



15 NOVEMBER 1964

353

De AVOMeter

model 8-Universeel

64-084

De dienstkringleiders bezitten al jaar en dag een „Meg“-meter, waarmee de isolatieweerstand van de lokale kabels kan worden bepaald.

Van de „Bridge-Meg“ was er maar één per district, later per sectie; hiermede kon ook de plaats van een isolatiefout worden bepaald.

Voor het keuren van kabellassen dient het meten van de isolatieweerstand met een spanning van 500 V te geschieden, hetwelk met de Bridge-Meg mogelijk is. Nu het kabelleggen aan de orde van de dag is en — door het gebruik van graafmachines — het aantal kabelstoringen regelmatig toeneemt, is er wellicht in elke dienstkring al wel een Bridge-Meg aanwezig.

De sectorchefs waren op dit gebied veel minder bedeed. Ze waren slechts in het bezit van een „Multavimeter“, waarmee spanningen en stromen kunnen worden gemeten. Jaren geleden beschikte men in de grootste telefooncentrales nog wel eens over een „Nadir-meter“, een weerstandsmeter volgens de brug van Wheatstone, maar ook deze ziet men al lang niet meer.

Dat men een weerstand gaat bepalen met behulp van twee Multavimeters, waarvan de een als voltmeter en de andere als ampèremeter wordt gebruikt, kan gerust naar het rijk der fabelen worden verwezen. Het is een mooi onderwerp voor de cursus, om de leerlingen het principe van het meten volgens de wet van Ohm te leren, maar in de praktijk wordt dit niet zo gedaan. Er is teveel bij te rekenen en als de weerstanden en het stroomverbruik van deze meters niet bekend zijn, dan is het zelfs onmogelijk.

Omdat het voor het nagaan van een storingsoorzaak dikwijls nodig is, dat men de waarde van een weerstand of van een relaisspoel moet kunnen meten, is aan de sectorchefs thans de „AVOMETER“ ter beschikking gesteld. Deze is zonder meer geschikt voor het meten van:

a. gelijkspanningen

meetbereiken: 2,5 V, 10 V, 25 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V en zelfs tot 2500 V.

b. gelijkstromen

meetbereiken: 50 μ A, 250 μ A, 1 mA, 10 mA, 100 mA, 1 A en 10 A.

c. wisselspanningen

meetbereiken: 2,5 V, 10 V, 25 V, 100 V, 250 V, 1000 V en 2500 V.

d. wisselstromen

meetbereiken: 100 mA, 1 A, 2,5 A en 10 A.

e. weerstanden

meetbereiken: 0 – 2000 Ω , 0 – 200.000 Ω en 0 – 20 M Ω .

Met behulp van een voorschakelapparaat kan het meetbereik ook nog 0– 2,5 Ω gemaakt worden en bij toepassing van een uitwendige batterij nog van 0 – 200 M Ω .

Tenslotte is er nog een mogelijkheid tot het meten van demping van -15 dB tot $+15$ dB.

Nu we zover zijn zal het er wel van komen, dat voor het A-3 onderzoek grondige kennis van de Multavimeter en de Bridge-Meg wordt gevraagd, alsmede het kunnen meten daarmede (behalve plaatsbepaling van een aardfout; dat is voor B 4) en voor B 3 idem van en met de Multavimeter en de Avometer.

In verband met dit laatste lijkt het ons gewenst, deze meter eens aan een nauwkeurige beschouwing te onderwerpen en de werking ervan te beschrijven; over de Bridge-Meg is reeds veel geschreven en deze staat ook vermeld in deel I van de VEV.

§ 1. Algemeen.

Uit de hierboven geschetste mogelijkheid een groot aantal meetbereiken te kunnen instellen blijkt, dat men nauwkeurige metingen kan verrichten, door het meest geëigende meetbereik te kiezen.

Voor het aflezen van stromen en spanningen zijn er twee duidelijke schaalverdelingen, resp. van $0 - 100$ en van $0 - 25$ (figuur 1, zie foto op de frontpagina), zodat men — al naar gelang van het gestelde meetbereik — op de bijpassende schaal kan aflezen. Onder de schaal is een spiegel aangebracht, zodat men loodrecht boven de mesvormige wijzer kijkende, de zuivere waarde kan bepalen.

Er zijn twee geïsoleerde meetsnoeren bijgeleverd, waarvan de einden als meetstift of als klem kunnen worden gebruikt. Deze kunnen worden aangebracht zonder blanke delen te behoeven aan te raken.

Hoewel de aansluitklemmen duidelijk met $+$ en $-$ zijn gemerkt, kan het toch nog voorkomen, dat men bij gelijkstroom de aansluiting verkeerd maakt.

"Rel MC"

Teneinde in dat geval de draden niet behoeven te verplaatsen, is er een omschakelaar voor de draaispoel aangebracht; deze zal echter niet dikwijls worden gebruikt. Beter is het, de meter goed aan te sluiten.

Voor de beveiliging van het meetsysteem tegen te hoge stromen is een automatische schakelaar aangebracht, welke de stroom bij overbelasting uitschakelt. Mocht dit geval zich voordoen, dan zal men de oorzaak ervan eerst nagaan of de meter uitschakelen, alvorens de uitgesprongen knop weer in te drukken.

Alle metingen — behalve die bij het meetbereik van 2500 V — kunnen worden gedaan op de beide aansluitklemmen onder aan het instrument. Door middel van twee schakelaars kunnen alle meetbereiken worden ingesteld; de linker draaischakelaar gemerkt „DC RANGES” voor de gelijkstroommetingen en de rechter, gemerkt „AC & Ω RANGES” voor de wisselstroom- en weerstandsmetingen. Bij vervoer van de motor dienen deze schakelaars respectievelijk op $50 \mu A$ en $2,5$ V te worden gesteld.

Zoals we op de cursus bij het vak „Meetinstrumenten” hebben geleerd, meet men spanningen en stromen het zuiverst op het einde van de schaal; bij weerstandsmetingen is dit in het midden van de schaal het geval.

Omdat over het algemeen vaker spanningen dan stromen worden gemeten, is de variatie in de meetbereiken voor spanningsmetingen het grootst genomen. Daar de meter in horizontale stand is geijkt, dient hij ook in deze stand te worden gebruikt.

Zoals we later zullen zien, wordt bij weerstandsmetingen het principe toegepast van een als ohmmeter geijkte volt/ampèremeter; er is daarvoor een ohm-schaalverdeling aangegeven. De daarbij te gebruiken batterij is in het instrument opgenomen. Aangezien deze elementen op de duur aan spanning kunnen verliezen, zal de meter bij kortsluiting van de klemmen wel eens niet vol, d.w.z. tot 0 ohm kunnen uitslaan. Voor elk van de 3 meetbereiken is een regelknopje aangebracht, om de wijzer in dat geval toch op 0 te kunnen stellen.

De volgende graden van nauwkeurigheid worden gegarandeerd:

Gelijkspanning: 2 % bij aanwijzingen in de tweede helft van de schaal; in de eerste helft van de schaal 1 % van de waarde van het meetbereik.

Gelijkstroom: 1 % van het meetbereik over de gehele schaal.

Wisselspanning: Tot 250 V 2,25 % van het meetbereik over de gehele schaal (bij wisselstromen van 25 – 2000 Hz).

Stroom: 2,25 % van het meetbereik over de gehele schaal.

§ 2. Het draaispoeltje.

Zoals bij alle draaispoelmeters is het raampje van aluminium, waarop geïsoleerde koperdraad is gewikkeld; een voorschakelweerstand is van constantaan, teneinde de temperatuursinvloeden zo gering mogelijk te houden.

Het raampje draait door middel van twee geharde en hoog-glanzende gepolijste stalen tapeindjes tussen verende conische lagertjes in de luchtspleet tussen twee sterke magneten. Twee fosforbronzen spiraalveertjes zorgen voor de stroomtoevoer en leveren het tegenwerkend koppel.

Het spoeltje heeft slechts 37,5 micro-ampère (μA) nodig voor zijn volle uitslag; met zijn voorschakelweerstand is de totale weerstand 3333 ohm.

Het mesvormig einde van de wijzernaald maakt een zeer nauwkeurige aflezing mogelijk, terwijl het gehele bewegende deel zuiver uitgebalanceerd is en een goede dempende werking heeft, zodat de wijzer snel tot rust komt.

§ 3. Controle op de elementen.

Binnen in de kap, onder de draagband, zijn een 15 V en een 1,5 V batterij aangebracht. Het is gewenst van tijd tot tijd na te gaan, of er misschien electrolyt uitloopt, waardoor het instrument kan worden beschadigd. Dit euvel zal zich in het algemeen kunnen voordoen als de elementen bijna uitgeput zijn. Wanneer vooraf bekend is, dat de meter gedurende vele maanden niet wordt gebruikt, dan is het aan te raden de elementen eruit te nemen.

Bij het inzetten van de batterijen dient goed op de aangegeven polariteit te worden gelet.

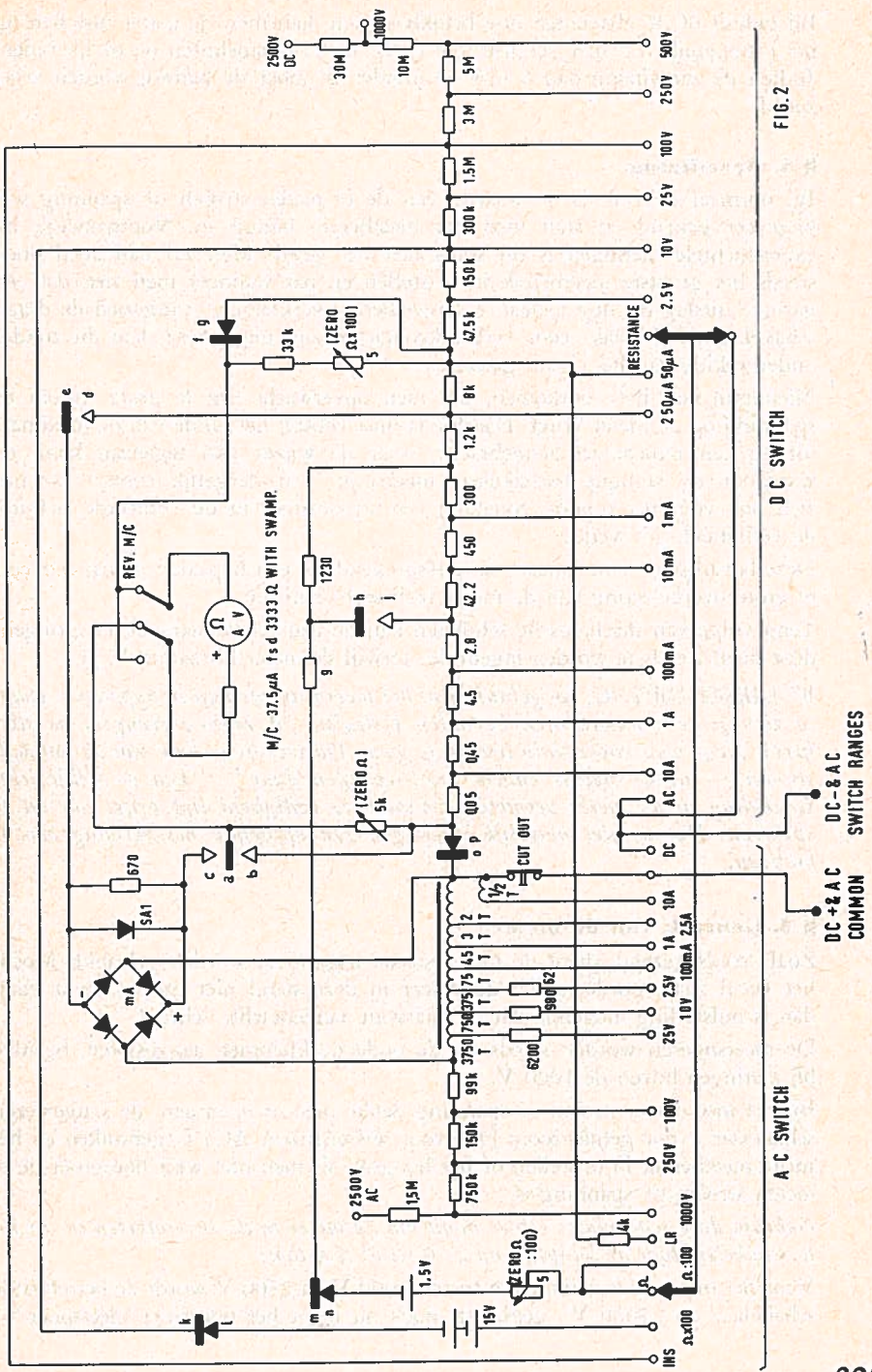


FIG. 2

Bij twijfel of de elementen nog bruikbaar zijn, kan men de meter instellen op het meetbereik 100 mA gelijkstroom en de batterij, aansluiten op de klemmen. Indien de aanwijzing dan 5 mA of minder is, moet de batterij worden afgekeurd.

§ 4. Beveiliging.

Bij normaal gebruik is de waarde van de te meten stroom of spanning wel ongeveer bekend en stelt men het meetbereik hierop in. Voornamelijk bij experimentele metingen is dit soms niet het geval. Men zal dan goed doen steeds het grootste meetbereik in te stellen en pas wanneer men ziet, dat een geringe uitslag dit nog toelaat, het meetbereik verkleinen. Aangezien de draaischakelaars met máák- voor verbreekcontacten zijn uitgevoerd, kan dit zonder onderbreking van het circuit gebeuren.

Niettemin kan het voorkomen, dat men onverwacht een te grote stroom of spanning op de meter krijgt. Daartoe is juist voorbij het einde van de maximale uitslag een remcontact aangebracht, waar de wijzer dan tegenaan komt en waardoor de veiligheidsschakelaar uitspringt; een dergelijk contact bevindt zich ook vóór het 0-punt, zodat bij een stroomstoot in de verkeerde richting de veiligheid ook werkt.

Deze beveiliging functioneert vanzelfsprekend tot een bepaalde grens; een veel te grote overbelasting kan de meter toch wel vernielen.

Tengevolge van mechanische schokken kan de drukschakelaar ook uitspringen; deze dient steeds te worden ingedrukt, terwijl de meter horizontaal ligt.

WAARSCHUWING. Bij gebruik van het meetinstrumenten in apparaten, waarin zich grote condensatoren bevinden (televisie- of radio-ontvangers, versterkers), dient men voorzichtig tewerk te gaan. De zeer hoge piek van de ontladestroom — welke slechts enkele milli-seconden duurt — kan de gelijkrichtschakeling in de meter vernielen, vóórdat de veiligheid tijd krijgt om uit te springen. Het is niet mogelijk, hiertegen een afdoende bescherming aan te brengen.

§ 5. Gebruik van de meter.

Zoals reeds gezegd, dient de meter steeds liggend te worden gebruikt. Mocht het geval zich voordoen, dat de wijzer in deze stand niet precies op 0 staat, dan is nulstelling mogelijk met de daarvoor aangebrachte schroef.

De meetsnoeren worden steeds op de onderste klemmen aangesloten, behalve bij metingen boven de 1000 V.

Bij het meten van stroom of spanning denke men er goed aan, de aangewezen schakelaar (voor gelijkstroom DC, voor wisselstroom AC) te gebruiken en het juiste meetbereik in te stellen of het hoogste, als men niet weet hoe groot de te meten stroom of spanning is.

Gebruik deze schakelaars echter nooit om de meter in de stroomketen in- of uit te schakelen door de knoppen op de 0-stand te zetten!

Voor het meten van spanningen tussen 1000 V en 2500 V wordt de betreffende schakelaar op „1000 V” geplaatst, doch nu dient het negatieve meetsnoer —

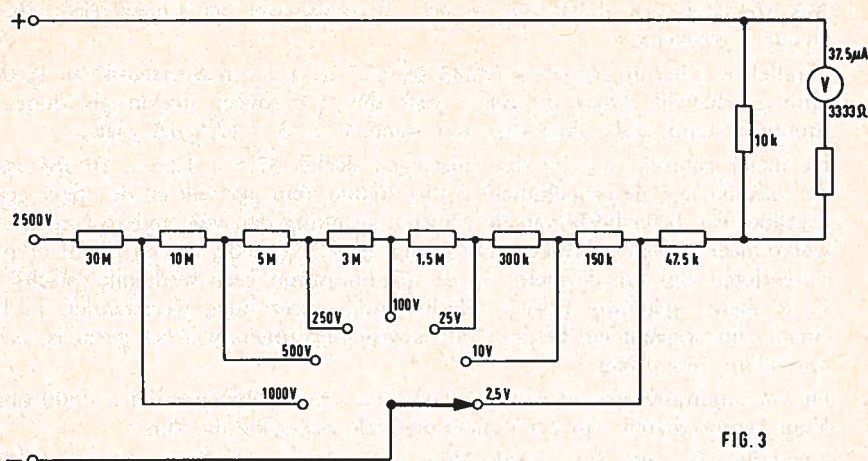


FIG. 3

d.w.z. van de rechter benedenklem — naar de betreffende klem bovenaan te worden gebracht.

Verder kan reeds worden opgemerkt, dat bij gelijkstroommetingen de rechter (wisselstroom-) knop op „DC” wordt geplaatst en bij wisselstroommetingen de linker (gelijkstroom-) knop op „AC”.

§ 6. Het schema van de meter.

In figuur 2 in het schema van de meter getekend, zoals dit in de prospectus is weergegeven. Dat ziet er ingewikkeld uit, maar bij een nadere beschouwing is er wel uit te komen.

Voor de contacten van de beide draaischakelaars — welke met letters zijn aangegeven — is een symbool gebruikt, waardoor wij ze voor gelijkrichtcellen zouden kunnen aanzien; dat zijn het echter niet.

In de getekende stand zijn de contacten a-b, a-c, d-e en h-j open en f-g, k-l, m-n en o-p gesloten.

Bij wisselstroommetingen wordt de stroom door de draaispoel via een Graetzschakeling gelijkgericht.

De armen van de draaischakelaars zijn als schuifcontacten onder in het schema aangegeven; het contact van 1000 V gelijkstroom zou hier nog rechts naast getekend moeten zijn.

Voor de wisselstroommetingen zijn een aantal weerstanden op een zacht stalen kern gewikkeld, waardoor ze tevens dienst doen als transformatorwikkeling; zoals we verderop zullen zien, is daardoor een juiste verklaring van de gekozen weerstanden niet mogelijk.

§ 7. Het meten van gelijkspanning.

Rechter schakelaar (AC & Ω RANGES) op „DC”; linker schakelaar (DC RANGES) op het gewenste meetbereik.

Contacten: a-b en f-g zijn gesloten; a-c, d-e, h-j, k-l, m-n en o-p zijn open.

Met weglaten van al het niet in gebruik zijnde ziet het schema eruit als in figuur 3 getekend.

Parallel over het draaispoeltje (3333Ω , $37,5 \mu A$) is een weerstand van 10.000 ohm geschakeld. Door de eerste gaat dus $3 \times$ zoveel stroom als door de shuntweerstand, zodat door deze weerstand $37,5 : 3 = 12,5 \mu A$ gaat.

De meter gebruikt dus bij deze metingen slechts $37,5 + 12,5 = 50 \mu A$ voor de volle uitslag; de gevoeligheid is dus 20.000 ohm per volt en de meter geeft daardoor een beter beeld van de gemeten spanning dan vele andere voltmeters, welke méér stroom gebruiken. Dit brengt met zich mede, dat bij het al of niet aangesloten zijn van de meter op de spanningsbron geen werkelijk verschil in de te meten spanning bestaat. Slechts indien zeer hoge weerstanden in het circuit zijn opgenomen, hetgeen bij televisie-ontvangers wel het geval is, is de miswijzing iets groter.

De vervangingsweerstand van 3333 ohm en 10.000 ohm parallel = 2500 ohm . Voor het meetbereik van $2,5 \text{ V}$ moet de totale weerstand dus zijn,

$2.500.000 \mu V : 50 \mu A = 50.000 \text{ ohm}$, zodat dus nog $50.000 - 2500 = 47.500 \text{ ohm}$ voorschakelweerstand moet zijn. Dit blijkt dan ook het geval te zijn. De overige voorschakelweerstand zijn in onderstaande tabel opgenomen; voor elk volgend meetbereik wordt het resterende bijgeschakeld.

Meet- bereik in V	Totale weerstand: in Ω
2,5	50.000
10	200.000
25	500.000
100	2.000.000
250	5.000.000
500	10.000.000
1000	20.000.000
2500	50.000.000

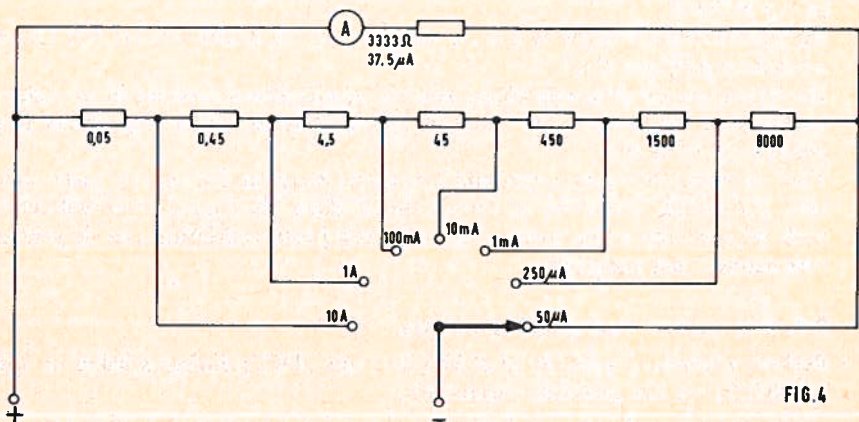


FIG. 4

§ 8. Het meten van gelijkstroom.

Rechter schakelaar op „DC”, linker schakelaar op het gewenste meetbereik.
Contacten: a-b en f-g gesloten, a-c, d-e, h-j, k-l, m-n en o-p open.

Het vereenvoudigd schema is in figuur 4 getekend.

Zoals U uit het schema in figuur 2 kunt nagaan, bestaat de weerstand van 10.000 ohm, welke in figuur 3 parallel over de draaispoel is geschakeld in werkelijkheid uit 7 weerstanden; daardoor is het mogelijk de waarde van de shunt te veranderen. Bij het kleiner maken ervan, wordt de rest in serie met de draaispoel geschakeld. Voor elk van de 7 meetbereiken volgt hieronder de berekening ter controle van de juistheid ervan.

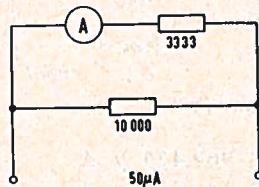


FIG. 5

a. Meetbereik $50\mu A$; figuur 5.

In § 7 hebben we al gezien, dat de totale stroom, nodig voor de volle uitslag, $50\mu A$ bedroeg; met deze schakeling kan de meter dus zonder meer als micro-ampèremeter worden gebruikt.

Wat ons vreemd aandoet is: de weerstand van de meter bedraagt in dit geval 2500 ohm, terwijl we leerden, dat de weerstand van een ampèremeter altijd zeer laag moest zijn, teneinde een groot spanningsverlies in de geleiding te voorkomen!

Maar let wel!

Veronderstel dat op een batterij van 60 V een weerstand van 1,5 Mohm is aangesloten, dan vloeit hierdoor een stroom van $40\mu A$. We willen deze stroom meten en nemen daartoe onze meter in het circuit op.

De weerstand wordt nu 1.502.500 ohm en de meter wijst nu $39,9334\mu A$ aan. Miswijzing op de werkelijkheid (dus zonder A-meter) $0,067\mu A$ op $40\mu A$, dat is 0,17 % of wel een zeer goed resultaat!

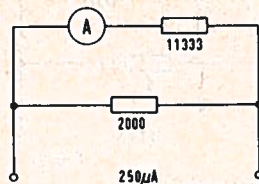


FIG. 6

b. Meetbereik $250\mu A$; figuur 6.

Van de vorige shunt is nu 8000 ohm afgenomen en in serie met de 3333 ohm van de draaispoel geschakeld. Aangezien de stroom door de spoel bij volle

uitslag $37,5 \mu\text{A}$ bedraagt, zal de stroom door de shunt nu $\frac{37,5 \times 11333}{2000}$
 $= 212,49 \mu\text{A}$ zijn.

De totale stroom bij volle uitslag is dan $37,5 + 212,49 = 249,99 \mu\text{A}$, dat is dus maar zeer weinig afwijkend van de $250 \mu\text{A}$.

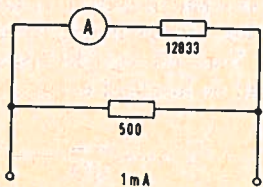


FIG. 7

c. Meetbereik 1 mA; figuur 7.

$$I_B = \frac{37,5 \times 12833}{500} = 962,475 \mu\text{A}.$$

$$I_t = 37,5 + 962,475 = 999,975 \mu\text{A} = 0,999,975 \text{ mA}.$$

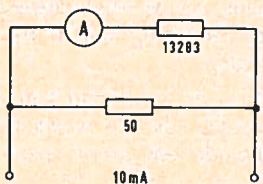


FIG. 8

d. Meetbereik 10 mA; figuur 8.

$$I_B = \frac{37,5 \times 13283}{50} = 9962,25 \mu\text{A}.$$

$$I_t = 37,5 + 9962,25 = 9999,75 \mu\text{A} = 9,99975 \text{ mA}.$$

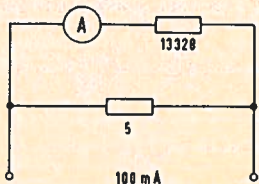


FIG. 9

e. Meetbereik 100 mA; figuur 9.

$$I_B = \frac{37,5 \times 13328}{5} = 99960 \mu\text{A}.$$

$$I_t = 37,5 + 9960 = 99997,5 \mu\text{A} = 99,9975 \text{ mA}.$$

330 $I_t = 37,5 + 99960 = 99997,5 \mu\text{A} = 99,9975 \text{ mA}$

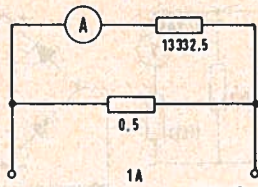


FIG. 10

f. Meetbereik 1 A; figuur 10.

$$I_B = \frac{37,5 \times 13332,5}{0,5} = 999937,5 \mu A.$$

$$I_t = 37,5 + 999937,5 = 999.975 \mu A = 0,999.975 A.$$

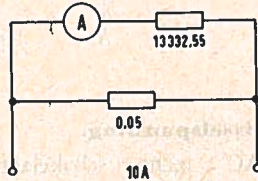


FIG. 11

g. Meetbereik 10 A; figuur 11.

$$I_B = \frac{37,5 \times 13332,55}{0,05} = 9999412,5 \mu A.$$

$$I_t = 37,5 + 9999412,5 = 9.999.450 \mu A = 9,99945 A.$$

$9999450 \mu A = 9,99945 A$

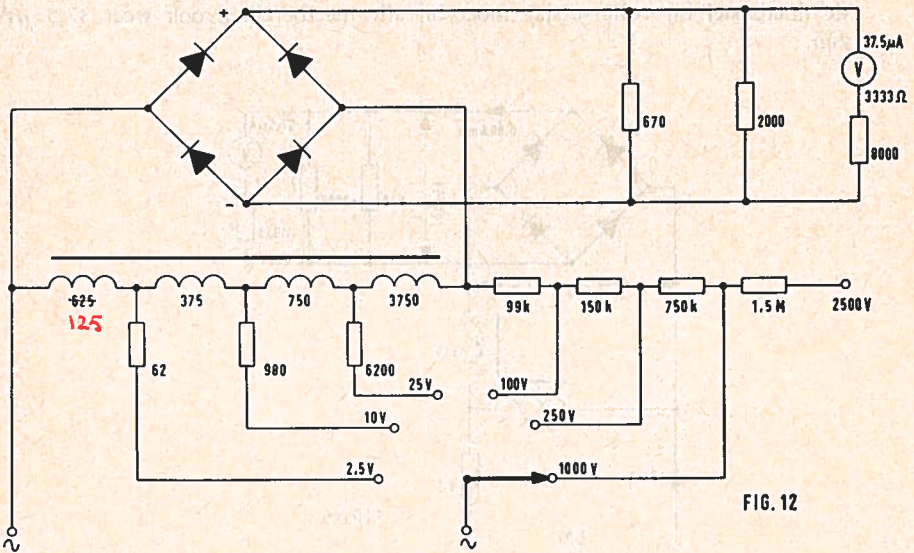


FIG. 12

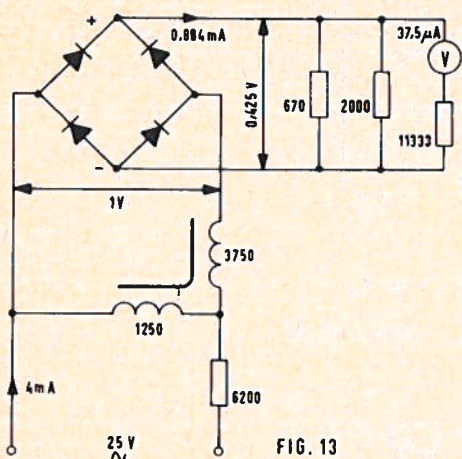


FIG. 13

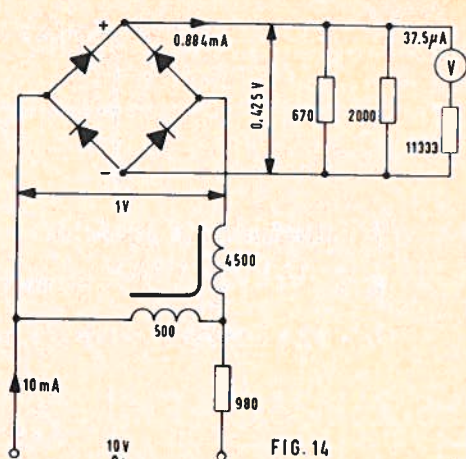


FIG. 14

§ 9. Het meten van wisselspanning.

Linker schakelaar op „AC”; rechter schakelaar op het gewenste meetbereik.
Contacten: a-b, a-c, d-e en f-g gesloten; h-j, k-l, m-n en o-p open.

Het schema is in figuur 12 getekend.

In de prospectus is gegeven, dat het stroomverbruik bij volle uitslag 1 mA bedraagt bij de meetbereiken van 100 V en hoger en bij de meetbereiken van 25 V, 10 V en 2,5 V resp. 4, 10 en 40 mA.

De aangelegde spanning dient voor de draaispoel gelijk gericht te worden; hiervoor wordt gebruik gemaakt van een Graetz-schakeling. De stroom door de draaispoel bij volle uitslag moet bij alle meetbereiken ook weer 37,5 μ A zijn.

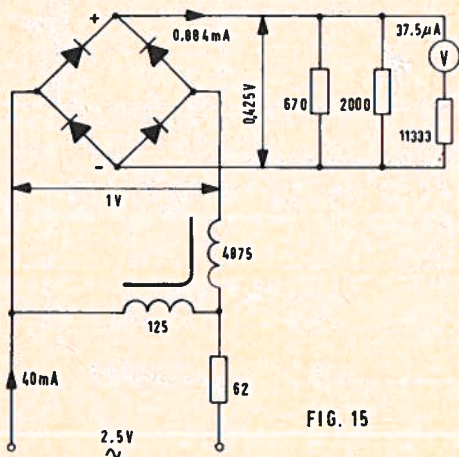


FIG. 15

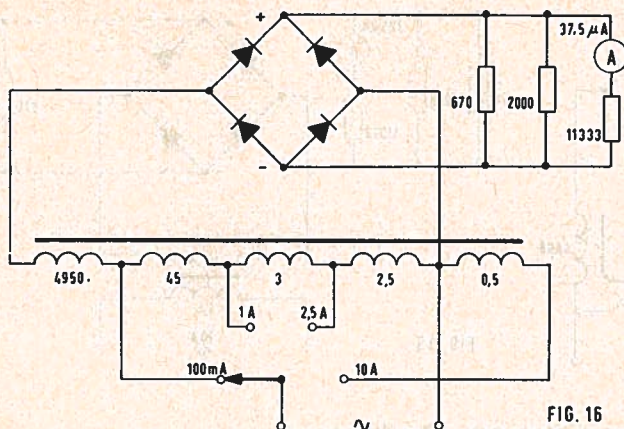


FIG. 16

Uit dit gegeven is de spanning tussen + en - van de gelijkrichter te berekenen. Deze bedraagt nl. $37,5 \times 11333 = 424.987,5 \mu\text{V}$. De stroom door de parallelle tak van 2000 ohm is dan $424.987,5 : 2000 = 212,49375 \mu\text{A}$ en door die van 670 ohm $424.987,5 : 670 = 634,31 \mu\text{A}$.

De totale stroom, welke door de gelijkrichter moet worden geleverd is dan dus $884,30375 \mu\text{A}$, af te ronden op $0,884 \text{ mA}$ bij een spanning van $0,425 \text{ V}$.

Nu dient erop te worden gelet, dat de 4 linker weerstanden in de wisselstroomtoevoer op een zacht stalen kern zijn gewikkeld en dus ook nog inductieve weerstand bezitten. Daardoor kunnen spanningen in andere wikkelingen worden opgewekt, zodat hiervoor de verschillende schakelingen niet zo precies zijn na te rekenen als voor het gelijkstroom-gedeelte het geval was.

Uit de gegevens omtrent het stroomverbruik bij de verschillende meetbereiken is wel op te maken, dat de wisselspanning op de gelijkrichter 1 V moet zijn.

Bij de meetbereiken van 100 V en hoger was de stroom nl. 1 mA ; in de voorschakelweerstand gaat telkens zoveel verloren, dat er 1 V overblijft.

Voor het meetbereik van 25 V is het schema getekend in figuur 13. Wat er van bekend is, is in het schema aangegeven, evenals dit het geval in de figuren 14 en 15 voor de meetbereiken van 10 V en van $2,5 \text{ V}$.

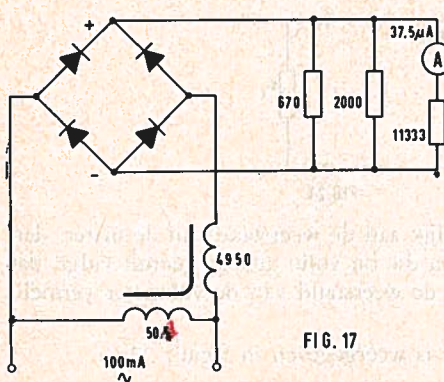


FIG. 17

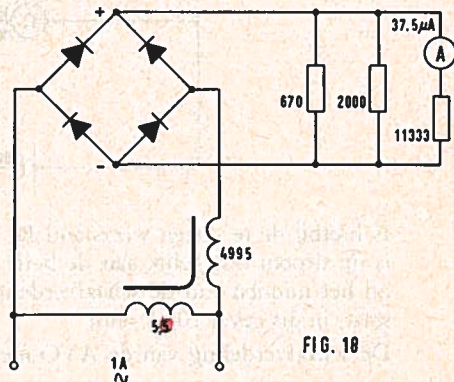


FIG. 18

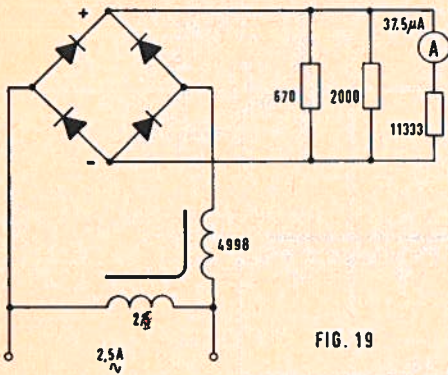


FIG. 19

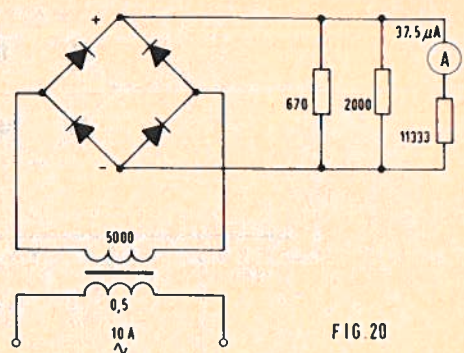


FIG 20

§ 10. Het meten van wisselstromen.

Blz 148
mei 1965.
Linker schakelaar op „AC”; rechter schakelaar op het gewenste meetbereik. Contacten: a-b, a-c, d-e en f-g gesloten; h-j, k-l, m-n en o-p open. Het schema is getekend in figuur 16.

Opmerkelijk is het, dat het schema zeer weinig verschilt van dat voor de spanningsmetingen; alleen is de weerstand tussen de aansluitklemmen nu veel lager. Niettemin lijkt het alsof de spanningsval over de ingeschakelde meter tamelijk hoog is; $100 \text{ mA} \times 50,5 \Omega$ of $1 \text{ A} \times 5,5 \Omega$ of $2,5 \times 2,5 \Omega$ of $10 \times 0,5 \Omega$ geven uitkomsten van 5 tot 6,25 V.

Toch is deze spanningsval bij alle meetbereiken minder dan $\frac{1}{4}$ V.

Duidelijkheidshalve geven we in de figuren 17 t/m 20 nog het vereenvoudigd schema voor de verschillende meetbereiken.

§ 11. Het meten van weerstanden.

Hierbij wordt de zgn. „ohmmeter”-schakeling toegepast, d.w.z. een draaispoelmeter met een meetbereik van bijv. 100 V wordt van een ohm-schaal voorzien; in serie met een batterij van 100 V worden dan de weerstanden gemeten; figuur 21.

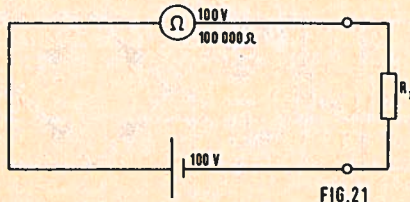


FIG.21

Is hierbij de te meten weerstand R_x gelijk aan de weerstand van de meter, dan is de stroom dus gelijk aan de helft van die bij volle uitslag; hieruit volgt, dat bij het midden van de schaalverdeling de weerstand van de voltmeter yermeld staat, in dit geval 100 k ohm.

De schaalverdeling van de AVO-meter is weergegeven in figuur 22.

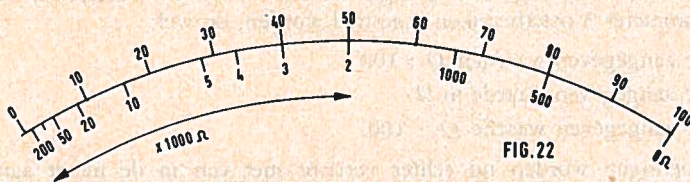


FIG. 22

Ter oefening willen we nog eens nagaan, hoe een ohm-schaal wordt berekend. Wanneer we zien, dat in het midden van de schaal, d.w.z. bij deelstreep 50 de weerstandswaarde 2000 ohm vermeld staat, dan moet in een bepaald geval de weerstand van de meter ook 2000 ohm zijn.

Zoals wel later zullen zien, is dit ook zo, doch de toegepaste spanning is een andere, dan we in deze berekening gebruiken.

Wanneer we veronderstellen, dat de aanduiding „50” 50 mA zou betekenen,

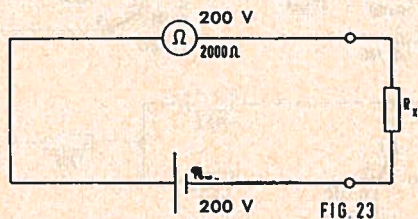


FIG. 23

dan is de totale spanning van de batterij $100 \text{ mA} \times 2000 \text{ ohm} = 200 \text{ V}$; de situatie zou dan zijn als in figuur 23 gegeven.

(Een dergelijk geval doet zich in de praktijk nooit voor! Waarom niet?)

Wanneer we de klemmen kortsluiten ($R_x = 0$), dan slaat de meter vol uit; de stroom is dan nl. $200 \text{ V} : 2000 \Omega = 100 \text{ mA}$.

Nemen we $R_x = 500 \Omega$, dan is de totale weerstand in de keten $2000 + 500 = 2500 \Omega$. De stroom is dan $200 \text{ V} : 2500 \Omega = 80 \text{ mA}$.

De waarde van 500Ω moet dus onder deelstreep „80” geplaatst worden.

In onderstaande tabel zijn voor nog een aantal weerstanden de betreffende deelstreep aangegeven; ze komen alle met de schaalverdeling overeen.

R_x Ω	R_t Ω	I mA
0	2000	100
500	2500	80
1000	3000	67,7
2000	4000	50
3000	5000	40
4000	6000	33,3
5000	7000	28,4
10000	12000	16,6
20000	22000	9,09
50000	52000	3,85

Zoals in de Inleiding reeds gezegd kunnen bij de AVO-meter bij het gebruik als ohmmeter 3 meetbereiken ingesteld worden, en wel:

- de aangegeven waarden Ω : 100
- de aangegeven waarde in Ω
- de aangegeven waarde $\Omega \times 100$.

De metingen worden nu echter verricht met een in de meter aangebrachte batterij, welke 1,5 V bedraagt voor de gevallen a en b en 15 V bij meetbereik c.

Het schema voor de 3 weerstandsbereiken is gegeven in figuur 24; we willen ze echter ook voor elk geval afzonderlijk bekijken en uitrekenen of de verschillende weerstandswaarden juist zijn.

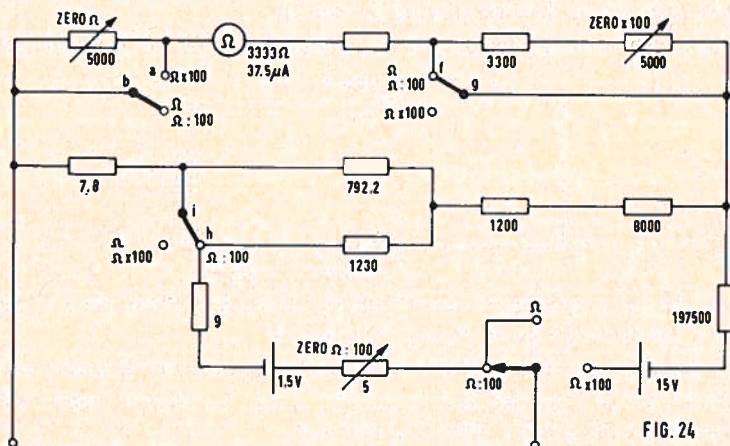


FIG. 24

a. Meetbereik Ω : 100.

Linker schakelaar (DC RANGES) op „Resistance”; rechter schakelaar (AC & Ω RANGES) op „ Ω : 100”.

Contacten: a-b, a-c en d-e open; f-g, h-j, k-l, m-n en o-p gesloten.

Het schema is gegeven in figuur 25. Spanningsbron 1,5 V.

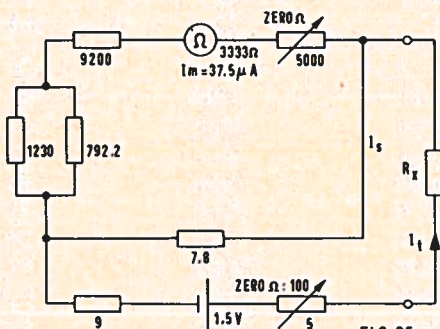


FIG. 25

Aangezien we in dit geval bij de halve uitslag een weerstand R_x meten van $2000 : 100 = 20$ ohm, moet de weerstand van de meter 20 ohm zijn, welke waarde zonder meer uit de gegeven weerstanden is te berekenen, doch dit kunnen we ook doen uit de wetenschap, dat bij volle uitslag door de draaispoel $37,5 \mu\text{A}$ moet gaan.

In dit laatste geval zou de door de batterij geleverde stroom I_t gelijk moeten zijn aan $\frac{1.500.000 \mu\text{V}}{20 \Omega} = 75.000 \mu\text{A}$.

$I_m = 37,5 \mu\text{A}$; I_s is dan $74962,5 \mu\text{A}$. $R_s = 7,8 \Omega$.

$I_m : I_s = R_s : R_m = 1 : 1999$.

R_m moet dus zijn $1999 \times 7,8 = \text{ca } 15600 \Omega$.

De vervangingsweerstand van 1230Ω en $792,2 \Omega = 482 \Omega$.

Dan is dus $R_m = 482 + 9200 + 3333 + 2585$ (regelbaar) $= 15600 \Omega$.

De weerstand van de meter tussen de aansluitklemmen is dan $7,7 + 9 + 3,3$ (regelbaar) $= 20 \Omega$.

Indien de batterij niet meer de volle spanning van $1,5 \text{ V}$ bezit, waardoor de wijzer de nulstand niet kan bereiken, is zuivere nulstelling mogelijk met de regelweerstand „zero $\Omega : 100$ ” en „zero Ω ”.

b. Meetbereik: Ω .

Linker schakelaar op „Resistance”; rechter schakelaar op: Ω .

Contacten: a-b, a-c, d-e en h-j open; f-g, k-l, m-n en o-p gesloten.

Het schema is gegeven in figuur 26. Spanningsbron $1\frac{1}{2} \text{ V}$.

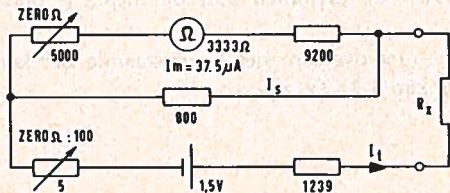


FIG. 26

Bij de halve uitslag van de meter meten we nu een weerstand van 2000Ω , zodat de weerstand van de meter bij dit meetbereik ook 2000Ω moet zijn.

Bij volle uitslag ($R_x = 0$) is $I_t = \frac{1.500.000 \mu\text{V}}{2000 \Omega} = 750 \mu\text{A}$.

$I_m = 37,5 \mu\text{A}$; $I_s = 712,5 \mu\text{A}$; $R_s = 800 \Omega$.

$I_m : I_s = R_s : R_m = 1 : 19$.

R_m moet dus zijn $19 \times 800 = 15200 \Omega$; deze is inderdaad $9200 + 3333 + 2667$ (regelbaar) $= 15200 \Omega$.

De vervangingsweerstand van 15200Ω en $800 \Omega = \text{ca. } 760 \Omega$.

De weerstand tussen de klemmen van de meter is dan:

$1239 + 5 + 766$ (regelbaar) $= 2000 \Omega$.

Nulstelling is mogelijk door de regelweerstand „zero Ω ”.

c. Meetbereik $\Omega \times 100$.

Linker schakelaar op „Resistance”; rechter schakelaar op „ $\Omega \times 100$ ”.

Contacten: a-c, d-e, f-g en h-j open; a-b, k-l, m-n en o-p gesloten.

Het schema is gegeven in figuur 27. Spanningsbron 15 V.

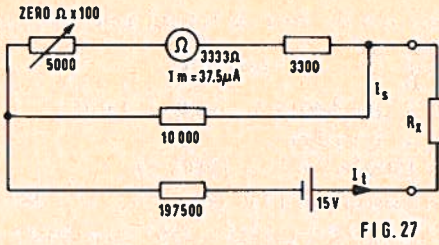


FIG. 27

Bij de halve uitslag van de meter meten we nu een weerstand van 200.000Ω , zodat de weerstand van de meter bij dit meetbereik ook 200.000Ω moet zijn.

Bij volle uitslag ($R_x = 0$) is $I_t = \frac{15.000.000 \mu V}{200.000 \Omega} = 75 \mu A$

$I_m = 37,5 \mu A$; $I_s = 37,5 \mu A$; $R_s = 10.000 \Omega$.

$I_m : I_s = R_s : R_m = 1 : 1$.

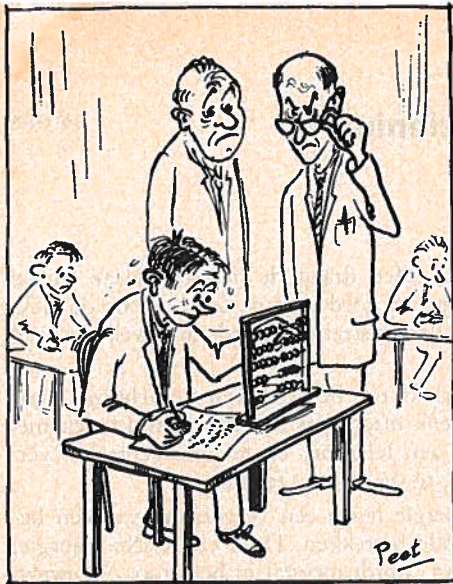
R_m moet dus ook 10.000Ω zijn.

$R_m = 3300 + 3333 + 3367$ (regelbaar) = 10.000Ω .

Vervangingsweerstand is in dit geval 5000Ω .

De weerstand tussen de klemmen van de meter is dan $5000 + 197.500 = 202.500 \Omega$.

Deze waarde komt niet overeen met bovenstaande berekende waarde; de miswijziging hierdoor kan $1,25 \%$ zijn.



Examenantwoorden 64-085

$$1. R = \frac{U}{I}; r_1 = \frac{60}{20} = 3 \Omega$$

$$r_2 = \frac{20}{20} = 1 \Omega$$

$$r_3 = \frac{80}{20} = 4 \Omega$$

$$U = I \times R \quad u_4 = 20 \times 2 = 40 \text{ V}$$

$$u_5 = 20 \times 3 = 60 \text{ V}$$

$$R_{\text{totaal}} = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 = 13 \Omega.$$

$$U_{\text{totaal}} = I \times R \text{ of } 20 \times 13 = 260 \text{ V}$$

$$2. u_1 + u_4 = 65 + 35 = 100 \text{ V.}$$

$$220 - 100 = 120 \text{ V of}$$

$$u_2 + u_3 = 120 \text{ V.}$$

Hiervan wordt in r_3 gebruikt:

$$\frac{10}{24} \times 120 = 50 \text{ V}; u_3 = 50 \text{ V.}$$

In u_2 bedraagt dit:

$$\frac{14}{24} \times 120 = 70 \text{ V.}$$

$$I \text{ is dus } = \frac{50}{10} = 5 \text{ A of } \frac{70}{14} = 5 \text{ A.}$$

$$r_1 = \frac{u_1}{I} = \frac{65}{5} = 13 \Omega.$$

$$r_4 = \frac{u_4}{I} = \frac{35}{5} = 7 \Omega.$$

$$R_{\text{totaal}} = 13 + 14 + 10 + 7 = 44 \Omega.$$

$$3. u_1 = 16 \text{ V}; u_2 + u_3 = 96 - 16 = 80 \text{ V.}$$

$$u_2 = \frac{5}{20} \times 80 = 20 \text{ V};$$

$$u_3 = \frac{15}{20} \times 80 = 60 \text{ V.}$$

$$I = \frac{60}{15} = 4 \text{ A of } \frac{20}{5} = 4 \text{ A.}$$

$$r_1 = \frac{u_1}{I} = \frac{16}{4} = 4 \Omega$$

$$R_{\text{totaal}} = 4 + 5 + 15 = 24 \Omega.$$

$$4. u_1 + u_2 + u_4 = 180 - 39 = 141 \text{ V.}$$

$$u_1 = \frac{12}{47} \times 141 = 36 \text{ V};$$

$$u_2 = \frac{17}{47} \times 141 = 51 \text{ V};$$

$$u_4 = \frac{18}{47} \times 141 = 54 \text{ V.}$$

$$I = \frac{u_1}{r_1} = \frac{36}{12} = 3 \text{ A.}$$

$$r_3 = \frac{u_3}{I} = \frac{39}{3} = 13 \Omega.$$

$$R_{\text{totaal}} = 12 + 17 + 13 + 18 = 60 \Omega.$$

$$5. a. G = V \times s.g.$$

$$V = 20 \times 4 \times 2 = 160 \text{ cm}^3$$

$$G = 160 \times 8,9 = 1424 \text{ g.}$$

b. Opwaartse kracht = gewicht verplaatste water.

Volume verplaatste water = volume koper = 160 cm^3 .

Gewicht verplaatste water = volume \times s.g. of $160 \times 1 = 160 \text{ g}$.

Opwaartse kracht = 160 g .

c. Schijnbaar gewicht in water = gewicht - opwaartse kracht of $1424 - 160 = 1264 \text{ g}$.

1. Inleiding.

Het is allemaal zo gewoon geworden: „Men draait de lichtschakelaar om en onze lamp straalt licht uit”. Toch is het wel goed eens na te gaan hoe de elektriciteit, welke de oorzaak is van deze lichtuitstraling, wordt opgewekt, en aan de afnemers ter beschikking gesteld.

De elektriciteit wordt niet alleen gebruikt ten behoeve van verlichting, maar ook voor het verrichten van kracht. Denk maar eens aan zware hijskranen met hun lasten, aan uurwerken anderzijds, aan telefoon- en telegraafcentrales, verwarming, vervoer, luchtverversing, enz.; te veel om op te noemen.

De afnemers kunnen de benodigde energie tegen een vergoeding van een bepaald bedrag van de elektriciteitscentrale betrekken. Deze elektrische energie, welke van zo'n centrale wordt verkregen, wordt meestal in het groot opgewekt.

De centrales werden vroeger zo dicht mogelijk in het zwaartepunt van het verbruik opgericht, teneinde de kosten van kabels en leidingen zo gering mogelijk te doen zijn. Op deze economische voorwaarde moesten de eerste gelijkstroomcentrales wel worden gebouwd, omdat het transport van deze stroomsoort over grote afstanden met te grote verliezen gepaard gaat. Bij de huidige draaistroomcentrales behoeft men hier niet meer zo op te letten, omdat men bij toepassing van wisselstroom en hoge spanningen de elektriciteit betrekkelijk goedkoop over lange afstanden kan vervoeren.

De elektriciteitscentrales, waarin de generatoren door stoomturbines worden aangedreven, worden dan ook liever dáár gebouwd, waar aan andere voorwaarden beter kon worden voldaan. Zoals bijvoorbeeld dicht aan vaarwater, waardoor de kolenaanvoer zo goedkoop mogelijk kon zijn en waar koelwater in voldoende mate aanwezig was. Dit is het geval in Rotterdam, Amsterdam, Nijmegen, Geertruidenberg, Dordrecht en nog vele plaatsen. Heeft men geen water bij de hand, dan is men op koeltorens aangewezen; dit is bijvoorbeeld het geval bij de Limburgse mijnen en de Twentse centrale.

Mede door de ontwikkeling van de hoogspanningstechniek zijn de economische voorwaarden veranderd. Thans wordt gestreefd naar grote centrales in het gebied van de kolenmijnen, waardoor het transport van de kolen minder kosten en problemen met zich brengt of naar grote centrales, waar de kolenaanvoer gemakkelijk kan plaatsvinden. Ook de nieuwste uitvoering van elektriciteitscentrales, de „Atoomcentrale” projecteert men langs of dichtbij stromend vaarwater. Dit laatste is hoofdzakelijk voor afvoer en aanvoer van water en afvalstoffen. Denk hierbij aan de nog nieuw te bouwen atoomcentrale in Dodewaard. Dat deze plaats is gekozen is ook het gevolg van de gunstige ligging ten opzichte van het nederlandse koppelnet.

De elektrische stroom van hoge spanning wordt van de centrale naar een onderstation geleid, waar transformatoren de spanning weer omlaag transformeren. Deze onderstations nemen de plaats in van de vroegere centrales, die in het hart (centrum) van het afzetgebied lagen.

2. Enkele soorten centrales.

De elektriciteitscentrales kunnen worden onderverdeeld in :

- a. *Gelijkstroomcentrales,*
- b. *Wisselstroomcentrales,*
- c. *Draaistroomcentrales;* deze laatste zijn de belangrijkste.

Niet alleen in de stroomsoorten is een onderscheid te maken, doch ook in de wijze van opwekken. Zo bestaan er dus :

- a. *Waterkrachtcentrales,*
- b. *Gascentrales,*
- c. *Dieselcentrales,*
- d. *Benzinecentrales,*
- e. *Windcentrales,*
- f. *Stoomcentrales.*
- g. *Atoomcentrales.*

3. Waterkrachtcentrales.

Bij waterkrachtcentrales dient men rekening te houden met de *ongelijkmatige* toevoer van water. Veelal is het noodzakelijk grote stuwdammen te bouwen, zodat in tijden van veel wateraanvoer het water in basins kan worden verzameld. In tijden van droogte en weinig wateraanvoer verzorgen deze basins dan een regelmatige aanvoer van water. Het aanlegkapitaal is zeer groot; door ten opzichte van de natuurlijke ligging van bergen, ravijnen en dalen de meest geschikte plaats te bepalen, tracht men deze kosten zo laag mogelijk te houden.

Dikwijls worden bovendien grote offers gevraagd van bevolkingsgroepen, die voor het algemeen nut plaats moeten maken, omdat hun dorpen geheel onder water zullen komen te liggen.

Het toerental van de waterkracht-turbines is laag, zodat tot grotere afmetingen van de generatoren moet worden overgegaan.

De centrales zijn vanwege grote investeringskosten rendabel, indien deze voor een groot vermogen zijn gebouwd. Dergelijke waterkrachtcentrales zijn bijvoorbeeld gebouwd in Zwitserland, Amerika, Azië, Afrika, enz.

Verschillende soorten turbines kunnen worden toegepast voor de aandrijving van de generatoren. Bij alle soorten moet men echter rekening houden met een toerentalverhoging van 80 %, want weigert de reguleur dan kan het toerental oplopen.

a. *de Pelton-turbine.*

Deze turbine kenmerkt zich door de tengentiële (raaklijnige) waterstroom. (Fig. 1).

Is de hoogte of de druk van de waterstroom groot, dan heeft men een kleine hoeveelheid water nodig. Is echter de hoogte of de druk gering, dan zal men

over een grotere hoeveelheid water moeten beschikken. Aantal omwentelingen 400-800 per minuut.

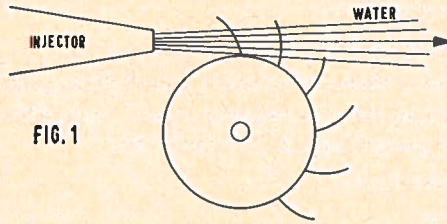


FIG. 1

b. de Becher-turbine.

De schoep van deze turbine heeft een ronde vorm om de waterstraal te breken; fig. 2. Deze turbine wordt in bergachtige streken gebruikt, waar grote valhoogten voorkomen met weinig water.

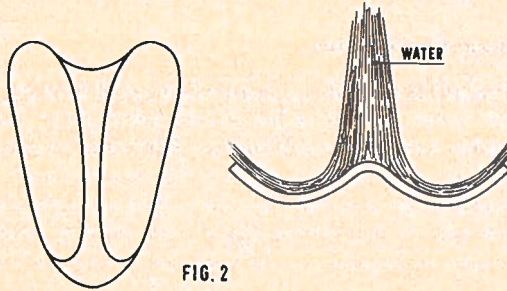


FIG. 2

c. de Francis-turbine.

Deze turbine is eigenlijk een kruising van de turbine, welke wordt aangedreven door een tangentiële en een turbine, welke wordt aangedreven door een axiale richting van de waterstroom; fig. 3.

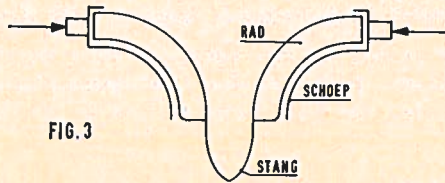
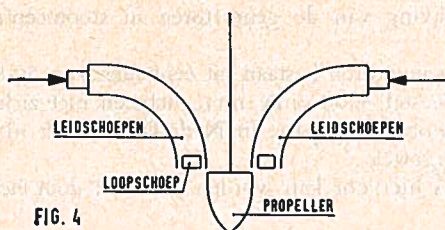


FIG. 3

De Francis-turbine wordt toegepast voor tussenliggende valhoogten; 200-600 omwentelingen per minuut.

Deze turbine wordt gebruikt op plaatsen waar een grote hoeveelheid water met een kleine valhoogte aanwezig is (ongeveer 3,5 meter).

Het aantal omwentelingen per minuut is kleiner dan 200. Deze turbine kan soms 300 % te snel draaien.



4. Gascentrales.

Gascentrales worden dáár toegepast, waar goedkoop afvalgas ter beschikking is. Men geeft er de voorkeur aan het gas in ketels te verbranden. Gasmotoren hebben nl. een laag rendement en een zeer laag toerental; door hun omvang eisen zij een grote machinezaal. Bovendien moeten gasmotoren zeer gelijkmatig worden belast. De gasturbines hebben daarentegen een betere toekomst, hoewel de snelheden in het algemeen laag liggen.

5. Dieselcentrales.

De dieselcentrales komen veel voor op schepen. De dieselmotoren, welke in de regel door olie op gang worden gehouden, worden ook in centrales toegepast voor het opnemen van de piekbelasting. Ook in de telefoon- en telegraafcentrales worden deze motoren gebruikt voor aandrijving van het noodstroomaggregaat, dat gaat draaien als de netspanning uitvalt. De bedoelde motoren zijn geschikt om binnen enkele minuten vol belast te worden, terwijl turbines minstens 20 minuten hiervoor nodig hebben. Soms is het poolrad tevens als vliegwiel uitgevoerd, terwijl generatoren met 6 tot 24 polen geen zeldzaamheid zijn. Het aantal omwentelingen loopt vrij sterk uiteen nl. van 250 tot 1000 omw/min.

Op het eiland Ameland heeft men een centrale, waar olie de plaats van de kolen heeft verdrongen.

6. Benzinecentrales.

Benzinecentrales komen bijna niet voor. Op plaatsen waar benzine in grote hoeveelheden wordt gemaakt heeft het zin zo'n centrale te plaatsen. Veelal dus daar, waar benzine- en aanvoerkosten van de benzine geen bezwaar vormen.

7. Windcentrales.

Windcentrales worden nagenoeg niet meer toegepast. Indien toch aanwezig, dan is het meestal voor noodverlichting van afgelegen boerderijen, die nog niet op het elektriciteitsnet aangesloten zijn. Ze hebben slechts een klein vermogen.

8. Stoomcentrales.

8.1. Algemeen.

De aandrijving van de generatoren in stoomcentrales geschiedt door stoomturbines.

De turbogeneratoren bestaan uit eenheden van 50-80.000 kVa. De generatoren hebben meestal 3000 omw/min., hetgeen met zich brengt, dat een tweepolige machine wordt toegepast; in Nederland wordt nl. een frequentie van 50 Hz (hertz) opgewekt.

Het bewijs hiervoor kan worden geleverd door het toepassen van de bekende formule:

$$f = \frac{p \times n}{60}$$

Hierbij is: f de frequentie,

p het aantal poolparen,

n het aantal omwentelingen per minuut.

Zal dus bij een frequentie van 50 hertz de machine 3000 omw/min. maken, dan is het aantal poolparen $p = 1$; 1 poolpaar is twee polen.

De machinespanning is in de loop der tijden opgevoerd van 3000 volt tot 6000 volt, thans algemeen 10.000 volt. Ook hogere spanningen zijn mogelijk.

De generatorspanning kan door middel van transformatoren worden opgevoerd tot 120.000 volt en 220.000 volt; er zijn zelfs projecten ontworpen voor spanningen van 1.000.000 volt en nog hoger.

De generatoren en transformatoren zijn veelal boven elkaar gebouwd. Het voordeel hiervan is, dat de beveiliging van beide als één geheel is uit te voeren, waardoor er slechts één schakelaar nodig is.

Bij de keuze van de generator spelen zeer vele factoren een rol. Een zeer belangrijke is het rendement. Een grote machine heeft in de regel een beter rendement dan een kleine machine.

In de eerste jaren van het bedrijf zal het ontwikkelde vermogen ver beneden het maximale vermogen van de generator blijven. Gedurende die tijd werken de machines onvoordelig.

Door toepassing van steeds meer elektrische apparaten zal de vraag naar elektriciteit groeien en neemt het verbruik dus toe, zodat na enige tijd het geleverde vermogen gelijk is aan het maximale machine-vermogen. Een juiste planning in deze zaken is een grote vereiste; levensduur en afschrijving spelen hierin ook mee.

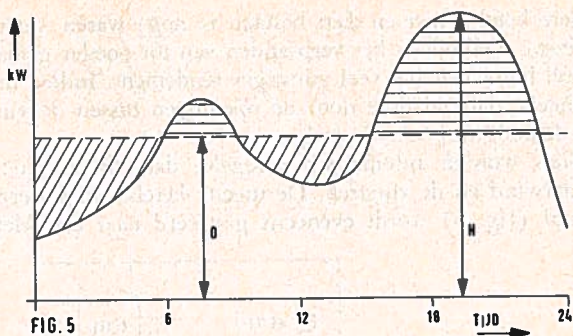
Is de centrale niet gekoppeld met andere centrales in het land, dan is het kleinst aantal machines twee. Is de centrale wel gekoppeld, dan zou kunnen worden volstaan met één machine. Wordt echter het totale vermogen over meerdere machines verdeeld, dan kan de reserve-machine klein worden gehouden. De elektriciteitscentrales hebben gedurende de dag een sterk wisselende belasting, vooral als de centrale veel licht- en krachtklanten heeft.

Figuur 5 geeft een grafische voorstelling van het dagverbruik.

Het gemiddelde verbruik is H .

De maximale belasting is H .

Het oppervlak 0×24 stelt de afgegeven hoeveelheid arbeid voor in kWh.



Het machinevermogen moet dus berekend zijn op de maximaal optredende belasting H.

Door speciale tarieven in te voeren wordt getracht de maximale belasting (piekbelasting) over een groter gedeelte van een etmaal uit te spreiden.

De ondanks deze maatregelen nog bestaande piek tracht men ook zo laag mogelijk te houden, door de elektriciteitscentrales met elkaar te koppelen en eventuele diesellaggregaten in te schakelen. Door de weergegeven grafiek op kaarten af te drukken en het papier boven de belastingen af te knippen, kan men seizoeninvloeden duidelijk zien, als deze kaarten achter elkaar worden geplaatst. De wintermaanden en vooral de tijd rond Kerstmis geven een duidelijke verhoging van het verbruik. De berekening van het benodigde machinevermogen is op deze wijze nog beter te bepalen. Door de kaarten van voorgaande jaren achter elkaar te plaatsen is de groei ofwel de grotere vraag naar elektriciteit duidelijk te zien.

Bij het ontwerpen van een centrale gaat men uit van de aansluitwaarde van de afnemers.

Het maximale vermogen bepaalt men ook uit de zogenaamde *gelijktijdigheidsfactor* (α).

$$\text{faktor } \alpha = \frac{\text{optredende maximale belasting}}{\text{aansluitwaarde der afnemers}}$$

8.2 Inrichting.

In de stoomcentrale onderscheidt men :

- a. Het ketelhuis,
- b. De machinezaal.
- c. De transformatorruimte,
- d. De schakelruimte,
- e. De bedieningsruimte.

Het liefst wordt een klein aantal ketels geïnstalleerd met een groot vermogen. Eenheden van 200 ton stoom per uur zijn normaal. Aanvankelijk was de stoomdruk 40 atmosfeer, in de nieuwe centrales gaat men thans tot ongeveer 100 atmosfeer en zelfs nog hoger. De stoomtemperatuur wordt tegenwoordig tot 500 °C opgevoerd. Deze hoge temperatuur wordt bereikt met behulp van oververhitters.

Vroegere ketels (hier en daar bestaan ze nog) waren ingericht voor stukkolen. De nieuwe methode is het verbranden van tot poeder gemalen kolen; het grote voordeel hiervan is het veel gunstiger rendement. Indien men poederkool in de hand heeft, dan zal deze door de openingen tussen de vingers verdwijnen, zo fijn is de kool tot poeder gemalen.

De ketels worden automatisch geregeld, dat wil zeggen: de roostersnelheid, de onderwind en de zuigtrek. De meeste ketels zijn waterpijpketels. In de machinezaal (fig. 6) wordt eveneens gestreefd naar een klein aantal grote een-

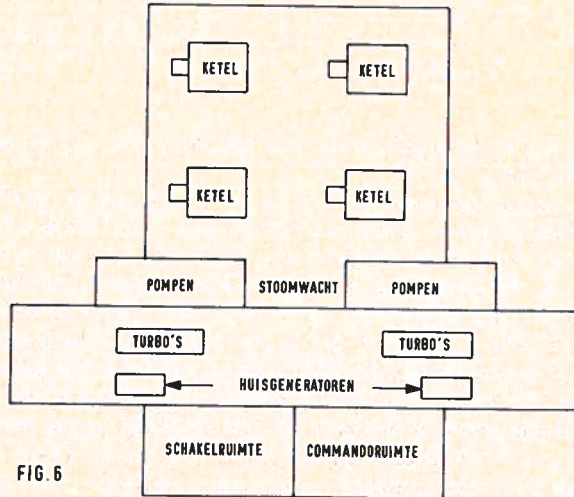


FIG. 6

heden. Door de grote bedrijfszekerheid van de aggregaten en een beter rendement bij afwijkende belasting heeft men per ketel één turbine. Naast de hoofdaggregaten zijn in de machinehal de bedrijfsaggregaten, huisgeneratoren genoemd, opgesteld. Deze huisgeneratoren verzorgen de energie voor het eigen bedrijf, die 5 à 10 % van de door de centrale geleverde vermogen opnemen. De energie is nodig voor de voeding van de hulpmotoren, zoals voedingspompen, onderwindventilatoren, koelwaterpompen voor de condensoren, het kolentransport, poederkoolmachines, enz.

Het hoofdaggregaat bestaat uit de aandrijvende turbine, welke meestal is samengesteld uit een hoge druk, middendruk en een lage druk turbine en de hoofdgenerator. Bovendien is op dezelfde as de opwekmachine, de koelventilator en de hulpopwekmachine aangebracht. In sommige centrales is ook de huisgenerator met opwekmachine op de as van de hoofdmachine gemonteerd.

Er wordt in hoofdzaak van twee oplossingen gebruikt gemaakt:

- a. de huisgenerator met hoofdturbine gekoppeld,
- b. huisgeneratoren met eigen onafhankelijke turbine.

In beide gevallen is het eigen bedrijf direkt omschakelbaar op het hoofdnet. Hierdoor treedt praktisch geen bedrijfsonderbreking op bij storing van de huisgenerator. Valt de gehele centrale uit, dan blijven de huisgeneratoren draaien en blijft het eigen bedrijf ingeschakeld.

Bij de eerste oplossing zal het eigen bedrijf ook wel in dienst blijven als de centrale uitvalt tengevolge van een storing in het net. Immers een storing in het net wil nog niet zeggen dat de hoofdgenerator geen spanning meer geeft. Het gevolg van een netstoring is bovendien, dat de overige generatoren ook uitvallen, doordat deze eveneens de belasting niet meer kunnen trekken. Daar ook deze generatoren zelf niet defekt zijn kunnen zij het bedrijf blijven voeden. In de machinezaal moet de nodige reserve aanwezig zijn; vroeger trachtte men dit te bereiken door het vermogen te verdelen over zoveel mogelijk machines. Bovendien belastte men de machine vol, teneinde een economische bedrijfsuitvoering te bereiken. Indien één van de machines uitviel, dan betekende dit direct voor de andere machines een overbelasting.

De overbelasting is geringer naarmate de uitgevallen eenheid kleiner is. Tegenwoordig echter worden enige grote eenheden opgesteld. Voordeel: Lage aanschaffingskosten en een hoger rendement. Immers de kans op uitvallen is gering geworden doordat de betrouwbaarheid is toegenomen.

Een moeilijkheid welke zich ook in de elektrotechniek voordoet, is de nacht- en zondagbelasting. Deze belasting is dan slechts een klein deel van de normale belasting. Door 's nachts en zondags een goedkoop tarief toe te passen tracht men deze moeilijkheid op te lossen. Ook is gedacht aan een extra kleine eenheid om deze voor die gevallen op te stellen. Men past dit echter zeer zelden toe, daar ook in het ketelhuis dergelijke voorzieningen moeten worden getroffen.

8.3. Koeling.

De koeling van een generator is zeer belangrijk. Bij generatoren in half gesloten uitvoering wordt door een ventilator koellucht uit de machinezaal gezogen, terwijl de verwarmde lucht door een pijp naar buiten wordt geblazen.

Bij grote generatoren, die geheel gesloten zijn, paste men vroeger open koelsysteem toe. De koellucht werd van buiten aangezogen en weer uitgeblazen, terwijl de lucht door filters werd gezuiverd. Op de duur geeft dit toch aanleiding tot verstopping. Tegenwoordig past men gesloten koelsysteem toe; dezelfde koellucht blijft circuleren en wordt langs een systeem van koelbuizen gevoerd. Een groot voordeel is dat de filters kunnen ontbreken, terwijl er bovendien een beperkte hoeveelheid zuurstof aanwezig is. In plaats van lucht als koelmedium wordt tegenwoordig ook waterstofgas als koeling toegepast. Dit gas houdt men op kleine overdruk om binnendringen van lucht te voorkomen. De koelende werking is veel beter dan die van lucht, waardoor de machines kleiner kunnen uitvallen. Hierdoor wordt tevens een verbetering van het rendement verkregen.

8.4. De schakelruimte.

De hoogspanningsschakelaars worden in de schakelruimte ondergebracht, waarbij zoveel mogelijk wordt gestreefd naar centralisatie in verband met het goede overzicht, revisie, enz.

Gewoonlijk brengt men de schakelaars voor verschillende spanningen onder in afzonderlijke ruimten. Heeft men bijvoorbeeld 10- en 25 kV-materiaal, dan worden de 10- en 25.000 volt schakelruimten van elkaar gescheiden.

Belangrijk is dat bij explosie de ontstane brand zoveel mogelijk beperkt blijft. Is de schakelruimte bij de centrale gebouwd of in een apart gebouw ondergebracht, dan moet worden gezorgd voor een deugdelijke afscheiding van de rest van de apparaten. Treedt bij een explosie een grote expansie op, dan zal deze een uitweg dienen te vinden in één bepaalde richting. Eén van de muren van het gebouw moet hierop worden berekend. Men let er evenwel op dat deze muur geen andere kwetsbare apparaten kan beschadigen of in de richting van bijvoorbeeld een school wordt gebouwd.

Bij toepassing van olieschakelaars zorgt men er voor, dat de brandende olie direkt naar beneden in een grintbed kan wegvloeien, hetzij naar een ruimte, waar de zuurstof al gauw is verbruikt, hetzij naar buiten. Het grint in het grintbed zal door zijn grote oppervlakte al verkoelend werken.

(wordt vervolgd)



Denkt U niet dat dit een overbodig onderwerp is! Integendeel, een orde en netheidsprogramma dient een van de steunpilaren te zijn waarop het gehele bedrijfsbeleid rust. Het is voldoende bekend dat de directe omgeving ons beïnvloedt bij ons werk. Wanneer wij in een ordelijke, schone omgeving werken heeft dit een gunstig effect op onze stiptheid. Hiermede stijgt de kwaliteit van het product dat wij vervaardigen of van de dienst die wij leveren.

Het is bovendien duidelijk dat men in een ordelijke omgeving meer overzicht heeft. Hierdoor zijn machines, werkstukken, en andere objecten waaraan gewerkt wordt, gemakkelijk bereikbaar. Het zich verplaatsen en het hanteren en verplaatsen van grondstoffen, producten, enz. kan hierdoor verlopen zonder al die improvisaties, welke de meeste ongevallen en materiaalbeschadigingen veroorzaken. Samenvattend kan worden gezegd dat door Orde en Netheid in het bedrijf grote voordelen zijn te bereiken, met als prettig bijproduct een „vanzelf” dalend ongevallencijfer.

voor de vakman en de monteur

door E. Lektron

(vervolg van blz. 298)

§ 10. De condensator (vervolg).

In de beide voorgaande lessen hebben we gezien, dat een spanningsbron een apparaat was, waarin in een geleider de elektronen naar één uiteinde werden gevoerd, waardoor een spanning (potentiaalverschil) tussen de beide polen ontstond. Sloot men tussen deze beide punten een geleider aan, dan zouden de elektronen zich hierdoor verplaatsen van het teveel naar het te weinig; door de spanningsbron werd deze elektronenstroom in stand gehouden.

Een condensator bestaat uit 12 geleiders, gescheiden door een niet-geleider, Sluiten we deze aan op de polen van een batterij, zie figuur 19, dan zal er *even* een elektronenstroom ontstaan, aan de ene zijde naar de plaat van de condensator toe, aan de andere kant van de plaat van de condensator af.

Wanneer we de verbinding verbreken, dan blijft het verschil in potentiaal van de beide platen bestaan; de condensator is *geladen*. Verbinden we de uiteinden van de condensator met een koperdraad, dan verdeelt de hoeveelheid elektronen zich over beide platen; de condensator wordt *ontladen*.

De sterkte van de elektronenstroom, aangeduid met de letter *I*, wordt gemeten in *ampèr's* (A) en wanneer zulk een stroom

enige tijd vloeit, wordt er een hoeveelheid elektriciteit verplaatst. Zulk een hoeveelheid wordt gemeten in *coulombs* (C).

Wanneer een stroom van 1 A gedurende 1 sec vloeit, dan is de verplaatste hoeveelheid elektriciteit gelijk aan 1 C.

Aangezien deze hoeveelheid wordt bepaald uit het produkt van stroom en tijd, kan men ook zeggen:

$$1 \text{ C} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ sec} = 1 \text{ Asec.}$$

Let wel! Heel veel leerlingen zijn geneigd hier te lezen: 1 ampère per sec, maar dat staat er toch niet! Lees: 1 ampèreseconde.

Bij ampère per sec (A/sec) zou men door de tijd moeten delen en dat is hier niet het geval!

Uit een en ander blijkt de grote overeenkomst tussen een elektronenstroom en een waterstroom. Draait men de kraan verder open, dan wordt de waterstroom sterker. en behoeft de kraan dan minder lang opengedraaid te houden om dezelfde hoeveelheid water te laten uitstromen. Deze hoeveelheid water kan men opvangen in een emmer met een klein bodemoppervlak of één met een groter. In de eerste emmer zal de kolom water hoger zijn dan in de tweede, wanneer de hoeveelheid water dezelfde is.

In fig. 20 en 21 zijn 2 bakjes getekend, elk met een inhoud van 1000 cm^3 . Wanneer in elk 500 cm^3 water wordt gegoten, dan is de hoogte van de waterkolom in het eerste geval 5 cm en in het tweede geval 20 cm.



FIG. 19

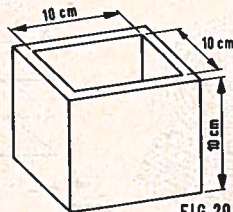
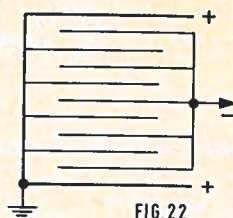
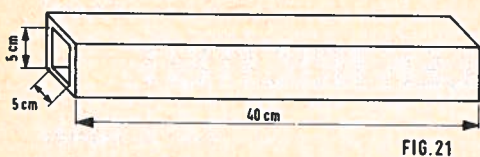


FIG. 20



In de vorige les vertelden we reeds, dat een condensator een bepaalde *capaciteit* had; deze factor capaciteit is te vergelijken met de bodemoppervlakte van het waterbakje en wordt gemeten in *farads* (F).

Op blz. 103 van het aprilnummer van dit jaar hebben we gezien, dat voor een hoeveelheid elektriciteit de letter Q wordt gebruikt, voor het begrip spanning de letter U en voor capaciteit de letter C (cursief! in tegenstelling tot de eenheid: coulomb = C).

$Q = C \times U$, maar ook:

$$C = \frac{Q}{U} \text{ of } U = \frac{Q}{C}$$

§ 11. Uitvoeringsvormen voor condensatoren.

a. Plaatcondensatoren.

In de oudste condensatoren waren plaatjes metaal, afgewisseld door plaatjes mica, op elkaar gestapeld; fig. 22. Ze worden thans om hun goede eigenschappen alleen nog gebruikt als meetcondensatoren in laboratoria.

b. Wickelcondensatoren.

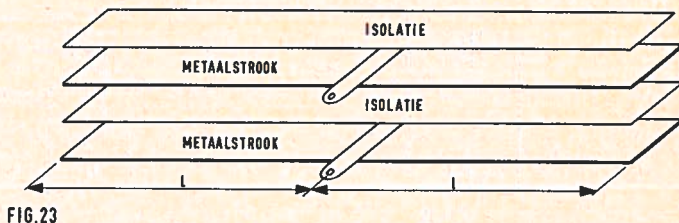
Deze bestaan uit 2 zeer dunne stroken aluminium, welke gescheiden worden

door 2 stroken in paraffine gedrenkt papier, zie figuur 23. Door deze plat op te vouwen of op te rollen ontstaan wikkels, welke in een doosje of in een buisje kunnen worden geborgen; met paraffine verder vol gegoten worden de doosjes met massa afgesloten. De aansluitstiften worden in het midden aangebracht ten einde de geringe inductieve werking, welke anders mogelijk nog zou kunnen optreden, geheel weg te werken.

Bij een eventueel doorslaan van de isolatie bestaat er grote kans, dat de beide metalen stroken aan elkaar smelten, waardoor er dus kortsluiting optreedt, hetgeen in het overige deel van de stroomketen ernstige beschadigingen tengevolge kan hebben.

Daarom kent men tegenwoordig ook condensatoren van „metaalpapier”.

Hieronder verstaat men stroken natroncellulosepapier van 8 tot 12 μm ($1 \mu\text{m} = 1/1000 \text{ mm}$) dikte, waarop zinkdamp als een laagje wordt neergeslagen. Bij doorslag van dit soort condensatoren door een te grote spanning of door een oneffenheid in het papier branden de randen van de metaallaag verder weg dan van het papier, waardoor kortsluiting wordt voorkomen; fig. 24. Het wegbranden van deze randjes gebeurt in 10^{-5} tot



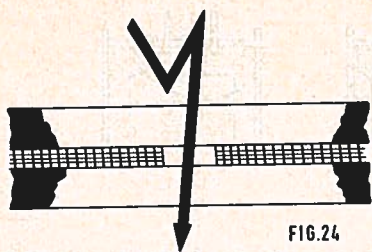


FIG. 24

10^{-8} sec, in welke tijd het beschadigen van andere apparaten bijna niet kan optreden. De condensator zelf kan na de doorslag in gebruik blijven, zij het met een iets kleinere capaciteit.

c. Elektrolytische condensatoren.

Deze kunnen alleen voor gelijkstroom worden toegepast, d.w.z. ze kunnen door een gelijkspanning geladen worden om later deze lading weer af te geven. Ze zijn „poolgevoelig”, hetgeen wil zeggen, dat bij de polen een + resp. een - staan aangegeven; bij het opnemen in een gelijkstroomketen dient erop te worden gelet, dat de + klem aan de + pool van de batterij komt.

De werking van de elektrolytische condensator berust op een uiterst dun laagje aluminiumoxyde op een strookje aluminium, dat de + kant van de condensator is. Aluminiumoxyde Al_2O_3 isoleert en scheidt de + pool van de - pool, welke wordt gevormd door een elektrolyt, dat zeer rijk is aan zuurstof, n.l. natriumperboraat ($Na_2B_4O_7$), zie figuur 25.

Teneinde een goede en gelijkmatige stroomovergang met het elektrolyt te krij-

gen wordt de -potential ook aangesloten op een metaalstrook, welke met de aluminiumstrook en een strook vloeipapier tot een losse wikkel opgerold wordt.

Wanneer de condensator goed is aangesloten, blijft het oxydelaagje en daarmee de condensatorwerking bestaan. Zelfs een kleine porie in het laagje, waardoor een gering stroompje zou kunnen gaan lopen, wordt hierdoor juist gesloten. Door het stroompje wordt het elektrolyt ontleed, waarbij de zuurstof zich naar de + pool begeeft en daar met het aluminium weer aluminiumoxyde Al_2O_3 vormt. Wanneer de condensator verkeerd wordt aangesloten, dus de - pool van de batterij aan het aluminium, dan wordt de zuurstof uit het oxyde vrijgemaakt en de isolerende laag (het diëlektricum) gaat verdwijnen. De condensator verliest dan zijn blokkerende werking.

Doordat dit isolerende laagje moleculair-achtig dun is, is het mogelijk zeer hoge capaciteiten in een kleine ruimte onder te brengen. Voor spanningen boven 500 V zijn ze niet geschikt.

Behalve de poolgevoelige elektrolytische condensatoren bestaan er nu ook, waarbij het er niet toe doet, hoe de gelijkstroombron wordt aangesloten. Daarbij bevindt zich aan beiden zijden van het elektrolyt een aluminiumstrook en kan zich — al naar gelang van de wijze van aansluiten — aan één van beide zijden een oxydelaagje vormen. Het is alsof hier twee poolgevoelige condensatoren in serie geschakeld zijn, zie figuur 26.



FIG. 25

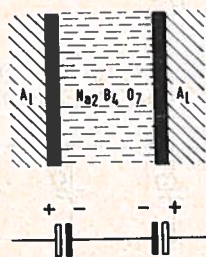


FIG. 26

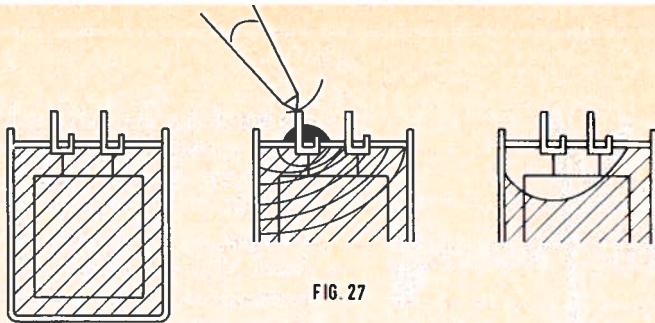


FIG. 27

Bij condensatoren dient er in 't algemeen voor te worden gewaakt, dat zich binnen de wikkels luchtbelletjes vormen, aangezien deze het doorslaan bij lagere spanning bevorderen. Deze holle ruimtes kun-
ontstaan wanneer bij het solderen door te sterke verhitting van de soldeerlijpjes de afdichtmassa naar buiten uitziet en na het afkoelen niet meer in zijn oorspronkelijke stand terugkeert; zie fig. 27.

§ 12. *Parallel schakelen van condensatoren.*

Wanneer we als in fig. 28 3 condensatoren met capaciteiten C_1 , C_2 en C_3 parallel schakelen en dus alle drie op dezelfde spanning U aansluiten, dan zou men eenvoudig kunnen redeneren: door het aan elkaar verbinden van de platen, wordt de oppervlakte ervan gelijk aan de som van de 3 platen, dus zal de capaciteit ook gelijk worden aan de som van de 3 capaciteiten.

Theoretisch kunnen we het als volgt bewijzen:

De 3 condensatoren worden geladen; deze ladingen bedragen resp.:

$$Q_1 = C_1 \times U$$

$$Q_2 = C_2 \times U$$

$$Q_3 = C_3 \times U$$

$$\text{De totale lading} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (C_1 + C_2 + C_3) \times U = C_t \times U.$$

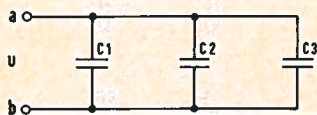


FIG. 28

Hieruit volgt, dat de totale capaciteit gelijk is aan de som van de 3 capaciteiten.

§ 13. *In serie schakelen van condensatoren.*

Bij deze schakeling (fig. 29) zal de elektronenstroom bij laden en ontladen en dus ook bij wisselstroom overal in de keten en dus in elke condensator gelijk zijn, waaruit volgt dat:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_v \quad (1)$$

De totale spanning U zal zich over de drie condensatoren verdelen, zodat:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (2)$$

We zagen reeds dat $U = \frac{Q}{C_v}$ en dit ingevoerd in de vergelijking geeft: (2)

$$\frac{Q}{C_v} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

Volgens vergelijking (1) kunnen we hier ook voor schrijven:

$$\frac{1}{C_v} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Met behulp van deze formule kunnen we dus de vervangingscapaciteit van enige in serie geschakelde condensatoren berekenen.

(wordt vervolgd)

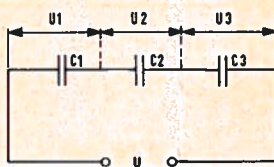


FIG. 29