totaal opgenomen stroom in de S fase van de anodeomzetter(s) wordt gemeten, ook hier via een stroomtransformator. Voor het meten van de laad/ontlaadstroom van de batterij en de verbruikersstroom van het versterkstation zijn in serie met de batterijleidingen en de leiding naar het versterkstation meetshunts aangebracht. De gelijkstroomampèremeter kan met een dubbelpolige stekker op de verschillende shunts worden aangesloten.

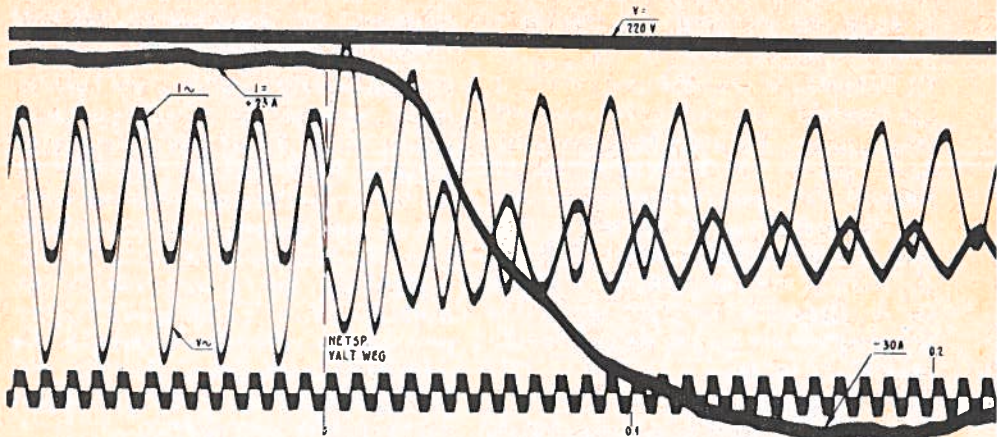
Per installatie mag slechts één stekker worden gebruikt, daar anders foutief wordt gemeten.

De toegepaste shunts hebben bij volle stroomdoorgang een spanningsval van 100 mV. De meter slaat vol uit bij deze spanning en heeft twee meetbereiken aangepast aan de shunts. Met de voltmeter wordt de railspanning in het bord, of de spanning op het versterkstation gemeten, te kiezen met de dubbelpolige voltmeteromschakelaar VOS. De voltmeter heeft een onderdrukt nulpunt en is uitgerust met een minimaal en maximaal contact met elektrische contactverzekering.

Het werkingsschema van de voltmeter en de bijbehorende relaiskasten is getekend in fig. 11.

De werking is als volgt: heeft de gelijkspanning de juiste waarde (225 V) dan bevindt de wijzer zich tussen de beide contacten. De relais X en Y zijn niet bekrachtigd, het circuit voor het Z relais is gesloten via de contacten x 1 en y 1.

Relais Z is dus op en contact z 1 bevindt zich in de niet getekende stand. Wordt de spanning te laag, dan komt de wijzer van de meter tegen het mini-



maal contact en wordt relais Y bekrachtigd. Tevens wordt de wijzer door de stroomdoorgang door de hulpspoel met kracht tegen het minimaal contact gedrukt. Contact y 1 wordt geopend en relais Z valt vertraagd af (vertraagd door ontlading condensator C 3).

Contact z 1 komt in de getekende stand te staan en verbreekt het circuit voor het Y relais. Relais Y blijft echter op door de ontlading van de condensator C 2, contact y 1 blijft geopend.

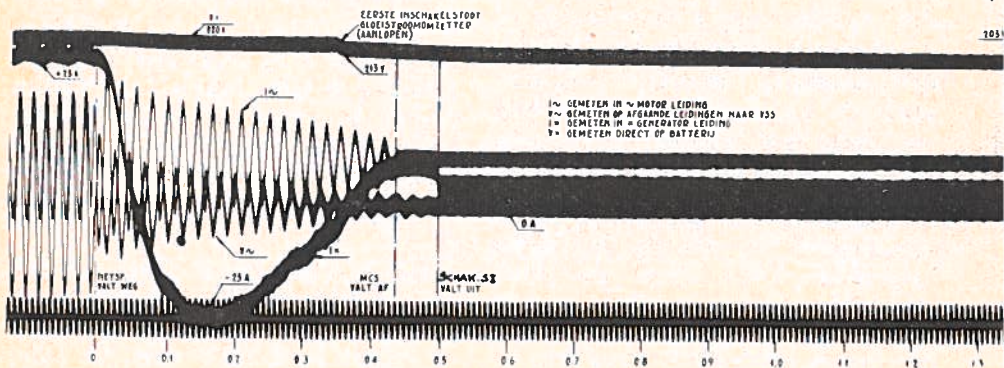
Relais Z komt vertraagd op, waardoor contact z 1 weer wordt omgelegd en het circuit voor het Y relais weer wordt gesloten. Condensator C 3 ontlad zich

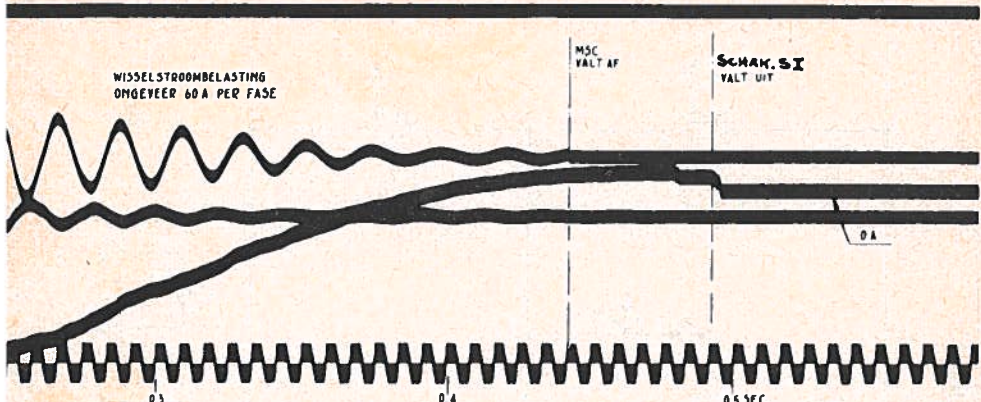
weer over relais Z, waarna dit relais weer afvalt en contact z 1 weer omlegt. Eenvoudiger gezegd verbreekt contact z 1 periodiek het circuit voor het Y relais.

Wordt de spanning weer normaal, dan zal het wijzercontact loslaten op het moment dat relais Z afvalt. Het wijzercontact verbreekt dus niet de stroom, doch het contact z 1 doet dit. Het euvel van het verbranden en daardoor vastbakken van de zeer lichte wijzercontacten is hier niet meer aanwezig.

In geval van te hoge gelijkspanning gebeurt een en ander op gelijke wijze met het X relais.

Voor de alarmdoorgifte zijn op het X



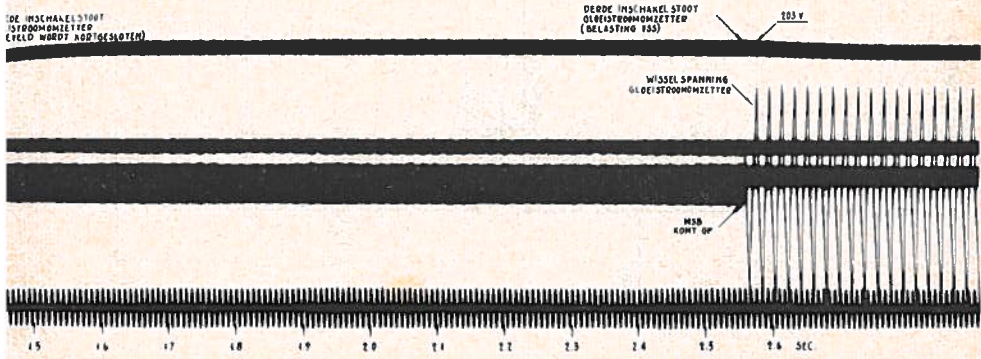


en Y relais ieder twee contacten beschikbaar. De stroom door de hulpspoel moet bij te hoge of te lage spanning van richting kunnen omkeren. Dit vereist een spanning met middenaftakking. Hiertoe is op de 220 V gelijkspanning een spanningsdelingsschakeling van twee weerstanden van 1 k Ω aangebracht.

Om in noodbedrijf geen alarm „spanning te laag” te krijgen is op de meter nog een tweede schaal aangebracht. De voorschakelweerstand van de meter behorende bij deze tweede schaal wordt verkregen door een gedeelte van de voorschakelweerstand behorende bij de eerste schaal kort te sluiten. Dit gebeurt door

contact g 2 van het G relais. Alarm wordt in normaal bedrijf gegeven bij 215 V en 240 V, in noodbedrijf bij 195 V en 220 V.

3. Anodeomzetterborden. Op deze borden zijn twee meters aangebracht, een voltmeter en een ampèremeter, de laatste met nulstand in het midden. Beide meters zijn draaispoelmeters. Op de voltmeter kan de spanning van de anodeomzetter worden afgelezen. Deze meter wordt gebruikt bij het op de batterij schakelen van de anodeomzetter. Met de ampèremeter kan de afgegeven stroom resp. opgenomen stroom in noodbedrijf, worden afgelezen. (wordt vervolgd)



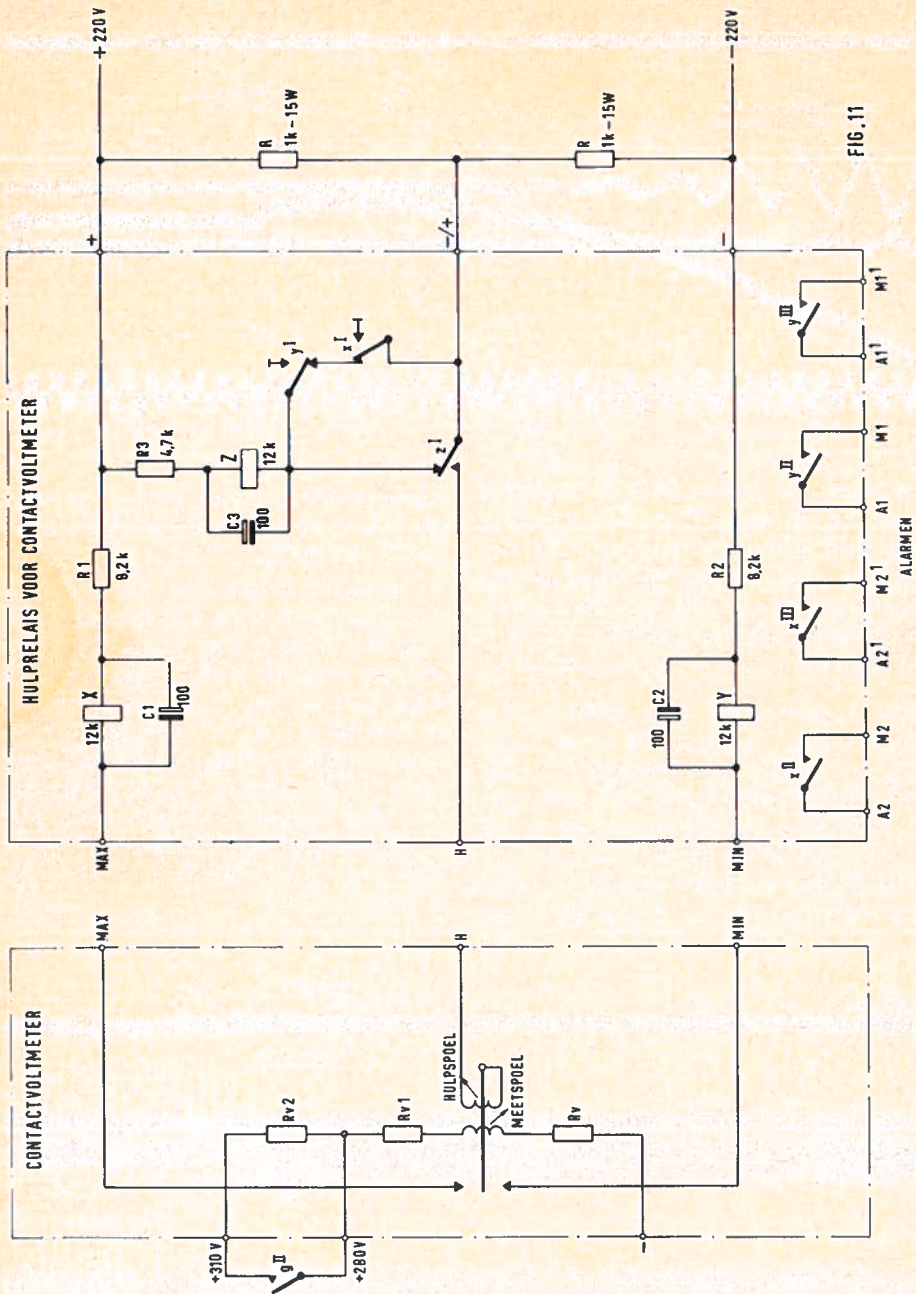


FIG. 11

op de bedrijfs cursussen.

(Vervolg van blz. 150).

Gelijkrichting.

Hier toe gebruikt men de bekende Graetzschakeling; zie figuur 23. Men dient te weten, dat de schaalverdeling voor wisselstroom, bij het gebruik van

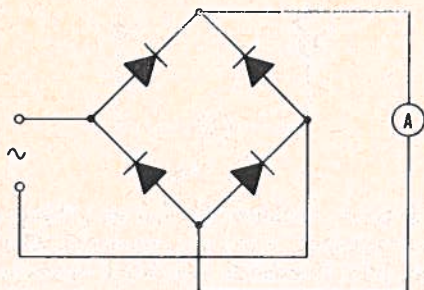


FIG. 23

gelijkrichtcellen, in het begin van de schaal niet helemaal recht evenredig is en daar dus afwijkt van de schaalverdeling voor gelijkstroom. Zie figuur 24. Dit vindt zijn oorzaak in de eigenschap van deze cellen, dat de weerstand in de doorlaatrichting bij kleine stromen groter is dan bij grotere stromen. Bij deze dubbelfasige gelijkrichting wijst de meter de gemiddelde waarde van de stroom aan, hetgeen neerkomt op 0,9 maal de effectieve waarde. De meter wordt echter geijkt in effectieve waarden.

Thermokoppels.

Deze methode is misschien niet zo bekend als de hierboven genoemde.

Men maakt hierbij gebruik van twee draadjes van verschillende metalen, geschakeld als thermo-element. De contactplaats wordt door wisselstroom verhit en de verkregen temperatuursverhoging is een maat voor de spanning, die tussen de uiteinden van de draadjes ontstaat.

door M. C. van Dijk ing.

Daardoor is ook de uitslag van de meter, die aangesloten is op de bedoelde uiteinden, een maat voor de verwarming. Wisselstroom, in warmte omgezet, doet hier dus de meter uitslaan. Zie figuur 25.

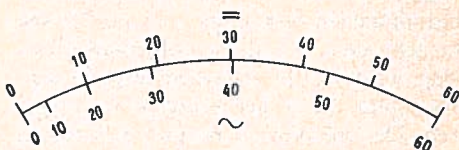


FIG. 24

De warmteontwikkeling tengevolge van elektrische stromen is echter gelijk aan: $A = 0,24 \times I^2 \times R \times t$.

Men ziet dat I^2 in deze formule aanwezig is; iets waar we niet op gesteld zijn, omdat daardoor de schaalverdeling kwadratisch wordt. Dit is beslist een nadeel van de meter met een thermokoppel.

4. De hittedraadmeter.

Op de warmteontwikkeling ten gevolge van de elektrische stroom berust ook de werking van de hittedraadmeter.

Deze bestaat, de naam zegt het reeds, uit een metalen draad, die door de te

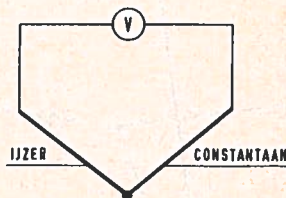


FIG. 25

meten stroom wordt doorlopen. De verlenging van deze draad wordt overgebracht op een wijzer, die daardoor een uitslag maakt. Omdat ook hier de verwarming rechtstreeks oorzaak is van de uitslag van het instrument, ontstaat eveneens een kwadratische schaalverdeling. ($A = 0,24 \times I^2 \times R \times t$). Dit is nadelig, zoals ook bij de draaispoelmeter met thermokoppel.

Vanzelfsprekend is deze meter zonder hulpmiddelen voor gelijk- en wisselstroom te gebruiken. Bij de wisselstroomtoepassing wijst hij de effectieve waarde aan. In figuur 26 is het principe weergegeven. De stroomdraad bevindt zich tussen A en B en is van iridium vervaardigd.

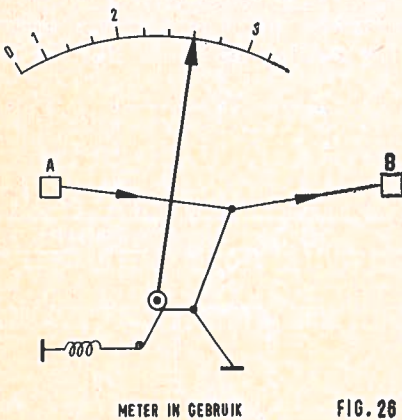
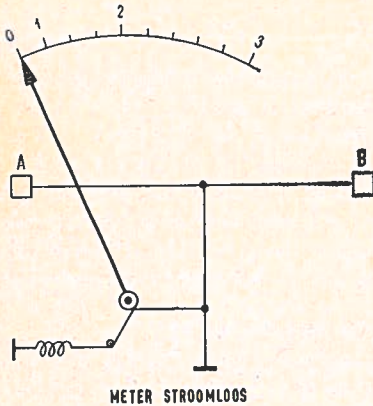


FIG. 26

Ohmmeters.

Met deze meters kan men op een schaalverdeling direct de waarde van een te meten weerstand aflezen.

De eenvoudigste samenstelling bestaat uit een ampèremeter, een element, twee aansluitklemmen en een beveiligingsweerstand. In figuur 27 is dit getekend.

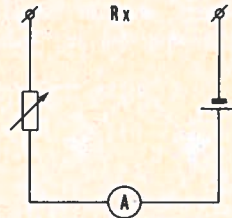


FIG. 27

Tussen de klemmen Rx kan de onbekende weerstand worden aangesloten. Omdat, juist doordat de weerstand onbekend is, het altijd mogelijk is, dat Rx zeer klein is — zelfs door kortsluiting nul ohm kan zijn — dient de meter beschermd te worden tegen te grote stromen. Daarom is een regelbare beschermingsweerstand in de keten opgenomen. Deze dient een zodanige waarde te bezitten, dat bij kortsluiting van de klemmen de volle uitslag wordt verkregen. Bij dat punt van de schaal komt dus *nul* te staan.

Veelal wordt als instrument een draaispoelmeter toegepast. In figuur 28 is een

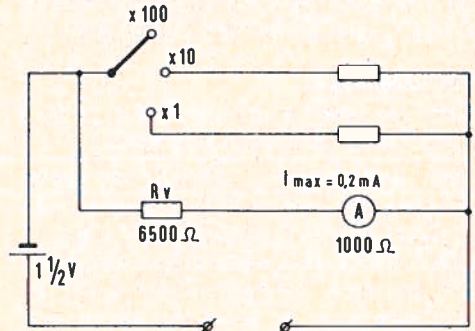


FIG. 28

instrument getekend, dat bij PTT veel wordt gebruikt.

Er is een draaispoelmeter in gemonteerd van een zodanige constructie, dat de volle uitslag bij 0,2 mA ontstaat. De weerstand is 1000 ohm. In de meter bevindt zich een element van 1,5 volt.

We kunnen nu uitrekenen hoe groot de voorschakelweerstand bij deze meter moet zijn.

Onder alle omstandigheden mag de stroom door de meter maximaal 0,2 mA zijn.

De ongunstigste situatie doet zich voor, als de schakelaar in stand: $\times 100$ staat. De totale weerstand moet dan zijn:

$$R_{\text{totaal}} = \frac{1500}{0,2} = 7500 \Omega$$

De voorschakelweerstand Rx moet daarom zijn:

$$7500 - 1000 = 6500 \Omega$$

De shuntweerstand, behorende bij de standen $\times 10$ en $\times 1$, beperken de stroom door de meter steeds tot een waarde die 1/10 deel is van de stroom bij de voorgaande stand. Om precies te zijn: de stroom wordt beperkt tot die waarde, die ontstaat als de uitwendige weerstand $10 \times$ groter wordt; bij de berekening de inwendige weerstand dus niet vergeten.

De lezer kan dus uitrekenen hoe groot die weerstanden moeten zijn.

(Denk nog even aan de formule:

$$R_{\text{shunt}} = \frac{1}{n - 1} \times R_{\text{meter}},$$

als n de factor is, waarmee het meetbereik wordt vergroot).

Hoe ziet de schaal van een ohmmeter er uit?

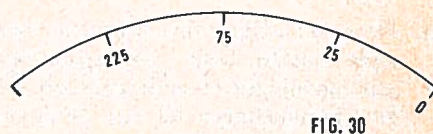
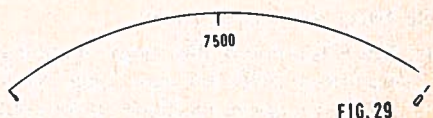
We hebben al gezien, dat bij de maximale uitslag het cijfer 0 geschreven wordt.

We kunnen ons nu afvragen welk cijfer moet worden genoteerd als de uitslag 50% is.

Hebben we te doen met een draaispoel-

meter, dan is het antwoord eenvoudig. We weten dat bij een halve uitslag een halve stroom hoort. De totale weerstandstroom is dan — bij constante spanningsbron — $2 \times$ de oorspronkelijke. Bij $R_x = 0$ behoorde alleen de inwendige weerstand van het element, dus $R_m + R_v$. Bij halve uitslag is de totale weerstand dus $2 \times R_{\text{inw}}$, waaruit volgt, dat de uitwendige weerstand op dit punt gelijk is aan de inwendige.

De schaal van de meter uit figuur 28 moet er daarom uitzien als getekend in figuur 29. Omdat de meter in de stand $\times 100$ staat, zal er 75 ohm bij ge-



noteerd worden; zie figuur 30. Het vermenigvuldigen moet de gebruiker zelf doen. We kunnen nu zelf de schaal vol maken; zie figuur 30.

Bij 1/4 uitslag, $4 \times$ de oorspronkelijke weerstand, dus:

$$R_{\text{uitwendig}} \text{ is } 3 \times R_{\text{inwendig}} = 225 \text{ ohm.}$$

Bij 3/4 uitslag, $4/3 \times$ de oorspronkelijke weerstand, dus:

$$R_{\text{uitwendig}} \text{ is } 1/3 \times R_{\text{inwendig}} = 25 \text{ ohm.}$$

Gaat U zelf verder.

Zo kan de schaal vóóraf helemaal getekend worden, als de elementen, waaruit de meter is opgebouwd, bekend zijn. Het zal U zijn opgevallen, dat de schaal aan het eind (links) steeds meer gedrongen wordt en dus moeilijker is af te lezen.

Tenslotte, dat de goede schaalaflezing sterk afhankelijk is van de constante elementspanning. Een wijziging hierin heeft onmiddellijk foutieve conclusies ten gevolge.

5. De Megger.

In het voorgaande is al gebleken, dat grote weerstanden met behulp van een element en een draaispoeltje niet nauwkeurig meer zijn af te lezen. Men heeft daarom meetinstrumenten geconstrueerd, welke voldoen aan twee voorwaarden, die een goede waarneming garanderen. Men noemt ze *meggers*, omdat men er in de regel megohm's mee meet.

De twee voorwaarden zijn:

- Een stroombron met hoge spanning, waardoor zelfs bij zeer hoge weerstanden nog een meetbare stroom ontstaat;
- De meter is door de constructie enerzijds onafhankelijk van spanningschommelingen en anderzijds zijn deze schommelingen tot een minimum beperkt.

Het schema van de megger is in principe gelijk aan dat van de ohmmeter. In fig. 31 is deze overeenkomst te zien. De stroombron bestaat uit een handgenerator, welke een gelijkspanning van 250 V kan leveren. Een voorschakelweerstand R_v is afzonderlijk bijgeleverd. Men

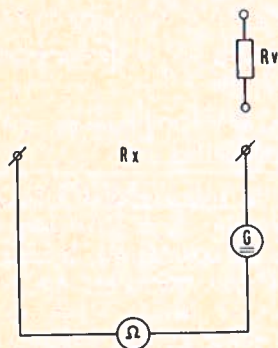


FIG. 31

dient deze weerstand te gebruiken in serie met de onbekende. Blijkt de afgelezen waarde boven 100000 ohm te liggen, dan kan een nauwkeuriger waarneming worden verkregen door de voorschakelweerstand te verwijderen en opnieuw af te lezen. De schaalverdeling is gebaseerd op aflezing *zonder* deze losse weerstand.

Hoe maakt men de aflezing onafhankelijk van spanningschommelingen?

Door toepassing van een tegenwerkend koppel niet met behulp van spiraalveertjes, dat dus constant van grootte is, doch van een tegenwerkend koppel dat afhankelijk is van de spanning.

In § 3 hebben we gezien, dat het draaispoeltje — zonder de aanwezigheid van spiraalveertjes — zich bij de geringste stroomvoering reeds zou opstellen loodrecht op de richting van het permanent magnetische veld, d.w.z. zódanig, dat de spoel het grootst aantal krachtlijnen omvat; de krachtlijnen, door de stroom opgewekt, lopen dan in dezelfde richting als het permanente veld.

Wordt de stroom in dit geval sterker, dan wordt het spoeltje in laatstbedoelde stand sterker vastgehouden.

Tot nu toe kenden we dit spoeltje als de *stroomspoel*, welke bij het meten het richtend koppel teweeg brengt.

Wanneer we op het asje van de meter een tweede spoeltje aanbrengen, dat loodrecht op het eerste staat en dat we aansluiten op de klemmen van de generator (vandaar de naam: *spanningspoel*), dan verricht dit spoeltje de taak van tegenwerkend koppel en de sterkte hiervan is afhankelijk van de spanning.

Aangezien ook het richtend koppel afhankelijk is van de aangelegde spanning, is dus bereikt, dat de aflezing *onafhankelijk* is van deze spanning (spanning 2 X zo laag, tegenwerkend- en richtend

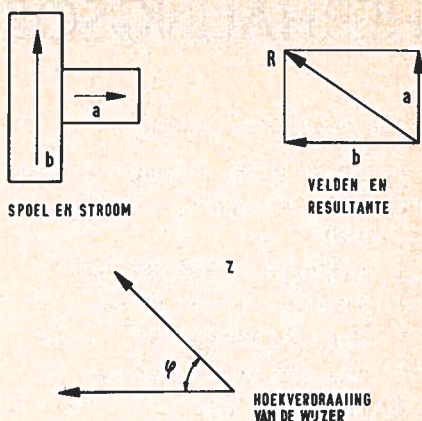
koppel beide $2 \times$ zo klein, dus uitslag even groot).

Een dergelijk draaispoelsysteem noemt men een *kruisspoelmeter*.

Het zou er dus feitelijk niet toe doen, hoe snel er aan de generator wordt gedraaid; men verricht de meting echter bij 250 V, teneinde er zeker van te zijn dat geringe afleidingsfoutjes ook geconstateerd worden. Opdat de meetspanning ook niet boven de genoemde waarde zal komen, is een slipkoppeling aangebracht, welke bij snel draaien de spanning constant op de maximum waarde houdt.

In fig. 32 zijn de beide spoeltjes en de generator getekend. De weerstand R_1 is aangebracht om de stroom van de generator door de spanning spoel a binnen de perken te houden.

In de getekende situatie is een onbekende weerstand R_x aan de klemmen verbonden, waardoor dus door de stroomspoel b een bepaalde stroom vloeit. Deze stroom is direct afhankelijk van R_x en de sterkte ervan bepaalt de uitslag van de wijzer. In fig. 33 zijn de velden getekend, welke



N FIG. 33

het gevolg zijn van de beide stromen, alsmede de resultante R ervan. Aan het spoelsysteem zit de wijzer vast. Het spoelsysteem ondervindt een kracht, welke zal zorgen, dat de wijzer rechtsom draait en een stand inneemt, welke door de resultante R van de krachten a en b wordt bepaald.

Wat gebeurt er nu, als de generator-spanning bijv. 10% daalt?

We kijken nog even naar fig. 32 en zien, dat dan de stroom zowel door a als door b 10% lager wordt. Welke invloed heeft dit nu op de hoekverdraaiing en daardoor op de aanwijzing.

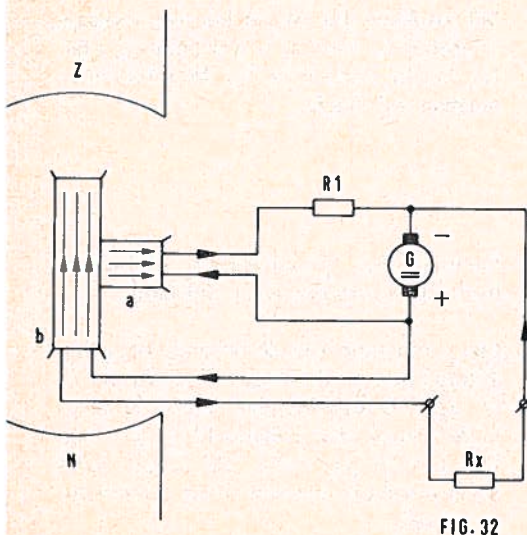


FIG. 32

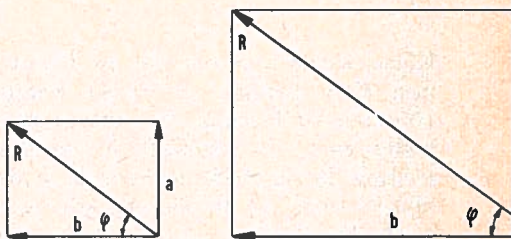


FIG. 34

HERHALINGSOEFENINGEN

62-049

door M. V. Dalen

Voor proef voor vakman.

1. $375 + 0,196 + 0,0014 + 7834 =$
2. $4169 + 0,002 + 92570 + 0,9974 =$
3. $13976,58 - 9201,89 =$
4. $35845,1 - 7361,07 =$
5. $27,6 \times 398,427 =$
6. $59,17305 \times 78745,2 =$
7. $11809,4 : 4,31 =$
8. $13,1404 : 53,2 =$
9. $1\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} - \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} + 2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{3} =$
10. $2\frac{2}{3} \times 4\frac{1}{2} \times 5\frac{1}{4} - 3\frac{1}{3} \times 3\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{5} =$

Ter algemene oefening:

11. $46 \text{ h } 49' 6'' : 6 =$
12. De weerstanden van twee lampen verschillen 40 ohm en verhouden zich als 8 : 3. Bereken de grootte van elke weerstand.
13. Bereken x uit:
 $4(x - 3) - (x - 2) = 2(x - 4)$

14. Idem uit:

$$(x + 2) : (x + 3) = (x - 2) : (x + 1)$$

15. $\sqrt{125} - \sqrt{80} + \sqrt{45} =$

16. Van een driezijdig prisma is de hoogte 15 cm; het grondvlak is een driehoek, waarvan een zijde 8 cm is en de hoogte hierop 6 cm. Bereken de inhoud.

Hefbomen.

In fig. 1 ziet U hoe met behulp van een koevoet een kist wordt opgetild. De koevoet is bij S ondersteund.

S heet het *steunpunt*.

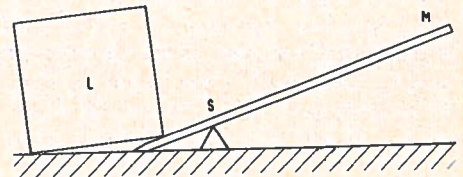


FIG 1

We drukken bij M de koevoet omlaag, waardoor de kist bij L iets omhoog gaat. De kracht, welke we bij M uitoefenen, noemen we *macht*.

Kijken we nu weer naar fig. 33. De stromen 10% kleiner, de velden worden 10% minder krachtig, de vectoren 10% korter en... de resultante in dezelfde richting. In fig. 34 is dit, voor de duidelijkheid sterk overdreven, nog eens getekend. Duidelijk is, dat de uitslag bij wisselende generatorspanning constant is, zodat aan de tweede voorwaarde volledig is voldaan.

Doordat de spiraalveertjes ontbreken, heeft deze megger geen nulstand.

Een combinatie van de bekende brug van Wheatstone en de megger is verwerkt in de zgn. Bridge-Megger. Deze is reeds in het Studieblad behandeld (Jrg. 1948, blz. 175 en jrg. 1952, blz. 214), zodat de beschrijving hiervan thans achterwege is gelaten.

M heet het *macht*punt.

Het gewicht van de kist noemen we *last*.
 L heet het *last*punt.

De afstand SM heet *machtsarm* (m_3),
de afstand LS heet *lastarm* (l).

Bij de berekening nemen we aan, dat de
koevoet horizontaal ligt, zodat de lood-

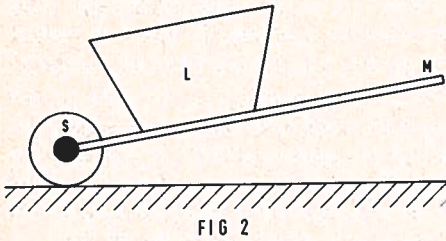


FIG 2



FIG 3

lijnen uit S op *macht* en *last* langs de
koevoet vallen.

In fig. 2 is een *kruiwagen* afgebeeld. De
as van het wiel is het steunpunt; in de
bak ligt de *last*, terwijl bij M de *kracht*
wordt uitgeoefend.

In fig. 3 is een *pincet* getekend. In het
midden oefenen we de *kracht* uit, op-
dat het voorwerp, de *last* bij L , kan wor-
den gepakt. Bij S is het draaipunt, d.w.z.
het steunpunt.

Bij deze 3 soorten van hefbomen zien
we, dat de onderlinge plaats van L , S
en M niet gelijk is. We onderscheiden
dan ook 3 soorten hefbomen, nl.:

Van de 1e soort (S in het midden): *koe-
voet*, *weegschaal*, *spoorboom*;
van de 2e soort (L in het midden): *kruiw-
wagen*;

van de 3e soort (M in het midden): *pincet*,
veiligheidsklepje op stoomketel.

Schematisch zijn de 3 soorten in fig. 4
getekend.

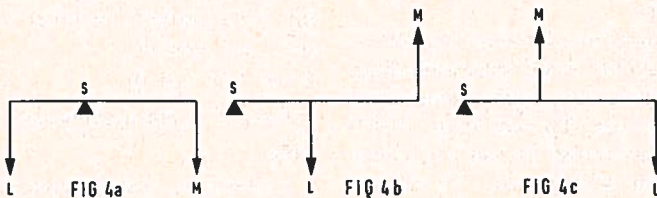
Voor alle soorten geldt de regel:

$Kracht \times krachtsarm = Last \times last-$
 arm of $K \times k = L \times l$

Vraagstukken:

- Van een hefboom van de eerste soort
is de *last* 20 kg en de *lastarm* 36
cm. De *machtsarm* is 48 cm lang.
Bereken de *macht*.
- De armen van een ongelijkarmige
balans zijn tezamen 45 cm. Aan de
langste arm hangt een gewicht van
20 kg, aan de kortste een gewicht
van 160 kg. Er is evenwicht. Bere-
ken de lengte van elke arm.
- Aan de uiteinden van een staaf A
— B hangen gewichten van resp.
10 kg en 50 kg. De staaf wordt op
60 cm van B ondersteund en is in
evenwicht. Bereken de lengte van
de staaf.
- Op 35 cm afstand van het draai-
punt van een veiligheidsklep hangt
een gewicht van 25 kg. Het aan-
grijpingspunt van de stoomkracht ligt
7 cm van het draaipunt. Bereken
de *kracht* van de stoom, waarbij
het gewicht omhoog gaat.

Voor antwoorden zie blz. 220.



De kabeldemping bij gelijkspanning.

62-050

door D. J. Dekker.

(Vervolg van blz. 144).

III. Karakteristieke demping.

a. Het begrip demping.

In de techniek heeft men vaak te maken met een machine, een toestel of een inrichting, waaraan enerzijds energie wordt toegevoerd en waarvan anderzijds energie wordt afgenomen. Voorbeelden hiervan zijn een turbogenerator, die calorische energie omzet in elektrische energie; een elektromotor, die elektrische energie omzet in mechanische energie, maar ook een transformator, waarbij de vorm van de energie ongewijzigd blijft en alleen spanning verhoogd of verlaagd, en tegelijk de stroom verkleind of vergroot wordt, of een stel elektrische geleiders, dat dient voor het transport van elektrische energie.

In al deze gevallen is de verhouding tussen afgegeven en toegevoerd vermogen een maatstaf voor de kwaliteit van de wijze waarop de energieomzetting of -overdracht plaats vindt. Deze verhouding is een getal, dat aangeduid wordt met de naam *rendement* of *nuttig effect*.

Het rendement η is, vanwege de onvermijdelijk optredende verliezen bij de energie-omzetting of -overdracht, altijd kleiner dan 1.

Soms geeft men het rendement weer in procenten, door het verhoudingsgetal te vermenigvuldigen met 100. Het rendement geeft dan aan, hoeveel procent van de toegevoerde energie nuttig beschikbaar is.

In de telefoontransmissietechniek gebruikt men een andere kwaliteitsaanduiding, waaraan evenwel het begrip rendement ten grondslag ligt. De verliezen, welke optreden bij het transport van elektrische energie via een geleiderpaar, zijn een ge-

volg van het feit, dat er in de weerstanden R en $\frac{1}{G}$ energie in warmte wordt

omgezet. In het hoofdstuk „Kabelparameters” is reeds uiteengezet, dat deze weerstanden gelijkmatig over de gehele lengte van een geleiderpaar zijn verdeeld.

De energie-omzetting in die weerstanden geschiedt bijgevolg langs het gehele geleiderpaar en bovenbedoelde verliezen treden dus kennelijk niet abrupt op. Het vermogen, dat aan een geleiderpaar wordt toegevoerd, wordt derhalve in het geleiderpaar gaandeweg kleiner; het wordt verzwakt of gedempt. Men spreekt dan ook van de demping van een geleiderpaar. Heeft men het zonder nadere aanduiding over de demping van een geleiderpaar, dan bedoelt men de karakteristieke demping of *vierpooldemping*, dat is de demping, welke optreedt, als het geleiderpaar is afgesloten met zijn karakteristieke impedantie.

Evenals de karakteristieke impedantie is de karakteristieke demping van een geleiderpaar met één of andere willekeurige samenstelling kenmerkend voor elk geleiderpaar, dat dezelfde samenstelling heeft als het geleiderpaar, waarvan de karakteristieke demping is bepaald.

Voor het bepalen van de demping gaat men uit van de reciproke waarde van het rendement η , dus van de verhouding tussen toegevoerd en afgenomen vermogen. Zoals bekend is, kan het vermogen bij wisselstroom worden weergegeven door de formule:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \Phi$$

waarin U = effectieve waarde wisselspanning,

I = effectieve waarde wisselstroom,

Φ = hoek waaronder U en I ten opzichte van elkaar in fase zijn verschoven.

Geven we het vermogen aan de ingang van een karakteristiek afgesloten geleiderpaar (zie figuur 8) weer door:

$$P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \Phi$$

en aan de uitgang door:

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \Phi,$$

dan is de verhouding: $\frac{P_1}{P_2} = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2 \cdot I_2},$

want $\cos \Phi$ is in beide gevallen even groot, omdat de ingangsimpedantie van het geleiderpaar gelijk is aan de afsluitimpedantie = karakteristieke impedantie.

Nemt men nu van $\frac{P_1}{P_2} = \frac{1}{\eta}$ de logaritmische (Briggiaanse), dan krijgt men een getal, dat de demping weergeeft in Bell. Het voordeel van de logaritmeneeming komt tot uiting, als men de demping wil bepalen van een achter elkaar schakelen van verschillende geleiderparen (met dezelfde karakteristieke impedantie) met elk een bekende demping (zie figuur 9).

De demping van deze *cascadeschakeling* kan men namelijk vinden door optelling van de afzonderlijke dempingen, in plaats van door vermenigvuldiging, zoals noodzakelijk zou zijn geweest, wanneer men $\frac{1}{\eta}$ had aangemerkt als de dem-

ping.

Voor de demping van de schakeling in figuur 9 geldt immers:

$$\text{totale demping in Bell} = \log \frac{P_1}{P_2} =$$

$$\log \left(\frac{P_1}{P_2} \times \frac{P_2}{P_3} \times \frac{P_3}{P_4} \right) =$$

$$\log \frac{P_1}{P_2} + \log \frac{P_2}{P_3} + \log \frac{P_3}{P_4} = \text{som af-}$$

zonderlijke dempingen in Bell.

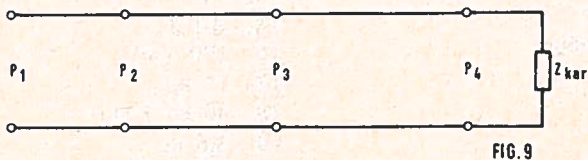
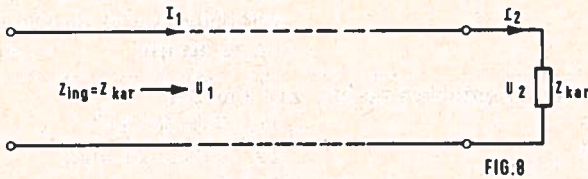
Het getal dat de demping weergeeft in Bell is doorgaans nogal klein en daarom vermenigvuldigt men dit met 10 en krijgt zodoende demping in dB (decibell).

Bij figuur 8 behoort dus een demping van:

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} \text{ dB.}$$

Deze demping is gebaseerd op de vermogensverhouding en wordt daarom wel *vermogensdemping* genoemd. Nu zijn spanningen of stromen makkelijker te meten dan vermogens, vooral als het gaat om zeer kleine vermogens, zoals in de telefoontransmissietechniek.

Werken we bovenstaande formule nader uit, dan zien we, dat de demping ook kan worden bepaald met behulp van de spanningen U_1 en U_2 of de stromen I_1 en I_2 .



Immers:

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} = 10 \log \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2 \cdot I_2} =$$

$$10 \log \frac{U_1 \cdot \frac{U_1}{Z_{\text{kar}}}}{U_2 \cdot \frac{U_2}{Z_{\text{kar}}}} =$$

$$10 \log \frac{U_1^2}{U_2^2} = 10 \log \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 =$$

$$20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

We noemen $20 \log \frac{U_1}{U_2}$ de *spanningsdemping*.

Op overeenkomstige wijze vinden we voor de *stroomdemping*:

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} = 20 \log \frac{I_1}{I_2}$$

Van een karakteristiek afgesloten geleiderpaar zijn dus vermogens-, spannings- en stroomdemping gelijk.

In de kabeltechniek wordt de demping vaak weergegeven in Neper, omdat in berekeningen herhaaldelijk het grondgetal $\epsilon = 2,718\dots$ van het natuurlijke of Neperiaanse logaritmestelsel voorkomt. Zo vindt men bijv. voor de verhouding van de ingangs- en de uitgangsspanning bij een karakteristiek afgesloten geleiderpaar:

$$\frac{U_1}{U_2} = \epsilon^\alpha$$

Neemt men van deze verhouding de natuurlijke logaritme (\ln) dan verkrijgt men per definitie de demping in neper. Dus:

$$\text{demping in Ne} = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \epsilon^\alpha =$$

$$\alpha \cdot \ln \epsilon = \alpha \cdot 1 = \alpha$$

Voor de verhouding van ingangs- en uitgangsstroom geldt eveneens:

$$\frac{I_1}{I_2} = \epsilon^\alpha$$

Derhalve geldt voor de verhouding tussen ingangs- en uitgangsvermogen:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{U_1 \cdot I_1}{U_2 \cdot I_2} = \epsilon^\alpha \cdot \epsilon^\alpha = \epsilon^{2\alpha}$$

Het rendement van een karakteristiek afgesloten geleiderpaar is bijgevolg:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{\epsilon^{2\alpha}} = \epsilon^{-2\alpha}$$

De in neper uitgedrukte demping van een met zijn karakteristieke impedantie afgesloten geleiderpaar is:

$$\alpha = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_2} = \ln \frac{U_1}{U_2} = \ln \frac{I_1}{I_2}$$

De demping is dus op betrekkelijk eenvoudige wijze proefondervindelijk te bepalen. Daartoe behoeft men immers slechts van een karakteristiek afgesloten geleiderpaar de ingangs- en uitgangsspanning te meten, deze spanningen op elkaar te delen en van het zo gevonden verhoudingsgetal de natuurlijke logaritme te nemen. (wordt vervolgd).

Antwoorden van de vraagstukken op blz. 215 t/m 217.

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1. 8209,1974 | 11. 7 h 48' 11" |
| 2. 96739,9994 | 12. 64 en 24 ohm |
| 3. 4774,69 | 13. 2 |
| 4. 28484,03 | 14. -4 |
| 5. 10996,5852 | 15. $4\sqrt{5}$ |
| 6. 4659593,65686 | 16. 120 cm ³ |
| 7. 2740 | 17. 15 kg |
| 8. 0,247 | 18. 40 en 5 cm |
| 9. $3\frac{7}{12}$ | 19. 3,6 m |
| 10. 14 | 20. 125 kg |

NEDERLANDS

62-051

door P. v. d. Leest

De nieuwe spelling.

Men schrijft ie:

a. Wanneer de klemtoon er op valt;

<i>drie</i>	<i>fabrieken</i>	<i>krediet</i>
<i>marie</i>	<i>artistiek</i>	<i>Israëlieten</i>
<i>verdriet</i>	<i>abusievelijk</i>	<i>flotielje</i>
<i>genieten</i>	<i>anonieme</i>	<i>financieren</i>
<i>fabriek</i>	<i>solied</i>	<i>automobielen</i>
<i>abusief</i>	<i>commies</i>	<i>genieten</i>
<i>branie</i>		

De woorden op *-ide* en *-ine* vormen een uitzondering:

<i>solide</i>	<i>invalide</i>	<i>benzine</i>
<i>gelatine</i>	<i>gabardine</i>	<i>stearine</i>
<i>vitrine</i>		

Eveneens woorden als:

divan - kilo - liter - dito.

b. Aan een einde van een woord:

niet altijd valt de klemtoon op de *ie*.

<i>difterie</i>	<i>mummie</i>	<i>kopie</i>	<i>lie</i>
<i>religie</i>	<i>subsidie</i>	<i>exercitie</i>	<i>garantie</i>
<i>kolibrie</i>	<i>visie</i>	<i>divisie</i>	<i>drie</i>

Uitzonderingen:

de namen van de maanden *januari*, *juni* en *juli*.

Woorden als:

<i>macaroni</i>	<i>spaghetti</i>	<i>alibi</i>	<i>kaki</i>
<i>demi</i>	<i>ski</i>		

Meervouden als:

<i>musici</i>	<i>medici</i>	<i>practici</i>	<i>saldi</i>
---------------	---------------	-----------------	--------------

c. In de onvoltooid verleden tijd en het voltooid deelwoord van werkwoorden die eindigen op -iën.

<i>Skiën</i>	<i>skiede</i>	
<i>taxiën</i>	<i>taxiede</i>	<i>getaxied</i>
<i>oliën</i>	<i>oliede</i>	<i>geolied</i>

In geen enkel woord komen twee op elkaar volgende lettergrepen met *ie* voor (divisie, exercitie).

Men schrijft *i* in de meeste gevallen, dat de klemtoon niet op *i* valt.

<i>Functie,</i>	maar <i>funtioneren,</i>
<i>muziek,</i>	maar <i>muzikant,</i>
<i>automobil,</i>	maar <i>automobilisme,</i>

Oe, uitgesproken als *eu* blijft onveranderd.

Oecumenisch *oedeem* *amoeben* *Oedipus*.

Wordt ze als *e* uitgesproken, dan is ze meestal door *e* vervangen;

economie *celibaat* *feniks*.

Oi uitgesproken als *tweeklank* (wa) blijft onveranderd:

toilet *voile* *soiree* *abattoir*

coiffeur *exploitatie*.

Naast elkaar komen voor:

requisitoir — *rekwisitoor*,

executoir — *executoor*,

provisoir — *provisoor*.

Wij schrijven uitsluitend:

exploot — *exploten*.

Ou (uitgesproken als *oe*) is in de meeste woorden (ze zijn van Franse oorsprong) gehandhaafd:

<i>journalist</i>	<i>roulette</i>	<i>fourneren</i>	<i>coupé</i>
<i>bougie</i>	<i>souper</i>	<i>doubleren</i>	<i>double</i>
<i>coulant</i>	<i>convert</i>	<i>nouveauté</i>	<i>route</i>
<i>boulevard</i>	<i>douceur</i>	<i>bouillon</i>	<i>routine</i> .

De volgende woorden schrijft men uitsluitend of bij voorkeur (aangegeven met *) met *oe*:

<i>jaloëzie</i>	<i>kroep</i>	<i>soeverein</i>	<i>toerist</i>
<i>troep</i>	<i>loep*</i>	<i>fourage*</i>	<i>boeket*</i> .

Naast enkele woorden die bij voorkeur met *ou* worden geschreven bestaan facultatieve vormen met *oe*:

<i>blouse</i>	—	<i>bloeze</i>
<i>Bourgondisch</i>	—	<i>Boergondisch</i>
<i>douane</i>	—	<i>doeane</i>
<i>gouvernement</i>	—	<i>goevernement</i>
<i>couplet</i>	—	<i>koeplet</i>
<i>parcours</i>	—	<i>parkoers</i>
<i>mousseline</i>	—	<i>moeselien</i>
<i>gouvernante</i>	—	<i>goevernante</i>

In enkele woorden, die met *ij* werden of konden worden geschreven, schrijft men thans alleen *i*:

<i>nimf</i>	<i>ritme</i>	<i>tiran</i>	<i>piramide</i>	<i>Libië</i>
-------------	--------------	--------------	-----------------	--------------

Bij voorkeur met *i* schrijven we:

<i>cilinder</i>	<i>cipres</i>	<i>analist</i> .
-----------------	---------------	------------------

Met *i* mogen worden gespeld:

<i>pyama</i>	<i>klysmā</i>	<i>pygmee</i> .
--------------	---------------	-----------------

In de meeste woorden met *y* is deze bewaard:

<i>lynchen</i>	<i>lyriek</i>	<i>cycloon</i>	<i>type</i>	<i>systeem</i>
<i>typen</i>	<i>hyena.</i>			

II. De medeklinkers.

De *c* kan worden uitgesproken als *s* en als *k*, dat wil zeggen stelt in bepaalde positie een *s-klank* voor, in andere een *k-klank*.

De *c* wordt als *s* uitgesproken in verbindingen met *ce*, *ci*, *cij* (*cei* en *cy*):

<i>cessie</i>	<i>cider</i>	<i>cijfer</i>	<i>cycloon</i>
<i>cement</i>	<i>cipier</i>	<i>cijns</i>	<i>cynisch</i>
<i>ceremonie</i>	<i>cilinder</i>	<i>centuur</i>	<i>encyclopedie.</i>

De *c* wordt als *k* uitgesproken in de verbindingen *co*, *ca* en *cu* en die met *l* en *r*:

<i>cacao</i>	<i>coca cola</i>	<i>excursie</i>	<i>cyclamen</i>
<i>café</i>	<i>coulitie</i>	<i>cursus</i>	<i>cycloop</i>
<i>crapaud</i>	<i>nicotine</i>	<i>acuit</i>	<i>climax.</i>

In het Nederlands gebruikt men honderden woorden met een *c*, die als *k* wordt uitgesproken. Zeer vele ervan worden nog als vreemde woorden beschouwd, talrijke andere echter als bastaardwoorden. De grens tussen beide is vaak moeilijk te trekken en daarom geeft de vrijheid om bij de spelling *k* te schrijven in de bastaardwoorden evenzeer moeilijkheden. De kwestie is nl., dat heel wat woorden, die zeer gebruikelijk zijn geworden, toch als „ken- nelijk vreemde woorden” worden beschouwd en dus uitsluitend met *c* mogen worden gespeld; hieronder vallen onder meer, *café*, *cacao*, *cadeau*, *cake*, *ca- mera*, *capsule*, *carillon*, *circa*, *carrière*, *chocolade*, *disconto*, *macaroni*, *viaduct*, *crapaud*.

Meestal bepaalt de uitgang van het woord of het als vreemd woord wordt beschouwd of niet. Echter zijn op deze regel weer uitzonderingen. Het ver- dient daarom aanbeveling zich te houden aan het onderstaande.

Wie er voor voelt om in meer gevallen een *k* in plaats van een *c* te schrijven, dient de *Woordenlijst 1954* te raadplegen om te controleren of dit geoor- loofd is.

Eenheid van capaciteit = F (Farad).

Een condensator heeft een capaciteit van 1 farad, als hij tengevolge van een lading van 1 coulomb een spanning krijgt van 1 volt.