

15 APRIL 1960

Enige lezers vroegen ons naar een beschrijving van de in de naamlijst voorkomende LAMBRECHT POLYMETER nr. 202 (04-5295). Naar aanleiding hiervan schreef de heer J. H. Schuilenga het volgende artikel. Redactie

In het algemeen wordt vocht in een telefooncentrale als een kwaad ding beschouwd. Vochtige lucht is veelal oorzaak van een vermindering van de isolatieweerstand tussen draden onderling en tegen aarde en leidt bovendien tot oxydatie van metalen delen.

Het zou echter verkeerd zijn álle vocht uit de lucht te weren, zo dit al doenlijk zou zijn. In een te droge atmosfeer krimpt de isolatie tussen contactveren en -armen, door uitdrogen, waardoor krakende verbindingen ontstaan. De lucht mag dus niet te droog en niet te vochtig zijn en moet zich derhalve qua vochtigheidstoestand tussen twee grenzen bevinden.

Controle is dus nodig en eventueel ingrijpen om met daartoe geëigende middelen de vochtigheid te vergroten of te verkleinen. Als controlemiddel gebruikt men hygrometers of hygrografen. Laatstgenoemde zijn registrerende hygrometers; op een papierstrook wordt de dagelijkse of wekelijkse gang van de vochtigheid vastgelegd. De meters geven de zgn. *relatieve* vochtigheid aan. Sinds ongeveer 7 jaar is in vrijwel alle centrales de *Polymeter* in gebruik, een hygrometer van Wilhelm Lambrecht, fabrikant van technische en wetenschappelijke meetinstrumenten te Göttingen. Bij elke meter is een beschrijving gevoegd, uiteraard in het Duits gesteld en nogal kort, waar het de begrippen met betrekking tot de vochtigheid betreft. Een Nederlandse beschrijving is niet voorhanden; dit heeft enige lezers van ons blad er toe gebracht de redactie te verzoeken een artikel over deze meter te publiceren. Daaraan voldoen wij gaarne; tot goed begrip zullen dan enige begrippen, waarmee we bij luchtbehandeling te maken hebben, gememoreerd moeten worden. Niet zeer uitvoerig overigens, want het is de bedoeling van de Centrale Afdeling Telefonie over niet te lange tijd een herziene beschrijving Tfc 965 B 190 uit te geven, waarin het geheel van de luchtbehandeling besproken zal worden en waarin dan natuurlijk ook de huidige toestellen en instrumenten ter sprake komen.

Water komt in de atmosfeer in drie vormen, de drie aggregatietoestanden, voor, nl. vast (ijs), vloeibaar (water) en gasvormig (waterdamp). De vorm waarin het zich manifesteert hangt af van de temperatuur en de (lucht)druk. In de dampkring bevindt zich steeds een hoeveelheid waterdamp, ontstaan door *verdamping* van water.

Een eenvoudige natuurkundige proef kan ons nu een en ander leren over de verdamping. We hebben daartoe het volgende instrument nodig: een lange, niet te wijde glazen buis, van boven gesloten, met kwik gevuld en rechtop staande in een bakje met kwik. Men zal ervaren dat het kwik de buis nooit geheel vult; boven in de buis is een luchtledige ruimte. Het kwik in de buis stijgt en daalt met het toenemen en afnemen van de luchtdruk in de omringende atmosfeer. Met dit verschijnsel willen we ons echter niet bezig-

houden. Ons interesseert dit instrument momenteel niet als barometer; wij hebben voor onze studie inzake verdamping slechts het boven in de buis aanwezige luchtledig (het *ijdel*, zoals men vroeger zeide) nodig. Wij gaan hier namelijk een druppel water in brengen en wel met een fijn, omgebogen glazen buisje aan de onderzijde van de buis. Het water stijgt tussen kwik en buiswand omhoog (water is immers veel lichter dan kwik) en verdwijnt schielijk uit het oog bij het bereiken van het luchtledig. Tegelijk zakt het kwik een weinig. U begrijpt het reeds: het water is verdampt. Damp heeft echter, hoe gering ook, een zekere spanning en daardoor wordt het kwik een weinig teruggedreven, overigens slechts een paar millimeter. We brengen wat meer water in de buis; dit verdampt ook en het kwik zakt wederom. We kunnen dit nóg enige malen doen, maar er komt een moment, dat het kwik niet meer zakt, het nieuw-ingebrachte water ook niet meer verdampt en boven het kwik blijft staan. De ruimte is dan met waterdamp verzadigd; men spreekt van verzadigde waterdamp. Hoeveel water men er nadien ook inbrengt, het kwik zakt niet meer. Dat bewijst dat de spanning van de waterdamp niet meer toeneemt. De spanning heeft zijn maximum bereikt: de maximumspanning van de waterdamp.

Maar wanneer we de omgevingstemperatuur wat verhogen verdwijnt het waterlaagje weer, verdampt dus weer, en het kwik zakt. Verlagen we de temperatuur, dan zien we op een gegeven ogenblik weer een waterlaagje op het kwik ontstaan; blijkbaar is er wat van de waterdamp gecondenseerd (vloeibaar geworden).

We komen bij onze proef tot de volgende conclusie: een luchtledige ruimte kan waterdamp bevatten en is dan gevuld met onverzadigde waterdamp. De damp oefent druk uit (dampspanning). Het is mogelijk de ruimte te verzadigen door meer water te doen verdampen of door de temperatuur te verlagen. Wanneer verzadiging optreedt, heeft de waterdamp de maximumspanning. Bij hogere temperatuur behoort een hogere maximumspanning.

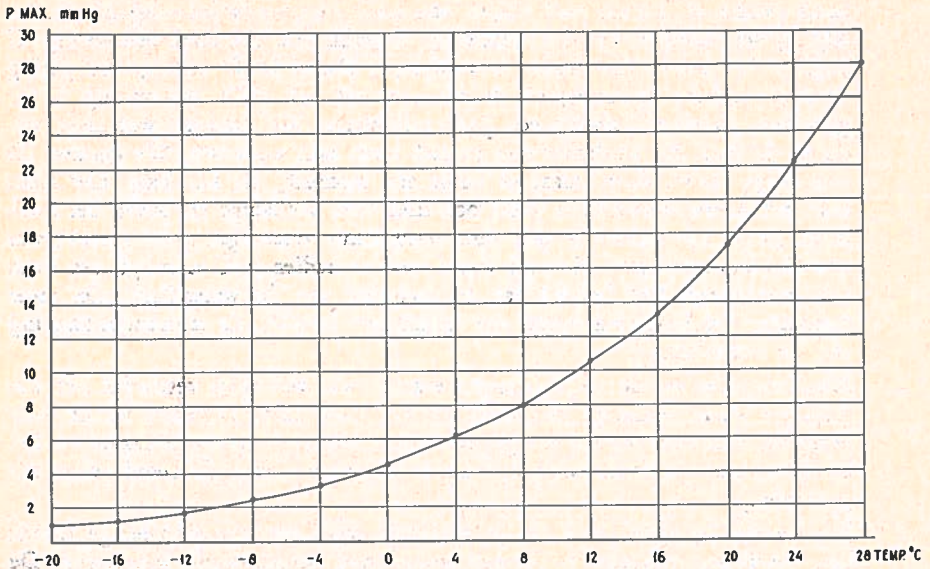
De natuurkundige Regnault heeft de grootte van de maximumspanning van waterdamp bepaald bij verschillende temperaturen. Enige waarden zijn in onderstaande tabel vervat.

T	P	T	P	T	P	T	P	T	P
-20	0.9	-10	2.1	0	4.6	+10	9.2	+20	17.4
-19	1.0	-9	2.3	+1	4.9	11	9.8	21	18.5
-18	1.1	-8	2.5	2	5.3	12	10.5	22	19.7
-17	1.2	-7	2.7	3	5.7	13	11.2	23	20.9
-16	1.3	-6	2.9	4	6.1	14	11.9	24	22.2
-15	1.4	-5	3.1	5	6.5	15	12.7	25	23.6
-14	1.5	-4	3.4	6	7.0	16	13.5	26	25.0
-13	1.6	-3	3.7	7	7.5	17	14.4	27	26.5
-12	1.8	-2	4.0	8	8.0	18	15.4	28	28.1
-11	1.9	-1	4.3	9	8.6	19	16.4	29	29.8

Tabel van Regnault voor de max. sp. van waterdamp bij verschillende temp.

T in °C, P in mm Hg

Men ziet daarin duidelijk de toeneming van de maximumspanning bij hogere temperaturen. Het verband is echter niet rechtlijnig, zoals blijkt wanneer men van de waarden een grafiek maakt. Dan ziet men dat bij hogere temperatuur de maximumspanning steeds vlugger toeneemt.



Wat gebeurt er met water in een met *lucht gevulde ruimte*? Ook daar kan water verdampen. De waterdampdeeltjes (moleculen) die in het geval van een luchtledige ruimte het rijk alleen hadden, moeten in het geval van een niet-luchtledige ruimte deze delen met de aanwezige luchtmoleculen, dat is het enige verschil. De aanwezige lucht heeft een zekere spanning (luchtdruk), de waterdamp (het verdampte water) ook en het resultaat is dat de totale spanning gelijk is aan de som van de spanningen van lucht en waterdamp afzonderlijk (Wet van Dalton). Er kan zoveel water verdampen dat (bij de heersende temperatuur) de maximumspanning bereikt wordt. Méér water zal in de vloeibare toestand blijven. De ruimte is met waterdamp verzadigd.

We zullen nu even met de kromme gaan exerceren. Stel dat we ons bevinden in een (droge) ruimte met een temperatuur van 15 °C. Er wordt in die ruimte water gebracht; dit verdampt geheel. De ruimte is nu gevuld met onverzadigde waterdamp. Stel eens dat we de op dat moment heersende dampspanning zouden meten en dat die meter zou aanwijzen 8 mm kwikdruk (we kunnen dat meten met een gevoelige barometer); deze wijst dan aan spanning van de droge lucht, die bij bepaalde atmosferische omstandigheden bijv. 76 cm, d.i. 760 mm kan zijn, plus de spanning van de (onverzadigde) waterdamp. In ons geval zou de aanwijzing dus zijn $760 + 8 = 768$ mm. Stel dat we steeds meer water inbrengen; dit water verdampt en de meter

stijgt totdat bij een aanwijzing $760 + 12,7 = 772,7$ geen verdere stijging meer optreedt en er geen water meer verdampt. De ruimte is nu verzadigd.

Het verzadigingspunt blijkt 12,7 te zijn: de maximumspanning van de waterdamp is 12,7 mm kwik. Brengen we meer water in dan gebeurt er verder niets; dit water blijft vloeibaar.

Tweede exercitie: we verhogen de temperatuur, maar brengen niet meer water ter verdamping in. Het nog in vloeibare toestand aanwezige water verdampt eerst. De barometer stijgt aanvankelijk nog, tot alle vloeibare water in damp is overgegaan, maar daarna, bij verdere temperatuurverhoging, blijft hij vrijwel stationair. De ruimte is nu onverzadigd, wat de waterdamp betreft. Stel dat de spanning 15,4 is. Voeren we de temperatuur op tot bijv. 20°C , dan is de daarbij behorende maximumspanning (zie tabel) 17,4 mm. Zoveel water is er echter in ons geval niet verdampt; dit punt wordt dus niet bereikt.

Derde exercitie: we verlagen de temperatuur meer en meer; plotseling ontstaat neerslag; blijkbaar is het verzadigingspunt bereikt. De thermometer wijst 18°C aan. Een blik op de tabel toont aan dat bij een temperatuur van 18° een maximumspanning behoort van 15,4 mm. We noemen dit punt het *dauwpunt*. Verdere verlaging van de temperatuur doet méér condensaat ontstaan (neerslag). De toestand van verzadiging blijft bestaan, de overblijvende damp zal steeds een spanning hebben die gelijk is aan de maximumspanning bij de temperatuur van dat ogenblik.

Als we nog eens terugkeren naar het uitgangspunt van onze eerste exercitie, nl. temperatuur 15°C en dampspanning 8 mm en we verlagen hier de temperatuur, dan zal neerslag ontstaan bij een temperatuur van 8°C . Het dauwpunt ligt voor die waterhoeveelheid dus bij 8°C .

We hebben ons dus nu vertrouwd gemaakt met de begrippen onverzadigde en verzadigde waterdamp, spanning en maximumspanning van waterdamp en het dauwpunt. Er zijn echter nog enkele. De *volstreekte of absolute vochtigheid* van de lucht is de hoeveelheid waterdamp in grammen die zich in 1 m^3 lucht bevindt. Er bestaat een verband tussen de gewichtshoeveelheid waterdamp en de spanning: globaal mag men zeggen dat het aantal millimeters dampspanning gelijk is aan het aantal grammen water per m^3 lucht.

Een ander begrip is de *betrekkelijke of relatieve vochtigheid*. Dat is de verhouding tussen het gewicht van de hoeveelheid waterdamp die de lucht bij een bepaalde temperatuur per m^3 bevat en die welke de lucht bij die temperatuur ten hoogste zou kunnen bevatten, zonder dat neerslag optreedt.

Anders gezegd: de verhouding tussen de spanning die de waterdamp in de lucht werkelijk heeft, tot die van verzadigde waterdamp bij dezelfde temperatuur.

$$\text{Relatieve vochtigheid} = \frac{\text{spanning waterdamp}}{\text{maximum spanning}}$$

Heel populair gezegd: de verhouding tussen wat er in *zit* en wat er in *kan*. De R.V. wordt meestal niet in een breuk, maar in procenten aangegeven. Dus

$$\text{R.V.} = \frac{\text{spanning waterdamp}}{\text{maximum spanning}} \times 100\%$$

Deze R.V. is een belangrijke factor in het gehele spel. Want deze is het, die eigenlijk aangeeft of we de toestand al dan niet te vochtig of te droog noemen. Het gaat er niet zozeer om hoeveel grammen water er in de lucht aanwezig zijn, dus hóe groot de dampspanning is, als wel hoeveel die dampspanning van de maximumspanning verwijderd is. Ligt hij daar dicht bij, dan zal er slechts een kleine temperatuurdaling nodig zijn om het dauwpunt te bereiken en neerslag te geven.

Even een voorbeeld.

Hoeveelheid water(damp) in de lucht	10 g/m ³
Dampspanning dus ook ongeveer	10 mm
Temperatuur	20 °C
Maximumspanning bij deze temperatuur	17,4 mm
R.V. = $\frac{10}{17,4} \times 100 =$	58%

De aanwezigheid van deze 10 gram water in elke m³ lucht maakt op de apparatuur dus vooralsnog geen diepe indruk; deze heeft het veilige gevoel dat het dauwpunt nog een goed eind uit de buurt is. Is dit zo? Het dauwpunt is de temperatuur, waarbij de verzadigingstoestand optreedt. Wanneer is dit het geval met de aanwezige hoeveelheid van 10 gram per m³, dus 10 mm kwik? In de tabel van Regnault vinden we ≈ 11 °C. Daalt de temperatuur, dan zal de R.V. dus toenemen.

Bij ongeveer 11 °C wordt hij alzo:

$$\frac{10}{10} \times 100 = 100\%$$

en de eerste druppels beginnen te vallen.

Heerst er grote ontevredenheid inzake een 100% R.V., dan staan ons twee middelen ten dienste om deze te verlagen:

- verhogen van de temperatuur (stoken)
- onttrekken van water aan de lucht (drogen).

Halen we in ons voorbeeld bijv. 4 g per m³ uit de lucht, dan ontstaat er dus het volgende:

Hoeveelheid waterdamp in de lucht 10 — 4 =	6 g/m ³
Dampspanning dus ook ongeveer	6 mm
Temperatuur	11 °C
Maximumspanning bij deze temperatuur	9,8 mm
R.V. = $\frac{6}{9,8} \times 100 =$	61%

Nog een begrip: het *verzadigingstekort*. Dat is de hoeveelheid waterdamp die de lucht nog zou kunnen opnemen bij een bepaalde temperatuur. Met andere woorden:

verzadigingstekort = verzadigingsdruk — heersende dampspanning.

En tenslotte: het *dauwpuntexces*: het verschil tussen de bestaande luchttemperatuur en het dauwpunt.

We hebben nu voldoende voorbereidingen getroffen om een bezoek te brengen aan de Polymeter. De meter is gebaseerd op de eigenschap dat menishaar, van vet ontdaan, uit een vochtige omgeving water kan opnemen en dan langer wordt en aan droge lucht water kan afstaan en dan krimpt. Dit lengen en krimpen kan door koppeling van een haar (beter een aantal haren tot een streng verenigd) aan een wijzer direct worden waargenomen; wanneer men onder de wijzer een schaal aanbrengt kan deze in procenten relatieve vochtigheid worden gecalibreerd. De Polymeter is dus een haarhygrometer en aldus uitgevoerd: een haarstreng, door aether van vet ontdaan, is aan de bovenkant vast bevestigd en aan de onderzijde om een asje geslagen, waarop de wijzer is aangebracht. Deze loopt over een schaal die van 0 tot 100 in 100 delen verdeeld is; per 10 delen is de waarde aangegeven. Zou de meter niet méér aanwijzen dan de R.V., dan zou hij zijn naam *Polymeter* ten onrechte voeren. Pol- betekent *veel* en deze benaming is gekozen omdat hij meer gegevens verstrekt dan alleen de R.V.

Daartoe is nog aanwezig een kwikthermometer, geijkt van -30 tot $+50$ in graden Celsius. De waarde nul is ter onderscheiding in rood aangegeven. Deze meter geeft de temperatuur aan van de omgeving. Op deze thermometer is naast de Celsius-schaal een tweede schaal te vinden, geijkt in delen van 0,5 tot 70 en aangevende de verzadigingsspanning in mm kwik. Het geheel is niets anders dan de tabel van Regnault. Bij elke temperatuur immers behoort een vaste waarde van de maximumspanning van de waterdamp. Op de meter kan men dus bijv. aflezen dat $+10$ °C overeenkomt met 9,2 mm en $+20$ °C met 17,4. De aflezing kan vrij nauwkeurig geschieden. Boven de schaal staat *Sättigungsdruck in mms*, d.i. verzadigingsspanning of maximumspanning in mm.

R.V., temperatuur en maximumspanning zijn dus direct afleesbaar. Het dauwpuntexces eveneens, zie verder.

Afgeleid kunnen worden de absolute vochtigheid, het dauwpunt, de dampspanning en het verzadigingstekort en wel als volgt.

Stel de omgevingstemperatuur is 10 °C (af te lezen op de thermometer). De daarbij behorende maximumspanning is 9,2 mm (zie de schaal op de thermometer naast 10 °C). Er is niet zoveel water verdampt dat deze maximumspanning bereikt is geworden, integendeel, de meter wijst aan 50% R.V., d.w.z. dat er maar 50 ten honderd of 50% van die spanning heerst, dat is de helft of 4,6 mm. Deze 4,6 mm is de dampspanning die gelijkgesteld mag worden aan de absolute vochtigheid van $4,6$ g/m³. Het dauwpunt is die temperatuur waarbij deze 4,6 mm als maximumspanning geldt. Zie weer op de thermometerschaal naast 4,6; de temperatuur, het dauwpunt dus, is 0 °C.

Het verzadigingstekort is nu ook bekend, nl. $9,2 - 4,6 = 4,6$ mm, hetgeen overeenkomt met 4,6 g water in elke m³.

Er is een snellere methode om het dauwpunt te bepalen en daarmee de absolute vochtigheid. Daartoe is boven de schaal van de R.V. nog een schaal aangebracht, geijkt in °C en wel van 0 tot 30 met 1° oplopend.

Deze waarden zijn het verschil tussen de omgevings-temperatuur en het dauw-

punt, met andere woorden het dauwpuntexes. In ons voorbeeld nu correspondeert 50 van de R.V.-schaal met 10 van de temperatuurschaal.

Wanneer nu deze 10 van de door de thermometer aangegeven omgevings-temperatuur van 10° afgetrokken wordt, krijgt men 0° als dauwpunt. De absolute vochtigheid is dan weer naast de thermometerschaal af te lezen. Deze blijkt 4,6.

Nog even een voorbeeld. Bij een temperatuur van 10°C en een R.V. van 75% is het dauwpunt $10 - 4$ (afgelezen) $= 6^{\circ}$, de dampspanning 7,0 (afgelezen) en de absolute vochtigheid eveneens 7,0.

We gaan nu de zaak eens onderzoeken bij een temperatuur van 20°C .

Uit de kromme en de tabel volgt:

Temperatuur	20°C (gegeven)
Maximumspanning	17,4 mm (uit tabel)
R.V.	50% (gegeven)
Dampspanning	8,7 mm (berekend)
Dauwpunt	9°C (uit tabel)

Nu volgens de meter:

Temperatuur	20°C
R.V.	50%
Dauwpuntexces	10°C
Dauwpunt	$20 - 10 = 10^{\circ}\text{C}$

Dat klopt dus niet; uit de berekening volgt voor het dauwpunt 9° en volgens de meteraflezingen is het 10° . Verschil 1° . Er is dus een miswijzing. Ook wanneer we andere voorbeelden bij 20° of daar dichtbij nemen, blijkt de meter altijd 1° te hoog te geven. Voor een juiste uitkomst zou er eigenlijk een nieuwe schaal bij moeten, die t.o.v. de vorige 1° verschoven is en die we dan moeten gebruiken bij temperaturen in de buurt van 20° . Bij 50% R.V. moeten we nl. van deze temperatuur niet 10, maar 11 aftrekken om de juiste waarde van het dauwpunt te krijgen. Boven 50 van de R.V.-schaal moet dus voor temperaturen van $\approx 20^{\circ}\text{C}$ niet 10, maar 11 staan. De nieuwe schaal moet t.o.v. de eerste naar *rechts* verschoven zijn.

We willen nu onze verkenning eens voortzetten aan de andere kant van de 10° , nl. bij 0° . Zelfde proef:

Temperatuur	0°C (gegeven)
Maximumspanning	4,6 mm (uit tabel)
R.V.	50% (gegeven)
Dampspanning	2,3 mm (berekend)
Dauwpunt	-9°C (uit tabel)

Volgens de meter:

Temperatuur	0°C
R.V.	50%
Dauwpuntexces	10°C
Dauwpunt	$0 - 10 = -10^{\circ}\text{C}$

Hier blijkt de meter 1° te laag te geven. We moeten bij de meteraflezing niet 10, maar 9 van de temperatuur van 0° aftrekken om de juiste waarde van het dauwpunt te krijgen. Dit betekent een derde schaal, te gebruiken voor temperaturen om en bij het nulpunt. Deze derde schaal zou t.o.v. de eerste naar links verschoven moeten zijn. Lambrecht heeft dit zeer bijzonder opgelost. Niet 3 schalen die t.o.v. elkaar verschoven zijn, maar 3 punten op één wijzer over één schaal. De middenpunt moet gebruikt worden voor de midden-temperaturen van om en bij de 10° , de rechterpunt voor het geval de omgevingstemperatuur om en bij de 0° ligt en tenslotte de linkerpunt voor de 20° . Een prentje op de meter geeft aanwijzing omtrent het gebruik.

De tussenwaarden moeten enigszins geschat worden.

Tenslotte nog enige opmerkingen over het onderhoud.

De Polymeter mag niet blootgesteld zijn aan zonnestraling en neerslag. Bij het ophangen moet daarmee dus rekening gehouden worden. Wanneer het instrument gebruikt wordt in een ruimte, waarin voortdurend een R.V. van 30 tot 60% heerst kan de meter 5 tot 8% teveel gaan aanwijzen. Deze miswijzing kan verholpen worden door de meter verscheidene uren in een ruimte te hangen waarin de R.V. meer dan 90% bedraagt. Daarom verdient het aanbeveling dat iedere Polymeter die in niet zeer vochtige ruimten gebruikt wordt, af en toe verscheidene uren achtereen in nagenoeg verzadigde lucht gebracht wordt om regeneratie van de haarstrengen te verkrijgen. Dit kan eenvoudig geschieden door het instrument in een vochtige doek te wikkelen.

Een andere mogelijkheid is, de meter in een van de buitenlucht afgesloten doos te plaatsen waarvan de bodem met enkele centimeters water bedekt is.

De lucht boven het wateroppervlak raakt dan volledig verzadigd, mits de temperatuur van het water op zijn minst gelijk is aan de temperatuur van de lucht of 1 à 2 graden hoger ligt. Regeneratie als boven beschreven moet ook na ontvangst van het instrument geschieden, alvorens het op de plaats wordt aangebracht. Een goed ingestelde en geregenereerde meter zal in deze kunstmatig bevochtigde lucht ongeveer 94 tot 96% aanwijzen. De Polymeter kan gelijktijdig op de juistheid van zijn aanwijzing beproefd worden.

Worden ook na herhaalde regeneraties afwijkingen van deze waarde geconstateerd, dan moet men met een schroevendraaier de instelschroef boven de haarstreng verstellen tot de wijzer de juiste aanwijzing geeft.

Een nauwkeurige beproevingsmethode is een onderlinge vergelijking met een standaardinstrument. Als zodanig komt slechts een „Aspirations-psychrometer” in aanmerking. Is een dergelijk instrument niet voorhanden, dan moet men de Polymeter in een met waterdamp verzadigde ruimte beproeven.

De as van de wijzer alsmede de haarstreng van de Polymeter moeten af en toe met een fijn haarpenseeltje of een duivever, die men in zuivere benzine gedompeld heeft, van stof en vuil worden ontdaan. Wordt per ongeluk aan de haarstreng getrokken, dan moet eveneens een grondige regeneratie in vochtige lucht plaats hebben.



60-026

A. KOSTER

Relais.

Voor het opbouwen van een telefoonverbinding worden relais gebruikt, waarmede schakelfuncties worden verricht. De werking van deze relais moet zeer betrouwbaar zijn, want als er één relais niet goed functioneert komt de gewenste telefoonverbinding niet tot stand.

Een bespreking van een zo belangrijk schakelement, als hierboven genoemd, mag in de rubriek *Leerlingstelsel* niet ontbreken. In een aantal artikelen zullen enkele onderwerpen worden beschreven die van belang kunnen zijn voor diegenen die hun inzicht in deze materie wat willen verdiepen.

Aan de meesten van onze lezers zal het platanker-relais wel bekend zijn. Op de constructie hiervan behoeven we hier dus niet in te gaan. Het is wel van belang de diverse onderdelen van dit relais eens aan een nadere beschouwing te onderwerpen.

Als eerste nemen we de relais-spoel. Deze bestaat uit een of meer wikkelingen. Elke wikkeling is samengesteld uit een groot aantal windingen.

Voor het wikkelen van relaisspoelen wordt in het algemeen electrolytisch koperdraad met lakisolatie toegepast. In bijzondere gevallen wordt ook wel gebruik gemaakt van weerstandsdraad met zijde isolatie.

Hoe de relaispoel is gewikkeld staat aan-

gegeven op de relaisspoel. Om ons geheugen weer wat op te frissen zullen we het hieronder aangegeven wikkelvorschrift eens gaan ontleden.

I 500 1500 0,1 Cul

De romeinse een (I) geeft aan dat het hier wikkeling één betreft. Deze wikkeling heeft een weerstand van 500 ohm en bestaat uit 1500 windingen. Voor het wikkelen van de spoel is gebruikt koper (Cu) draad dik 0,1 mm met lakisolatie.

Na dit eenvoudige voorbeeld zullen we nog eens een opschrift bezien en hierbij tevens weer een nieuw begrip invoeren. Het opschrift ziet er als volgt uit:

I 500 1500 0,1 Cul

II 500 bif 0,1 Wzz

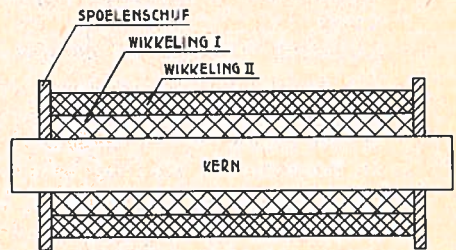


FIG. 1

Deze relaisspoel bestaat uit twee wikkelingen nl. I en II. Wikkeling I is direct om de kern gelegd en hieromheen is wikkeling II aangebracht (zie fig. 1).

De verklaring van de cijfers van wikkeling I is in het vorige voorbeeld al gegeven.

Wikkeling II heeft een weerstand van 500 ohm en is bifilaire gewikkeld, van weerstandsdraad (W) van 0,1 mm dik met als isolatie twee lagen zijde (zz). Wat betekent nu bifilaire gewikkeld. Het antwoord op deze vraag kan eenvoudig zijn nl.: Dit is een wikkeling die geen magnetisch veld doet ontstaan als er een stroom doorheen wordt gestuurd. Op het eerste gezicht is dit in tegenstelling met hetgeen wij steeds hebben geleerd, maar na een nadere beschouwing is het toch niet zo vreemd als het wel lijkt.

Om het goed duidelijk te maken zullen we eens nagaan hoe zo'n wikkeling wordt gemaakt.

In de meeste gevallen neemt men twee klossen met weerstandsdraad waarvan men het begin met elkaar verbindt.

Nu gaat men wikkelen met de twee draden naast elkaar, een dubbele draad, (fig. 2).

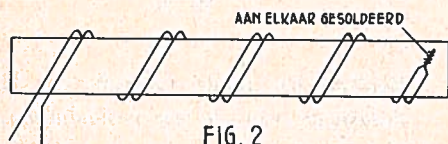


FIG. 2

Heeft men de juiste weerstand bereikt, dan kunnen de uiteinden op de aansluitstiften worden afgewerkt. Wij kunnen deze wikkeling nu beschouwen als twee wikkelingen met hetzelfde aantal windingen waarvan de beide einden met elkaar zijn verbonden (fig. 3).

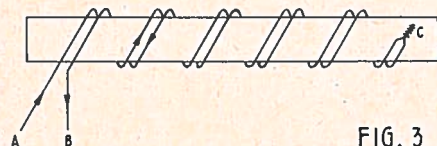


FIG. 3

Wordt een stroom door deze wikkeling gestuurd dan weten we dat de stroom

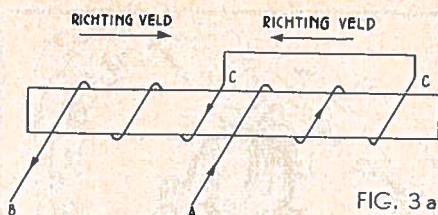


FIG. 3 a

in de beide delen in tegengestelde richting vloeit. De magnetische velden die in elk deel ontstaan zijn gelijk, maar tegengesteld gericht.

Deze twee velden heffen elkaar op en het relais zal hierop dus niet reageren.

Nu de vraag: maar waarvoor dient nu zo'n wikkeling. Hierover kan het volgende worden gezegd. Gaat een fabriek een nieuw apparaat in productie nemen dan heeft men meestal ook weerstanden nodig. Als de constructeur wikkelruimte en aansluitstiften op een relais over heeft, dan benut hij deze ruimte graag om daar een weerstand onder te brengen. Hij bespaart hiermee de kosten van het maken van losse weerstanden en enige ruimte in het apparaat.

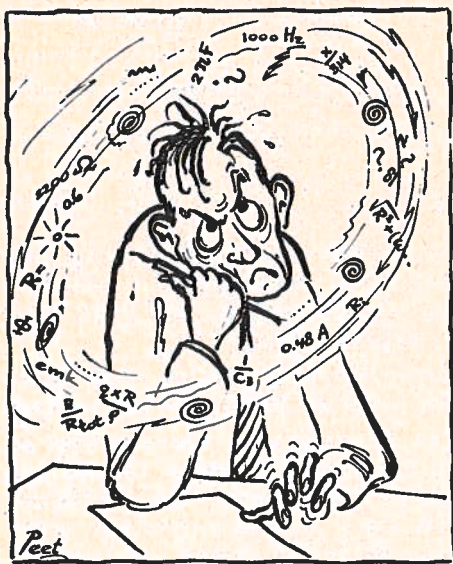
Hij moet er echter voor zorgen, dat de werking van het relais niet wordt beïnvloed door deze weerstandswikkeling.

Dit doet hij dus door het aanbrengen van een bifilaire wikkeling.

Voor het maken van weerstanden en dus ook bifilaire wikkelingen, wordt gebruik gemaakt van weerstandsdraad. Deze draad heeft nl. een hoge s.w. (bijv. 0,5) en men heeft dus, in verhouding tot bijv. koperdraad (s.w. 0,0175), een gering aantal windingen nodig om de gewenste weerstand te bereiken. Dit betekent tevens, dat een wikkeling van weerstandsdraad in verhouding tot bijv. koperdraad een geringe ruimte inneemt.

Uit het bovenstaande volgt ook, dat een bifilaire wikkeling zich steeds aan de buitenzijde van de spoel bevindt.

(wordt vervolgd).



Examenvragen

60-027

- Een elektrisch scheerapparaat wordt aangesloten op een spanning van 220 V. Gevraagd wordt de weerstand van het spoeltje van dit apparaat te berekenen als de stroom 400 mA is.
- Een smoorspoel heeft een schijnbaar vermogen van 20 VA. De cosinus van de fazeverschuiving bedraagt 0,5.
- Bereken van deze smoorspoel het werkelijke vermogen.

Een elektromotor heeft een vermogen van 6 kW. Het rendement is 0,8. Deze motor is op 400 m van de schakelkast opgesteld. Hier bedraagt de spanning 220 V. Het spanningsverlies mag 4% bedragen. Bereken de doorsnede van de geleidingen van de schakelkast naar de motor.
- Op een afstand van 100 m vanaf de aansluitkast waar de spanning 220 V is, wordt een lichtinstallatie aangesloten. Deze installatie bestaat uit:

10	lampen van	200 W.
6	„ „	40 W.
16	„ „	25 W.

Bereken het totale verbruik en de doorsnede van de toevoerleidingen, als daarin 1,5% spanningsverlies is toegestaan.
- Wat is de reden dat er bij een accumulator altijd één negatieve plaat meer is dan positieve?

De Frequentie-Standaard

Chr. J. SANDERS

60-028

Inleiding.

Bij diverse onderdelen van het PTT bedrijf bestaat de noodzaak te beschikken over zeer nauwkeurig bekende en preciese frequenties, tevens is een nauwkeurige tijdsaanduiding nodig.

Deze frequenties en tijdsaanduiding worden verkregen van een verzameling apparatuur bekend onder de naam fre-

De frequentie van 100 kHz wordt verkregen van een generator, waarin het frequentie bepalende deel een kwarts-kristal is. De schakeling waarin dit kristal is opgenomen, wordt Meacham-brug genoemd.

Bij een dergelijke brugschakeling (fig. 1), zal de max. freq. variatie veroorzaakt door de capaciteitsverandering der bui-

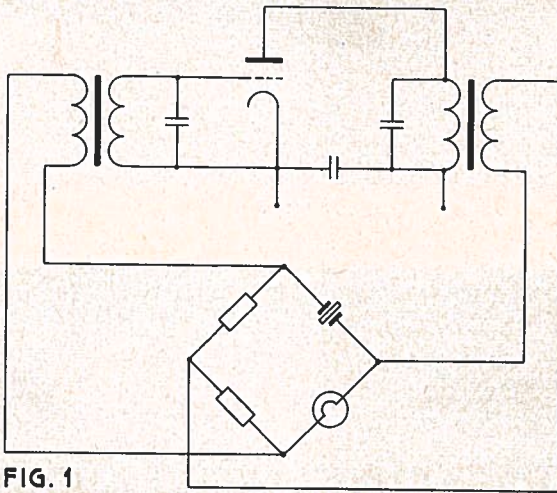


FIG. 1

quentie-standaard, vanwege de afgeleide tijdsaanduiding ook wel kwartsklok genoemd.

De frequentie-standaard van PTT is opgesteld in het Dr. Neher laboratorium te Leidschendam.

Bij de frequentie-standaard kunnen de volgende onderdelen worden onderscheiden:

De kristalgeneratoren.

De grondfrequentie waarvan alle andere frequenties en de tijd worden afgeleid is 100 kHz.

zen, bij gloei- en anodespanningsvariaties van 20%, 1 periode op 10^8 niet overschrijden.

De brugschakeling, overeenkomend met een zeer sterke tegenkoppeling gecombineerd met een grote rondgaande versterking is de oorzaak dat deze stabiliteit bereikt kan worden. Door een thermisch regelement in de brug op te nemen, kan de uitgangswisselspanning binnen zeer nauwe grenzen constant gehouden worden. De stabiliteit van $1 : 10^8$ is op te voeren door de schakeling met een constante gloei- en anodespan-

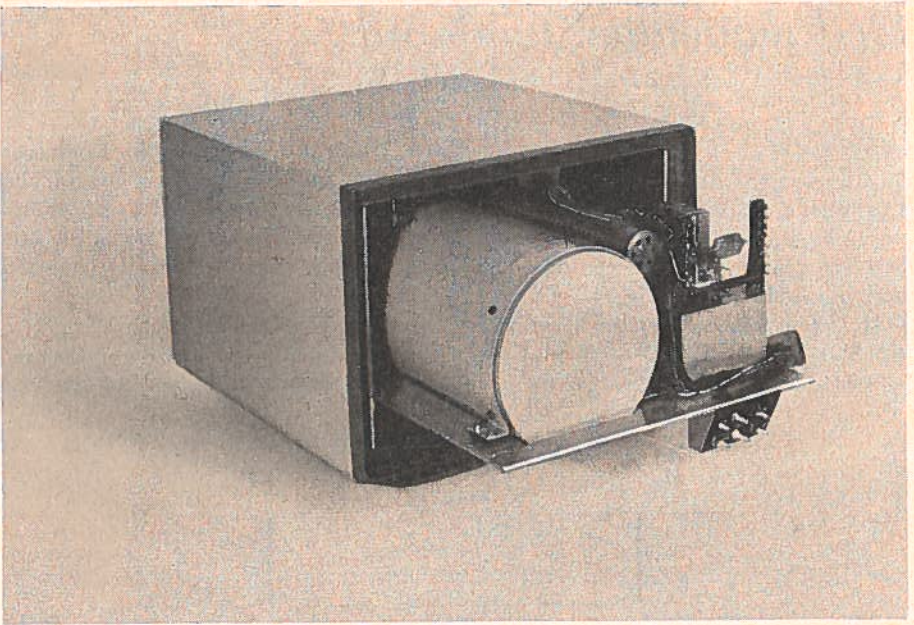


Fig. 2

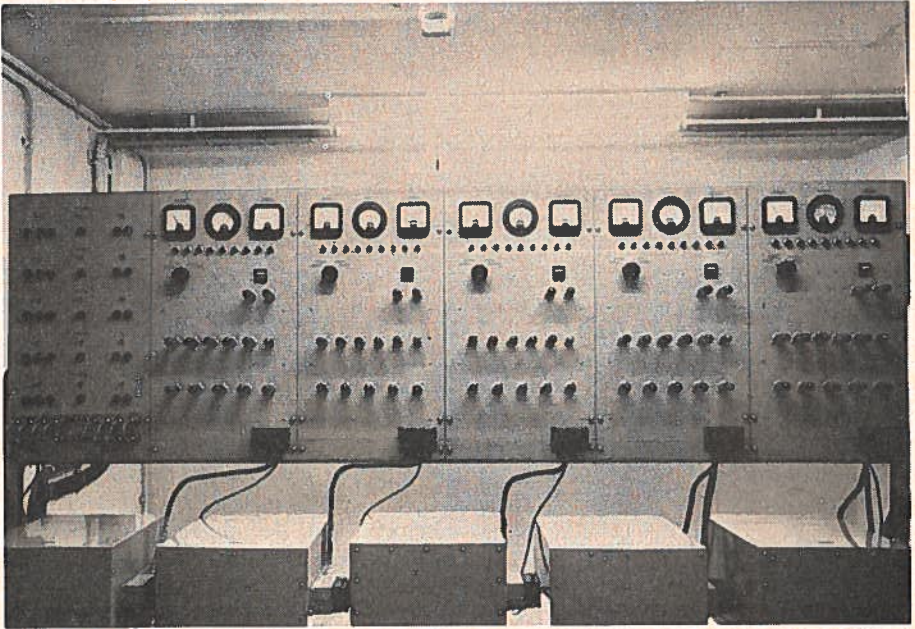


Fig. 3

ning te voeden en het kristal met de schakeling in thermostaten te monteren. Figuur 2 geeft een beeld van een oscillator 100 kHz. De buitenwanden vormen de buitethermostaat, waarin een binnethermostaat gemonteerd is. In deze laatste is het kwartskristal gemonteerd, op het chassis rechts van de binnethermostaat is de generatorschakeling te zien. De beide thermostaten worden elektronisch geregeld. De temperatuurvariaties in de binnethermostaat bedragen niet meer dan 0,002 graden C.

Daardoor is de temperatuurcoëfficiënt van het kristal welke $\approx 1 : 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ bedraagt, uitgeschakeld.

Opstelling der generatoren.

T.b.v. de onderlinge vergelijking zijn 3 generatoren nodig. Deze 3 generatoren vormen een groep, als reserve is een tweede groep aanwezig. Aan iedere groep is een vierde generator toegevoegd, waarvan de frequentie kan worden bijgesteld. Ieder kwartskristal, hoe nauwkeurig geslepen en afgewerkt, vertoont een verouderingsverschijnsel, waardoor de frequentie een bepaalde drift vertoont. Om absoluut juiste frequenties en tijd te kunnen leveren, zijn kleine correcties van tijd tot tijd noodzakelijk.

De generatoren zijn in twee cabines onder in het gebouw opgesteld (fig. 3).

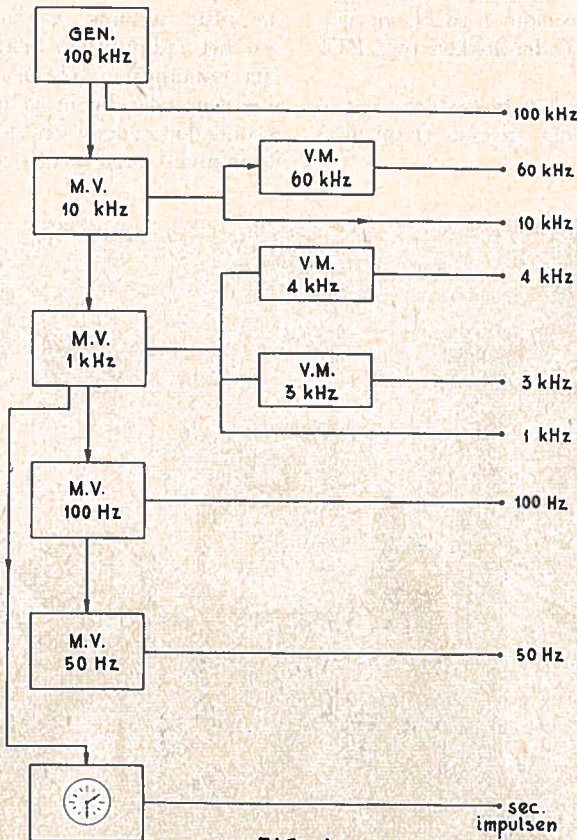


FIG. 4

Deelschakelingen voor het verkrijgen van lage frequenties.

De deelapparatuur heeft ten doel van de 100 kHz andere frequenties af te leiden, ten eerste voor laboratorium gebruik zoals de 10 kHz, 1 kHz en 100 Hz. Ten tweede voor het bedrijf der PTT en derden, welke behoefte hebben aan zeer constante en nauwkeurig bekende frequenties, zoals laboratoria van universiteiten en grote bedrijven, electriciteitcentrales, de spoorwegen enz.

Via het versterkstation in Den Haag worden daartoe 60 kHz, 4 kHz, 3 kHz en 50 Hz gedistribueerd.

De afgeleide seconde-impulsen worden gebruikt voor de uitzending van het radiotijdsein over Hilversum I en II, en synchronisatie van moederklokken voor PTT en derden.

Aan de hand van het blokschema fig. 4 is de afleiding der diverse frequenties te volgen.

Een multivibratorschakeling met een eigen frequentie van 9,8 kHz wordt gesynchroniseerd door de 100 kHz; na filtering wordt een sinusvormige spanning van 10 kHz verkregen, op soortgelijke wijze wordt 1 kHz, 100 Hz en 50 Hz verkregen.

De frequentie van 10 kHz wordt tevens in een vermenigvuldigerschakeling gebracht waarin de 60 kHz gevormd wordt.

Van de 1 kHz wordt door vermenigvuldiging 4 kHz en 3 kHz verkregen.

De frequentie van 1 kHz drijft tevens een synchroonklok aan waarvan het secondecontact de seconde-impulsen levert t.b.v. de tijdsaanwijzing. Deze synchroonklok geeft ook een minuutcontact op de 54ste seconde waarmee het begin van het radiotijdsein gemarkeerd wordt. Het radiotijdsein bestaat uit 6 impulsen waarvan ieder begin gelijk valt met de secondedoorgangen en de laatste tevens de minuutdoorgang vastlegt.

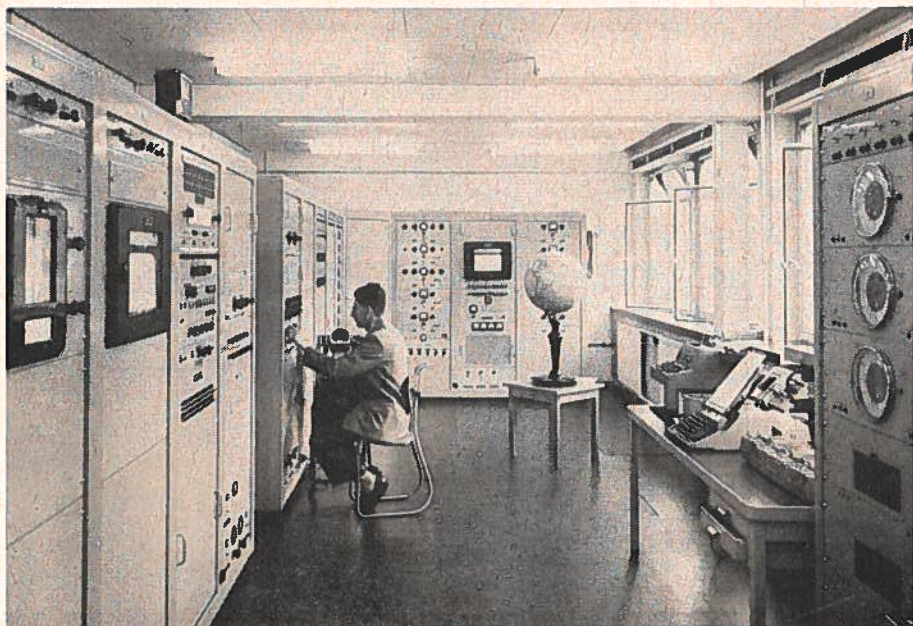


Fig. 5

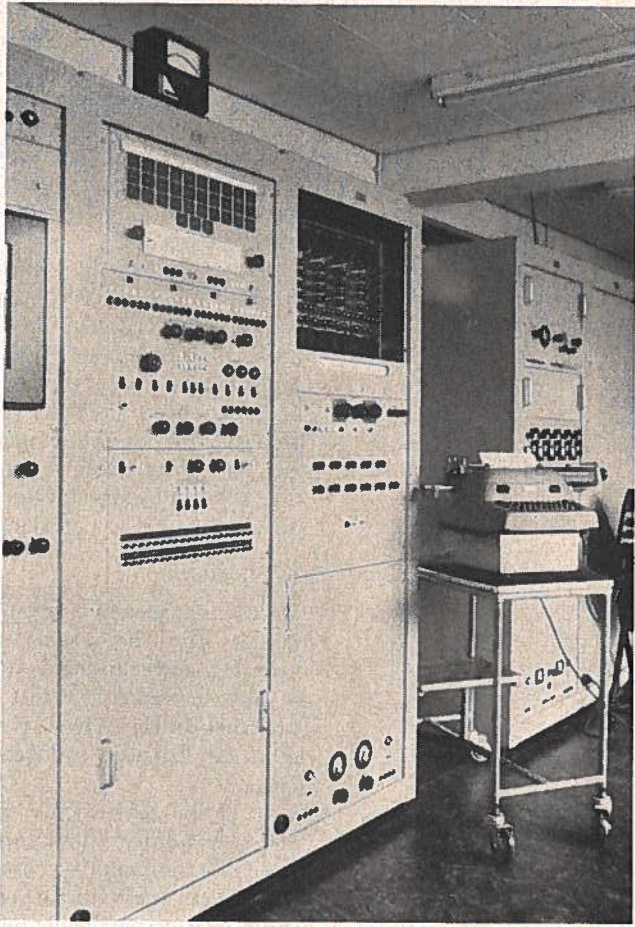


Fig. 6

Meet- en controle-apparatuur.

Deze apparatuur is in de eerste plaats opgesteld t.b.v. de frequentie-standaard zelf. Daarnaast is dit apparaat bruikbaar voor zeer veel metingen, die in het laboratorium gewenst zijn.

Decimaalteller.

De decimaalteller kan impulsen tellen tot een max. telsnelheid van 1.200.000 impulsen per seconde. De decimaal teller bestaat uit 6 achter elkaar geschakelde frequentiedelers, iedere deler geeft nu 10 ingangs-impulsen één uitgangs-impuls vandaar de naam decimaalteller.

Ieder van de zes delers heeft een schakeling, waarmee het aantal getelde impulsen wordt zichtbaar gemaakt op een meter met 10 standen, gemerkt 0, 1, 2 t/m 9. Een serie opstelling van deze meters, geeft zodoende het aantal getelde impulsen in een getal van zes cijfers.

De ingangsschakeling van de dec. teller maakt van iedere binnenkomende sinusvormige wisselspanning een impulsvormige.

Wanneer de dec. teller gestart en gestopt wordt met precies 1 seconde tussenruimte en op de telingang is een wisselspanning van onbekende freq. aan-

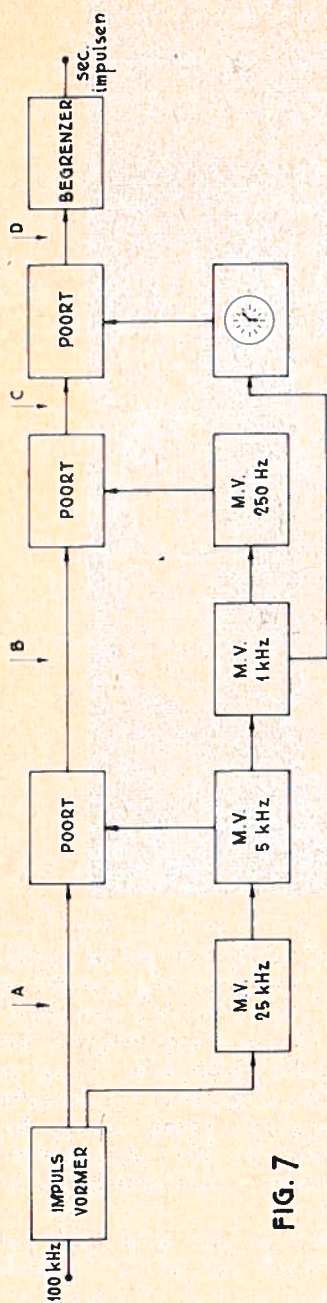


FIG. 7

gesloten, dan geeft het meterpaneel na 1 seconde tellen de frequentie van de gemeten wisselspanning, nl. het aantal perioden per seconde.

De dec. teller kan dus freq. metingen nauwkeurig tot op 1 Hz uitvoeren; met enige bijzondere schakelingen is deze meetnauwkeurigheid tot 0,1 Hz of 0,001 Hz op te voeren.

Wanneer de telfreq. 100 kHz is zal de dec. teller het getal 100.000 geven, dit is tevens de tijd, dat de teller gelopen heeft, nl. 1,00000 sec. Wanneer de tijds-eenheden tot milliseconden worden herleid, dan heeft de teller 1000,00 msec. gelopen. De kleinst te meten eenheden zijn 0,01 msec. Deze frequentie- of tijd-meter wordt gebruikt voor bepaling van de absolute freq. der standaard.

Klokpanelen.

Deze klokpanelen leveren de sec. impulsen, t.b.v. de interne metingen. De vereiste nauwkeurigheid (0,1 microsec.) is niet te verkrijgen met gebruikelijke deelschakelingen. Het blokschema fig. 7 geeft een beknopt overzicht der schakeling.

Van de binnengevoerde wisselspanning 100 kHz worden impulsen gemaakt, welke een multivibrator synchroniseren op 25 kHz, deze multivibratorschakeling synchroniseert een volgende op 5 kHz, daarna volgt een dergelijke schakeling op 1 kHz en 250 Hz. Van de multivibrator 5 kHz wordt een blokjesspanning verkregen, welke een poortschakeling gedurende 1 impuls van de 100 kHz open houdt. Deze poort selecteert 1 op 20.

Een volgende poort wordt bestuurd door de multivibrator 250 Hz en selecteert eveneens 1 op 20. De multivibrator 1 kHz synchroniseert na tussenschakeling van een filter en versterker een synchronieklok, waarvan het secondecontact de laatste en derde poort bestuurt.

In fig. 8 zijn de spanningen welke aan de diverse punten bestaan aangegeven.

Aan het einde der schakeling is een begrenzer opgenomen, zodat slechts de top, één impuls per seconde verkregen is. Deze seconde-impulsen zijn onafhankelijk van de aanwezige onstabieleit in fase van de betreffende multivibratoren.

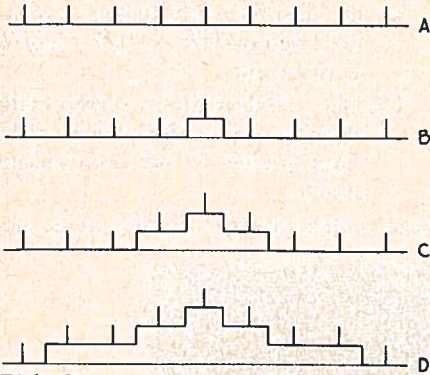


FIG. 8

Bepaling van de frequentie der 100 kHz generatoren.

De seconde-impulsen verkregen van vornoemde klokpanelen worden dagelijks vergeleken met een ander periodiek verschijnsel, waarvan een grote constantheid verwacht mag worden, nl. de rotatie-tijd van de aarde.

Daartoe is de medewerking van meerdere sterrenwachten noodzakelijk.

Het moment waarop de aarde 360° gedraaid is, wordt door de astronomen zo nauwkeurig mogelijk vastgelegd; daarmee wordt een tijdsignaal verkregen. In de praktijk bestaat een dergelijk tijdsignaal uit seconde-impulsen afgeleid van een frequentiestandaard welke gecorrigeerd wordt met de tijdsignalen verkregen van meerdere sterrewachten.

Iedere dag precies om de 24 uur worden de seconde-impulsen van de eigen kwartsklokken vergeleken met dergelijke tijdsignalen.

Een van deze tijdseinen wordt uitgezonden door de Engelse zender GBR op 16 kHz van 09.55—10.00 GMT.

De signalen worden met speciaal ont-

worpen ontvangers (zeer korte looptijd) ontvangen en omgezet in impulsen, welke de dec. teller kunnen starten. Tevens zijn voorzorgen genomen, dat alleen de impulsen van het tijdsein en niet de eventueel aanwezige storingen de dec. teller doen starten. De seconde-impulsen van de eigen klok stopt de dec. teller en het tijdsverschil wordt direct aangegeven. Het getal dat het tijdsverschil aangeeft, wordt via de benodigde uitgangen van de dec. teller gebracht op een schakeling welke het mogelijk maakt automatisch het verkregen getal af te drukken op een elektrische schrijfmachine. De afdruckschakeling is gecombineerd met een optelschakeling waarmee na 10 afgedrukte metingen automatisch de som van deze 10 metingen wordt afgedrukt. Op deze wijze is een getal verkregen, dat met grote nauwkeurigheid het tijdsverschil aangeeft.

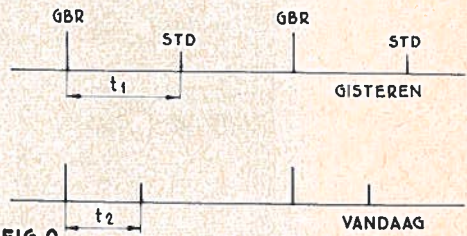


FIG. 9

Stel dat gisteren een tijdsverschil van t_1 msec. gemeten is, vandaag wordt een verschil van t_2 msec. gemeten. (fig. 9). De klok loopt dus $t_1 - t_2$ msec/etm voor, dit noemt men de „gang” van de klok. Uit deze gang is de frequentie van de 100 kHz generator, die de betreffende klok aandrijft zoals volgt te berekenen.

De nominale frequentie van de generator is $(100.000 + \Delta f)$ Hz.

De synchroonklok zal dus steeds voorlopen als Δf positief is.

1 dag = 86400 sec = 86400.

$(10^5 + \Delta f)$ perioden.

Dit is 86400 Δf perioden teveel, overeenkomend met $\frac{86400 \Delta f}{10^5}$ sec teveel.

De klok loopt dus 864 Δf msec. per dag voor, dit is de reeds gemeten gang. Hieruit volgt dat:

$$\Delta f = \frac{\text{gang}}{865} \text{ mHz.}$$

Tot nu toe is aangenomen, dat aan het ontvangen tijdsein geen fouten kleven. Voor het normale gebruik van de frequentiestandaard is de nauwkeurigheid wel voldoende, maar voor de nadere bestudering van de stabiliteit der genera-

toren moeten nog enige factoren in rekening worden gebracht.

1. de drift van de frequentiestandaard, die het tijdsein uitzond.
2. de fouten in de rotatiesnelheid der aarde, welke twee oorzaken heeft:
 - a) De jaarlijkse fluctuatie, grotendeels veroorzaakt door de seizoenwisselingen;
 - b) De poolvariaties, veroorzaakt doordat de aardas kleine richtingsvariaties in het aardlichaam maakt

Deze fouten maken correcties in de ge-

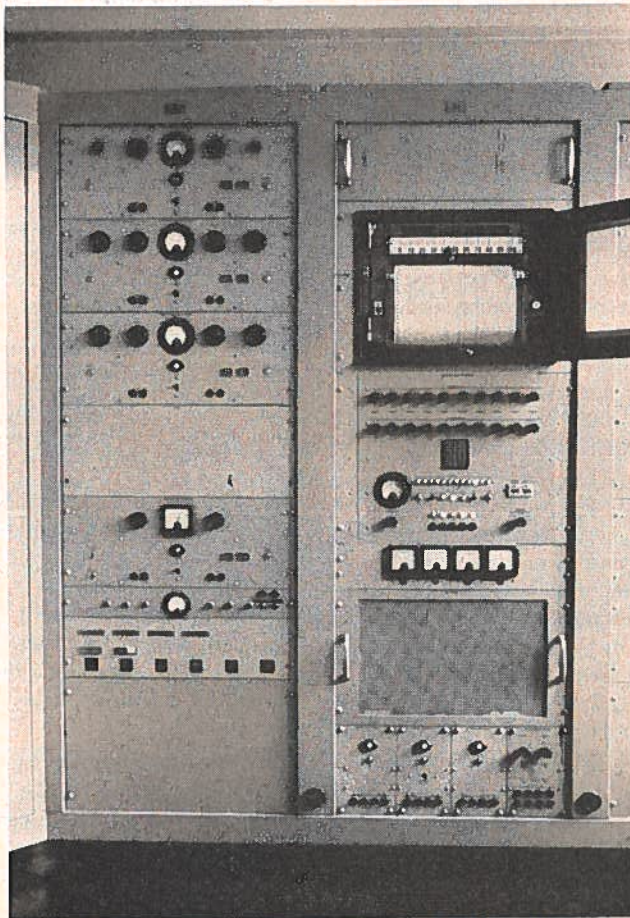


Fig. 10

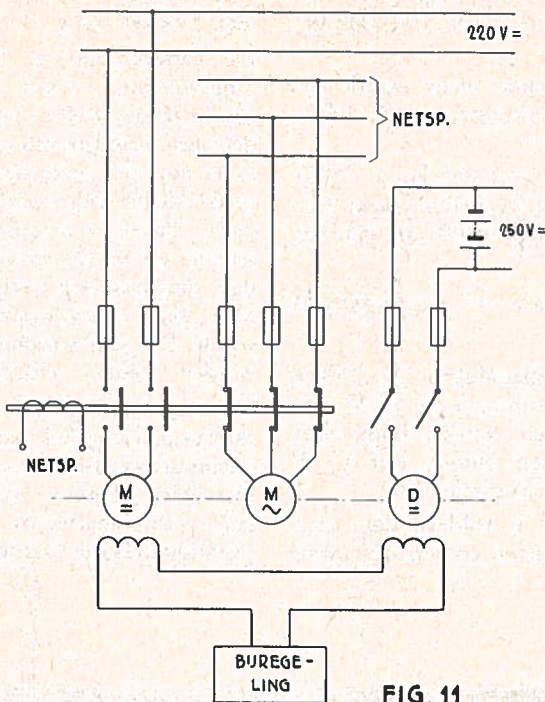


FIG. 11

meten tijdsverschillen noodzakelijk daarbij echter pas achteraf bepaald kunnen worden, komen deze correcties pas na ≈ 1 jaar binnen en dan kunnen de frequenties definitief bepaald worden.

Meting der onderlinge gang.

Wanneer het aantal zwingingen tussen twee 100 kHz spanningen geteld wordt, is daaruit een onderlinge gang te bepalen.

Daartoe zijn in de frequentiestandaard 12 van dergelijke zwingingstellers aanwezig. De dagelijkse opname van deze tellers, geeft in combinatie met de tijdseinwaarnemingen een gehele controle der acht generatoren van de frequentiestandaard.

Controle der momentele onderlinge gang.

Naast de zwingingsteller, bestaat de behoefte een controle te hebben op het

continue gedrag der 100 kHz frequenties.

De daarvoor benodigde apparatuur „faze vergelijkers” genoemd, worden evenals de zwingingstellers gestuurd door twee 100 kHz frequenties. (fig. 9).

Na versterking worden deze wisselspanningen gemengd en de verschil frequentie doet een tuimelaarschakeling omklappen, waardoor een blokjesspanning verkregen is met de verschilfrequentie. Deze blokjesspanning levert na differentiatie impulsen waarmee een dec. teller gestart en gestopt wordt, deze dec. teller meet zodoende de tijd van één periode der verschilfrequentie.

Een automaat zorgt dat het verkregen getal omgezet wordt in een overeenkomende spanning, welke door een registrerende meter vast gelegd wordt. Na deze vastlegging schakelt de automaat

naar een volgende fase-vergelijker, waar een andere combinatie van 100 kHz opstaat.

Van de registrerende meter wordt een direct overzicht verkregen van de stabiliteit der generatoren.

Deze stabiliteit is over een dag $1 : 10^{-8}$ d.w.z. de 100 kHz frequentie maakt geen grotere afwijking dan 0,0001 Hz per dag.

Voedingsspanningen van de frequentiestandaard.

Aan de voedingsspanningen t.w. 250 V voor de anodespanningen en 55 V voor de gloeispanningen worden hoge eisen gesteld, zij moeten binnen een $\frac{1}{2}$ V constant en altijd aanwezig zijn.

Aan de eerste eis is voldaan door elektronisch te stabiliseren en aan de tweede

voorwaarden wordt op de volgende manier voldaan (fig. 11).

De batterij 250 V t.b.v. anodespanningsvoeding, wordt gebufferd door een dynamo welke aangedreven wordt door een wisselstroommotor. Op dezelfde as is nog een gelijkstroommotor gekoppeld. Mocht de netspanning wegvallen, dan schakelt een automaat de gelijkstroom in en de wisselstroommotor af, deze omschakeling werkt zeer snel, waardoor geen spanningsdaling veroorzaakt wordt. De gelijkstroommotor en dynamo worden beiden elektronisch geregeld.

Voor de 55 V is een zelfde opstelling aanwezig. De gehele apparatuur der frequentiestandaard is voor de voeding in vier delen gesplitst, zodat acht van dergelijke combinaties de voeding der frequentiestandaard verzorgen.

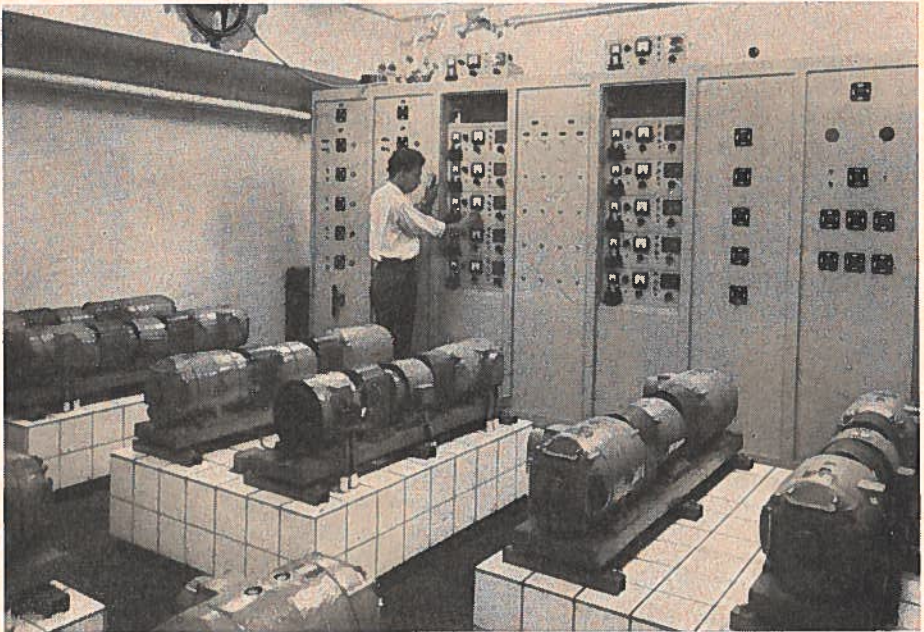


Fig. 12

Zwaartekracht

Onder de *zwaartekracht* verstaan we de kracht, waarmede de aarde de verschillende *massa's* aan de oppervlakte van de aarde aantrekt. Onder *massa's* zijn te rekenen alle mensen, dieren, planten en voorwerpen, alsmede de bestanddelen van de aarde (zand en water) zelf.

De geleerde *Newton* heeft in zijn tijd hieromtrent de aantrekkingswet opgesteld.

Hierbij is rekening gehouden met het feit, dat de aarde in 24 uur één keer draait om een (denkbeeldige) as, welke in een rechte lijn van de noordpool naar de zuidpool door het middelpunt van de aardbol loopt.

We hebben allen wel eens een steen aan een touw in het rond geslingerd.

Op de steen wordt dan, afhankelijk van zijn massa, van de lengte van het touw en van de snelheid van ronddraaien, een *middelpuntvliegende kracht* uitgeoefend, welke probeert het touw te doen breken. Zou dit laatste zó zwak zijn dat het stukgetrokken wordt, dan vliegt de steen in een rechte lijn in de richting van de raaklijn aan de draaicirkel weg. Door de zwaartekracht wordt de steen naar de aarde getrokken, evenals elk voorwerp, dat we weggooien of zonder meer in de vrije ruimte loslaten.

De cirkel in fig. 1 zou een doorsnede van de aardbol kunnen voorstellen. Aangezien de straal van de aarde ca. 6400 km bedraagt, is aan de evenaar de lengte van het „touw” waarmede wij mensen in de ronde geslingerd worden, 6400 km, de snelheid van voortbewegen is hier 463 m per sec en de middelpuntvliegende kracht dus het grootst.

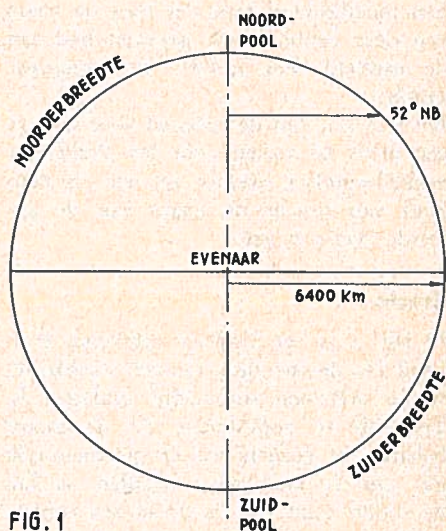


FIG. 1

De afstand van de evenaar tot de polen langs het aardoppervlak is verdeeld in 90° , de grootte van een haakse hoek. Naar de noordpool toe spreekt men voor een plaats op aarde van *noorderbreedte*, naar de zuidpool toe van *zuidbreedte*. Als u in uw atlas de wereldkaart bekijkt, dan zult u zien, dat Nederland ongeveer op 52° noorderbreedte ligt. De lengte van de straal, waarmede we hier ronddraaien, is dus kleiner dan aan de evenaar. Aan de polen is de straal 0 en wordt er dus geen middelpuntvliegende kracht uitgeoefend.

De minimum waarde van de zwaartekracht (aan de evenaar) is 978,049 en de maximum waarde (aan de polen) 983,221. In het Meteorologisch Instituut te De Bilt is de zwaartekracht gemeten op 981,268. Over de wijze waarop dit geschied is en de eenheid ervan willen we hier niet verder ingaan.

De bedoeling van dit stukje was slechts om aan te tonen, dat de eenheid, welke voor *massa* aangenomen is, nl. de *kilogram(massa)* geen nauwkeurig vaststaande eenheid is, doch afhankelijk van de plaats op aarde.

Een moeilijkheid was, dat men de naam van deze eenheid ook gegeven had aan de eenheid van *kracht*, de *kilogramkracht*.

Dit was één van de redenen voor *Giorgy* een opzet te maken voor het Praktische eenhedenstelsel, waarin hij aan de eenheid van kracht de naam van de geleerde *Newton* gaf.

Kracht

In fig. 2 is een liftkooi getekend, hangend aan de ene zijde van een staaldraad, welke over een snaarschijf geslagen is. Teneinde te voorkomen dat de motor behalve het gewicht van de personen ook dat van de kooi moet optillen, is aan de andere kant van de draad een contra-gewicht opgehangen, dat even zwaar is als de kooi.

Wanneer we veronderstellen dat de schijf op de as geen wrijving ondervindt (bij kogellagers is deze gering), dan is er altijd nog iets voor nodig om de lege kooi in beweging te brengen.

Een spoorwagon met zeer licht lopende assen, welke op de rails staat, kan toch nimmer uit zichzelf in beweging komen. Er moet altijd een oorzaak aanwezig zijn een voorwerp in beweging te brengen, de snelheid ervan te veranderen, dan wel het een andere richting te geven. Uit dit feit is door *Galilei* de *Wet van de traagheid* of *Inertiewet* opgesteld. De oorzaak, welke bovengenoemde snelheidsveranderingen doet ontstaan, noemt men een *kracht*.

Zijn in vorenstaande gevallen de liftkooi of de spoorwagon eenmaal in beweging, dan zouden ze met een éénparige beweging voort blijven gaan, ware

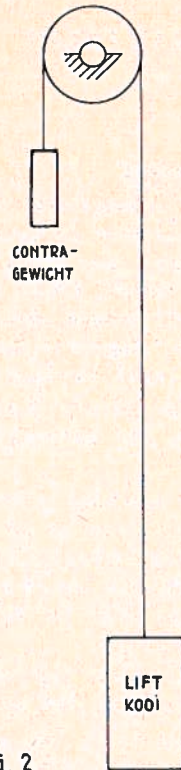


FIG. 2

het niet, dat de wrijving op de assen en de remmende beweging van de omringende lucht oorzaak zijn, dat ze eens stil blijven staan.

Als er een kracht op een voorwerp (meestal „lichaam” genoemd) werkt, moet er iets anders zijn, waarvan deze werking uitgaat.

Trekken we aan het contra-gewicht of duwen we tegen de wagon, dan is onze *spierkracht* oorzaak van de bewegingsverandering. Laten we boven op een toren een voorwerp los, dan wordt het door de *zwaartekracht* naar de aarde getrokken. Brengen we een magneet bij een stukje ijzer, dan brengt de *magnetische* kracht het in beweging; het stukje ijzer wordt naar de magneet getrokken.

Wanneer we een ebonieten staaf met een doek wrijven, dan wordt de staaf electrisch geladen; we zien dan dat de staaf met een *electrische* kracht een aantrekkende werking uitoefent op lichte voorwerpen (stukjes papier).

Elke kracht — in de toekomst aangeduid met de letter F — is bepaald door de 3 kenmerken: *grootte*, *richting* en *aangrijpingspunt*. In vraagstukken stelt men een kracht dan ook voor door een pijl, waarvan het beginpunt het aangrijpingspunt is, de lengte evenredig is met de grootte van de kracht en de richting van de pijl de richting van de kracht aangeeft.

De *eenheid van kracht* is de *newton (N)*; het is de kracht, die aan een massa van 1 kg een versnelling geeft van 1 m per sec². Dit laatste begrip willen we nog wat verduidelijken.

Een wielrijder kan constant met een *snelheid* van 15 km per uur (km/h) voortgaan; een auto kan constant met een *snelheid* van 90 km/h rijden. Deze laatste komt overeen met een snelheid van 25 m/sec.

Wanneer een auto stilstaat en optrekt, dan legt hij in de eerste sec geen 25 m af. Hij trekt langzaam op en krijgt langzamerhand een grotere snelheid.

Rijdt de wagen in de 1e sec 5 m (snelheid is dan 5 m/sec), in de 2e sec 10 m (snelheid 10 m/sec), in de 3e sec 15 m (snelheid 15 m/sec), in de 4e sec 20 m (snelheid 20 m/sec), enz. dan neemt de snelheid met 5 m/sec toe, dat wil zeggen: de *versnelling* is 5 m/sec per sec, dat is 5 m/sec².

Versnelling betekent dus de toename in snelheid.

Wanneer de auto een massa van 1 kg zou hebben en de versnelling zou 1 m/sec² bedragen, dan is hiervoor een kracht van 1 newton nodig.

Arbeid

Voor het opheffen van een last van 80 N gewicht met de liftkooi in fig. 2 moet

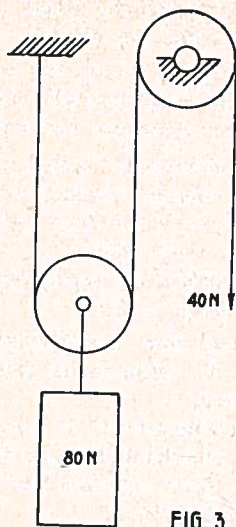


FIG. 3

een kracht F worden aangewend van 80 N.

Bedraagt de hefhoopte 5 m, dan zal de kracht in de trekrichting zich ook over een afstand van 5 m in de richting van deze kracht verplaatsen.

Bij toepassing van een takel met losse schijf, een zgn. derdehandstakel (fig. 3), kan met een kracht van 40 N worden volstaan om deze last op te heffen. Voor dezelfde hefhoopte van 5 m moet de kracht zich nu 10 m in de richting van deze kracht verplaatsen.

In beide gevallen is, om het gewenste resultaat te bereiken, het produkt van de uitgeoefende kracht in de treklijn en van de afgelegde weg gelijk. Dit produkt noemt men de *mechanische arbeid*; het wordt gemeten in *newtonmeters (Nm)*. Duiden we de arbeid in Nm, de kracht in N en de afgelegde weg in m respectievelijk aan met de letters W , F en S aan, dan is in het eerste geval $W = F \times S = 80 \times 5 = 400$ Nm en in het tweede geval $W = F \times S = 40 \times 10 = 400$ Nm.

Behalve mechanische arbeid kennen we

ook nog de elektrische arbeid en de arbeid in de vorm van warmte.

In de elektrische motor kan men elektrische arbeid in mechanische energie omzetten, in een generator het omgekeerde.

Met een elektrische kachel kan men elektrische energie omzetten in warmte, in een thermo-element kan men warmte omzetten in elektriciteit.

Elektrische arbeid en *warmte* worden gemeten in *joules* (J).

Deze eenheid komt overeen met de eenheid voor de mechanische arbeid; hieruit volgt, dat:

$1 \text{ J (elektrische arbeid)} = 1 \text{ J (warmte)}$
 $= 1 \text{ Nm (mechanische arbeid)}$.

Dit is het grote voordeel van het praktische eenbedenstelsel!

Vermogen

Moet een bepaald karwei verricht worden, d.w.z. een bepaalde hoeveelheid arbeid worden verricht, dan zal men dikwijls de vraag stellen, in welke tijd deze prestatie wordt geleverd.

Dit hangt af van het feit, hoeveel *arbeid* het apparaat of de werker *per tijdseen-*

heid, de seconde, kan leveren. Dit noemt men het *vermogen* van het apparaat.

Hieruit volgt:

Het vermogen wordt dus gemeten in *newtonmeter per seconde* (Nm/sec.) (mechanisch vermogen) of *joule per seconde* (J/sec.) (elektrisch vermogen of warmte).

In plaats van joule per seconde blijft voor de elektrische begrippen de kortere naam *watt* (W) in gebruik.

We hebben geleerd, dat het vermogen van een elektrisch circuit werd bepaald door het produkt van spanning en stroom of: $P = E \times I$ (W)

en omdat arbeid = vermogen \times tijd is:
 $W = E \times t$ J of Wsec.

Naschrift.

Wat we dus in de toekomst in de leerboeken niet meer zullen vinden, dat zijn de vroegere begrippen: calorie, (cal), paardekracht (pk), kilowattuur (kWh) en kilogrammeter (kgm).

Laten we blij zijn, dat we daarmee de verhoudingsgetallen als 0,24, 736, 9,81, 4,17, 0,102, 0,427, 1,36 en 86,4 ook kunnen vergeten.



Neem niet te veel hooi op je vork

Kijk, hier is nu vlijtige Fie. Zoals U ziet, neemt ze graag niet alleen „te veel hooi op haar vork”, „maar ook teveel lakens in haar handen én een mand met goed. Omdat ze nog al slordig is, ziet ze de stoffer niet die op de vloer bleef liggen en waarover ze straks onherroepelijk zal struikelen. Als ze minder had gedragen en haar ogen de kost had kunnen geven, zou zij niet zijn gevallen.

Nog maar al te veel ongelukken gebeuren door struikelen en vallen. U kunt dit groten-deels voorkomen door orde en netheid te betrachten en door niets op vloeren of op trappen te laten slingeren.

(Overgenomen met toestemming van het Veiligheidsinstituut).

Van een onzers lezers kregen wij enkele opmerkingen naar aanleiding van het artikel „Praktijk-Instructie” van de heer W. Boelhouwer, voorkomende op blz. 214—220 van jrg. 1959.

Wij plaatsen hier de opmerkingen alsmede het antwoord van de schrijver.
(Redactie).

„Opmerker”

Ik ben het volledig met de werkwijze van de heer Boelhouwer eens, behalve met de wijze van lassen van de aders in een fleslas LE 3. Schrijver brengt hier naar voren, om de laskokertjes te laten verspringen op 2 of 3 plaatsen en ze van elke loodkabel bij elkaar op dezelfde plaats te houden. Hier zit m.i. een gevaar in.

We moeten hier de aders van de papierkabel verdelen in 5×30 groepen.

Dit geeft moeilijkheden, vooral bij de kabels met aders van 0,4 mm; wanneer deze aders een weinig gebogen worden, springt de koperen ader uit de papierisolatie, waardoor dus heel gemakkelijk onderlinge contacten kunnen ontstaan.

Wij instrueren dan ook het volgende: De aders van de grondkabel blijven op hun plaats liggen, de aders van de 60” loodkabel (emaille-zijde-isolatie) worden met een S-bocht naar de aders van de grondkabels gebracht (geen grote bocht). De laskokertjes laten we op 4 plaatsen verspringen (zie fig. 1) nl. eerst 1-2-3- en 4, dan 2-3 en 4, vervolgens 3 en 4 en ten laatste alleen 4. We kunnen zo groepen tegelijk knippen zonder dat we bang behoeven te zijn, dat we de groepen door elkaar halen. Deze methode geeft ook een mooie, naar boven geleidelijk aan dikker wordende las. De gelaste aders worden per zone bij elkaar gebonden. In geval van storing kunnen we de foutieve ader opzoeken in de betref-

fende zone. (In het instructieboekje is een bladzijde opgenomen met de opbouw van de kabels).

Ik geef toe, dat bij het opheffen van storingen, de lasmethode van de heer Boelhouwer voordelen heeft, maar dit komt maar sporadisch voor”.

Schrijver

„Na aandachtige lezing van hetgeen de geachte *opmerker* zegt, zou ik gaarne het volgende willen zeggen.

Het is mij ook nu nog niet duidelijk op welk punt de werkwijze, die ik aangaf in mijn artikel, als richtsnoer voor het maken van een fleslas LE 3, oorzaak kan zijn tot het ontstaan van fouten.

Volgens geachte briefschrijver is het gevaar groot, dat de koperen kern uit de papierisolatie springt bij een weinig buigen, waardoor heel gemakkelijk onderlinge contacten kunnen ontstaan. Ik vraag me af, wat er gebeurt met de koperaders, wanneer men de groepen terug moet buigen bij de voorbereiding voor het lassen. Springen bij deze sterke buiging koperaders dan ook niet uit de papierisolatie?

Ik meen dat dit bij een normale behandeling van de kabeladers niet voorkomt.

Men zou al heel ruw met deze aders moeten omgaan voor dit zou kunnen gebeuren. Voor dergelijk hoogwaardig laswerk als een LE 3 zorgt men er wel voor niet ruw om te springen, maar veel

eerder nauwkeurig en voorzichtig te werk te gaan. Bij de methode die ik aangaf behoeft men trouwens de aders van de grondkabel niet zo sterk te buigen; hoogstens moet men ze wat vloeiend laten verlopen.

Uit het artikel is dit vermoedelijk niet zo duidelijk gebleken, maar ik gaf daar slechts in principe aan, hoe men zo'n las zou kunnen maken. Wanneer een las volgens deze methode wordt gemaakt, verdeelt men de grondkabel niet eerst in 5×30 groepen, zoals de gachte opmerker veronderstelt.

Men begint heel normaal de aders van de eerste loodkabel door te lassen. Men behoeft noch de aders van de loodkabel, noch de aders van de grondkabel te buigen. Wel worden er bundels aders van grond- en loodkabel en laskokertjes gevormd. Hierna last men de aders van de tweede loodkabel door. De aders van de grondkabel, die men nodig heeft om deze tweede loodkabel door te lassen, komen ongeveer in de vorm van een halve maan om de eerste bundel te zitten.

Met de laskokertjes vormt men een tweede bundel. Ook nu wordt nergens een ader gebogen. Op deze manier gaat men verder met de aders die nodig zijn voor de derde, vierde en vijfde loodkabel.

De aders van de grondkabel blijven zo dus ook zoveel mogelijk op hun plaats en waar dit niet kan, laat men ze zo vloeiend mogelijk verlopen.

Ongetwijfeld zal de methode, zoals de gachte briefschrijver ontwikkeld heeft, ook tot een goed resultaat leiden.

De vraag is echter: blijven bij het wer-



Fig. 1

ken volgens die methode alle aders van de grondkabel precies op hun plaats liggen? Briefschrijver zegt van wel. Mij lijkt het eerder onvermijdelijk, dat men ook hier af en toe genoodzaakt zal zijn de aders een vloeiend verloop te geven. Het voordeel van de door mij gevolgde methode is, naar ik meen, dat men gemakkelijker en sneller werkt, zonder dat de technische kwaliteit achteruit gaat. De loodkabeladers kan men immers ineens op de juiste maat afknippen en aankrabben.

Ik geef toe, dat fouten en vergissingen bij het lassen niet veel voorkomen. Blijken ze toch gemaakt te zijn, dan ben ik van mening, dat ze met mijn manier van werken vlugger gevonden kunnen worden en met minder moeite herstelt''.

Vraag en antwoord

60-031

Een lezer schrijft ons:

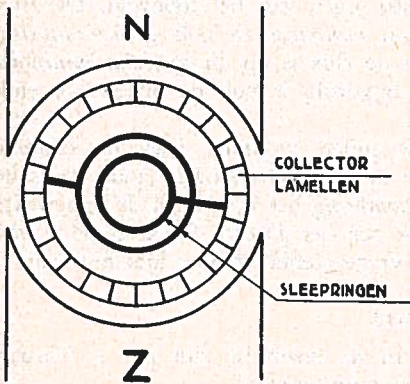
1. De opwekking van belstroom en toonspanningen door de bel- en toonmachine is besproken in het Studieblad 15 november 1954 (54-091). Dit artikel kan ik niet helemaal begrijpen.

De belstroom is de opgewekte *tegen-emk*, welke via de sleepringen wordt afgenomen. De maximale spanning daarvan is 60 volt en gelijk aan de aangelegde spanning. Dit kan niet, omdat de *tegen-emk* altijd beneden de waarde van de aangelegde spanning blijft. Kunt U deze grafisch weergeven?

Antwoord.

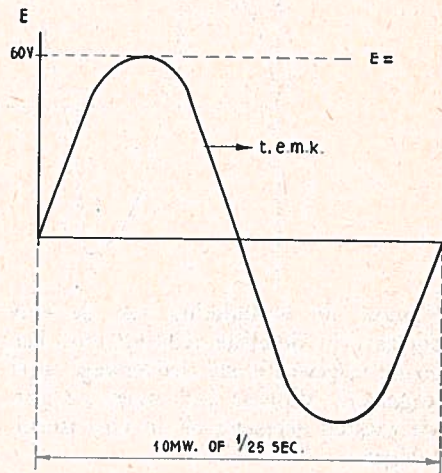
Als twee lamellen, welke naar de sleepringen zijn afgetakt, de borstels op de collector passeren, dan staat op de sleepringen de aangelegde spanning van 60 volt. De opgewekte tegen-emk kan dus nooit groter zijn dan 60 volt. Dit is dan de maximale spanning van de belspanning. Als we nu aannemen, dat deze spanning sinusvormig is, dan is de eff.

waarde dus $\frac{E \text{ max.}}{\sqrt{2}}$



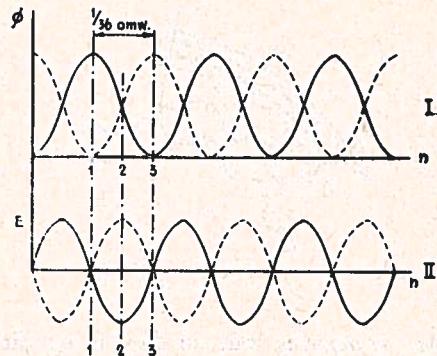
Bij belasting van het anker, door het afgeven van belstroom, zal deze spanning natuurlijk afnemen tengevolge van het inwendig spanningsverlies.

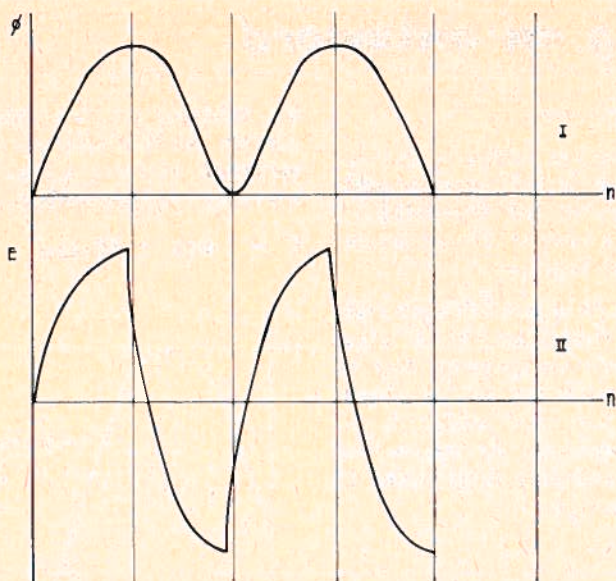
$$E = t\text{-emk} + IR_{\text{anker}}$$



Vraag.

2. De grafiek (zie onderstaande figuur) van het in de eerste vraag genoemde artikel is mij ook niet duidelijk.

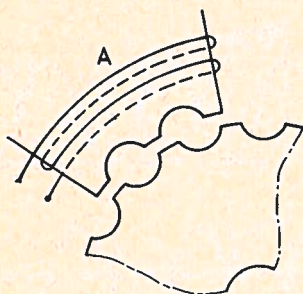




Wanneer de verandering van de flux voortgaat in dezelfde richting, hoe kan dan de opgewekte emk halverwege weer teruggaan? Volgens mij moet de grafiek worden getekend als in bovenstaande figuur.

Antwoord.

Bij punt 1 van de kromme I en II (zie fig. op blz. 125) is de magnetische flux *maximaal*. De nokken van het poolrad bevinden zich dan recht tegenover de nokken van het toonveld (zie onderstaande fig.).



De *verandering* van de flux is op dit

moment echter het *kleinst*, dus de opgewekte emk ook nul. De vraagsteller vergeet blijkbaar, dat niet de grootte van de flux de opgewekte emk bepaalt, maar de *verandering* van de flux per tijdseenheid.

Bij punt 2 van de kromme is nu deze *verandering* van de flux het *grootst*. De nokken van het poolrad en het toonveld staan dan zoals de figuur aangeeft. Nu is de opgewekte emk het *grootst*.

Bij punt 3 van de kromme staan de nokken van het poolrad tegenover de uitsparingen van het toonveld. De flux is nu *minimaal* en ook de *verandering* van de flux is op dit moment *minimaal* en bijgevolg is ook de opgewekte emk nul.

Met andere woorden, waar de kromme van de flux het *steilst* is (punt 2) is de *verandering* het *grootst* en de opgewekte emk ook het *grootst*. De kromme II van de vragensteller voldoet hier niet aan.

Vraag.

3. In de naamlijst zijn per 1 februari 1960 opgenomen: →

In de school bij „Meester Bakelants“.

In die tijd zat ik in de „grote school“ bij meester Bakelants. Meester Bakelants heeft een grote rol gespeeld in mijn kinderleven, was het dan niet zo zeer door zijn onderwijs, dan toch door zijn persoonlijkheid. Hij was een ietwat eigenaardig, schichtig, intelligent man, en hij wijdde zich geheel aan zijn taak, hoe honds ondankbaar die toentertijde ook was.

In de grond een doorgoed mens, zeer ontroerbaar, en vinnig nerveus in alles wat hij deed. Een hard leven, van toen hij zijn loopbaan aanving, de voortdurende zorg om met een mager inkomentje zijn groot gezin te onderhouden, zijn ziekelijke aard, hadden hem prikkelbaar, opvliegend gemaakt, en dit wel enigszins ten nadele van zijn taak als opvoeder.

Een kleinigheid was voldoende om hem in een staat van opwinding te brengen, waarbij hij op zijn bengels lossloeg alsof ze kafzakken waren. En toch, al kunnen kinderen lang onthouden, heeft er niemand daarom van meester Bakelants een slechte herinnering bewaard. Bijna altijd wisten we trouwens, dat we de straf verdiend hadden. Hij was een

rechtzinnige, eerlijke Kempenaar en hij eiste ook op dit stuk van zijn leerlingen een onberispelijk gedrag. Leugen, achterbaksheid en schijnheiligheid van de schooljongens brachten hem buiten zichzelf, ook wanneer het, wel beschouwd, maar kinderdeugnieterij was. In de omstandigheden waarin hij zijn onderwijzersambt moest waarnemen, met zeer lastige kinderen van zeer lastige ouders, kan ik hem bijna niet euvel duiden, dat hij zich niet al te druk maakte om de genegenheid van zijn scholieren te winnen.

A. Beantwoord de volgende vragen:

1. Zeg met eigen woorden: De meester speelde een grote rol in het kinderleven van de schrijver.
2. Waaraan was dit te danken?
3. Welke eigenschappen van meester Bakelants maakten zoveel indruk op de schrijver?
4. De meester was ook opvliegend en prikkelbaar. Welke oorzaken worden daarvoor genoemd?
5. De prikkelbaarheid van meester Bakelants schaadde zijn werk als opvoeder. Verklaar dat.

←

kiezerkoordjes voor hefdraaikiezers met neopreen-koordbeschermers.

Vraag.

Wat is neopreen en wat zijn de voordelen daarvan?

Antwoord.

Neopreen is een kunststof. Zo op het oog lijkt het veel op rubber.

Deze nieuwe kiezerkoordjes worden toe-

gepast, omdat bij de oude toepassing van spiraalveertjes (koper of staal) regelmatig oxydatieverschijnselen voorkwamen. Deze oxydatie drong ook door in het snoer en daardoor ontstond sluiting. Ook kwamen er kraakverschijnselen voor op de plaats waar de spiraal op hield. Men heeft voorheen ook proeven genomen met verschillende lengten van het beschermveertje, maar dit heeft weinig effect gesorteerd.

6. Waarom wordt de toenmalige taak van de meester „honds ondankbaar” genoemd?
7. Waarom namen de leerlingen de strenge tuchtiging door de meester niet kwalijk?
8. Welke deugden trachtte de meester zijn leerlingen in te prenten?
9. Zeg eens anders: Kinderen kunnen lang onthouden.

B.

Aan een lagere school wordt les gegeven door een ... en aan een hogeschool of universiteit door een ...

Aan het hoofd van een H.B.S. staat een ..., aan het hoofd van een gymnasium een ...

Aan een universiteit studeert men voor ..., te Wageningen voor ... en aan een academie voor beeldende kunsten voor ...

Te Tilburg en Rotterdam studeert men in de ... De school waar onze toekomstige officieren worden opgeleid, heet ... Een hogere muziekschool noemt men ook ...

Wat betekenen: Mr., Dr., Drs., Ir?

Wat zijn bijzondere, wat openbare scholen, wat een externaat?

Wat betekent *school* in: Deze schilder behoort tot de *Haagse school*; een *school* haringen?

En wat *college* in: De professor geeft vandaag geen *college*.

Het *college* van B en W?

C. Vul aan en geef de betekenis:

1. Uit de school ...
2. Op eigen wieden ...
3. De opgaande zon ...
4. Iemand zand in de ogen ...
5. De tol der natuur ...
6. Iemand een kool ...
7. Van andermands geld mooi weer ...

8. Iemand de mantel ...
9. Geen veer van de lippen kunnen ...
10. Iemand in de arm ...

D.

1. Een akte door een notaris opgemaakt, is een ... akte.
2. Een verkoopster met veel routine is een ... verkoopster.
3. Een verhouding, waaruit schuldbesef spreekt, is een ... houding.
4. Een opleiding aan een hogeschool, is een ... opleiding.
5. Verplichtingen, die voortkomen uit een contract, zijn ... verplichtingen.

E. Invullen:

In de uitstalkast waren de parfum... op artist... wijze geëtal...

De pas bestr... weg, was door de (ei) (ij)zel veranderd in een spiegelgladde gl(ei) (ij)baan.

De expre... trein werd getrokken door een elektr... loc...

Het bevreem... me niet, dat het aantal fail... deze maand weer is toegenomen. Chemic... worden bewaar... in flessen met gla... stoppen.

De Middel... Zee wordt begrensd... door drie wereld...

Rijm:

Het rijm is aangenaam voor het gehoor. Door het rijm komen bepaalde woorden op de voorgrond — en wordt het onthouden vergemakkelijkt. We treffen het daarom aan in talrijke spreekwoorden. Overdaad schaadt, middelmaat baat.

Opgestaan, plaats vergaan.

Wie goed doet, goed ontmoet.

Vroeg rijp, vroeg rot, vroeg wijs, vroeg zot.

Dik en klein kent geen chagrijn.

Een ouwe tang is dun en lang.

Maar ook allerlei zegswijzen vormen één geheel door het rijm.