



15 JUNI 1965

# Het meten van wisselstroom

## met meetcel en stroomtransformator

Met dit artikel willen we eens wat dieper ingaan op het meten van *wisselstroom* met behulp van een draaispoelmeter met voorgeschakelde metaalgelijkrichter. In feite komt echter ook het meten van wisselspanning neer op het meten van stroom, en wel van de stroom welke door voorschakelweerstand en cel plus meter vloeit. In zekere mate zullen de volgende beschouwingen dus ook gelden voor spanningsmetingen en aan het slot van dit artikel zullen dan ook nog enige hierop van toepassing zijnde bijzonderheden behandeld worden.

Een van een meetcel voorziene draaispoelmeter is reeds een stroommeter, welke volle uitslag aangeeft bij een stroom, 1,11 maal groter dan hetzelfde instrument voor gelijkstroom nodig heeft. Dit komt hierop neer, dat bij het gebruik als wisselstroommeter de aanwijzing met 1,11 vermenigvuldigd dient te worden om de werkelijke, effectieve waarde van de wisselstroom op te leveren. Overigens geldt geen enkele beperking, behoudens mogelijke frequentie-fouten, waarover straks meer. De situatie wordt echter anders wanneer we met hetzelfde instrument grotere stromen of hogere spanningen wensen te meten.

Voor gelijkstroommetingen is het gebruikelijk een shunt of nevenweerstand te bezigen. Om bijv. een 1 mA-instrument te laten dienen voor het meten van stromen tot 100 mA schakelt men een weerstand aan de meter parallel, die zodanig berekend is t.o.v. de weerstand van de meter, dat  $\frac{99}{100}$  van de te meten

stroom door de shunt gaat en  $\frac{1}{100}$ , dus maximaal 1 mA, door de meter. Op deze wijze kan praktisch zonder beperking elk willekeurig meetbereik tot stand worden gebracht.

Dezelfde schakeling laat zich ook toepassen bij de meter met cel, dus voor het meten van wisselstroom, doch ... hier schuilt een addertje onder het gras. De weerstand van de combinatie metercel is nl. *niet* constant, doch afhankelijk van de stroom, en bovendien groter dan de weerstand van de enkele meter. Dit laatste brengt reeds onmiddellijk mede, dat bestaande shunts voor gelijkstroom niet zonder meer door simpel vermenigvuldigen met 1,11 voor wisselstroom van gelijke grootte bruikbaar zijn. De weerstandsvariatie onder invloed van de stroom heeft echter ernstiger complicaties tengevolge.

Het zal nl. duidelijk zijn, dat een gelijkrichter-meter met shunt nooit een evenredige uitslag kan leveren om de eenvoudige reden, dat de verhouding tussen meter-weerstand en shuntwaarde niet constant is.

Slechts op één punt van de schaal zal de gewenste verhouding te verwezenlijken zijn, doch voor het overige is men beslist aangewezen op een ijktabel.

Tenslotte zou ook dit — alhoewel niet ideaal en zeker tijdrovend — nog over-

komelijk zijn, ware het niet, dat er nog een bezwaar komt opdagen: de weerstand van een metaalgelijkrichter is temperatuur-afhankelijk.

Elk type vertoont dit verschijnsel in meer of minder sterke mate, doch geen enkele is er geheel vrij van. Voor enigszins nauwkeurig werk zal men dus weinig waarde aan een geshunte meter kunnen hechten en moet naar een betere methode worden uitgezien.

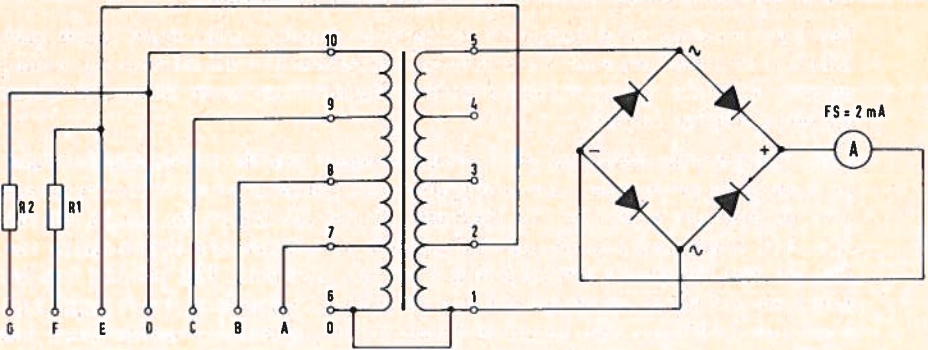
Deze bestaat ook inderdaad en wel in de vorm van de *stroomtransformator*. In principe is dit een zeer eenvoudig apparaat; wanneer we de te meten stroom door de primaire wikkeling van de transformator zenden en we sluiten op een, bijv. tien maal zoveel windingen bevattende, secundaire een stroommeter aan, dan zal deze één tiende van de primaire stroom aanwijzen. Het product van het aantal windingen en de stroom zal voor primaire en secundaire steeds gelijk zijn. Voor het verkrijgen van meerdere bereiken met éénzelfde transformator kan met één secundaire wikkeling voor de meter volstaan worden, terwijl meerdere primaire wikkelingen even zovele bereiken leveren. Ook kan de primaire uit één doorlopende wikkeling met aftakkingen bestaan.

De voordelen, die het werken met een stroomtransformator in combinatie met een gelijkrichter biedt, zijn niet te onderschatten. Ze zijn als volgt samen te vatten:

- 1 — De factor 1,11 kan in de transformator verwerkt worden; de normale schaal van het instrument geldt dan ook voor wisselstroom.
- 2 — De uitslag is evenredig met de stroom, men leest dus normaal de schaal af, evenals bij gelijkstroombetaling. IJkkrommen of tabellen zijn overbodig.
- 3 — Temperatuurvariëaties hebben geen merkbare invloed op de nauwkeurigheid.
- 4 — De gelijkrichtermeter verbruikt een zeer gering vermogen. Dientengevolge kan de stroomtransformator klein in afmetingen blijven en leent zich dus voor inbouw in transportabele instrumenten.
- 5 — Lage wisselspanningen, d.w.z. spanningen van 100 V en lager, zijn met behulp van de stroomtransformator ook nauwkeuriger te meten dan op andere wijze mogelijk is.

Dit laatste geval vereist nog enige toelichting in verband met spanningsmeting in het algemeen. Zoals reeds werd aangegeven kan men voor spanningsmetingen de voor gelijkspanning aanwezige voorschakelweerstand bezigen en dan de meteraanwijzing met 1,11 vermenigvuldigen. Stelt men prijs op grote nauwkeurigheid, dan kan deze methode alleen maar toegepast worden voor bereiken van 200 V en hoger. Immers, de (veranderlijke) gelijkrichterweerstand staat in serie met de meter en gaat voor lagere bereiken een steeds groter deel uitmaken van de totale voorgeschakelde weerstand. De invloed van de weerstandsvariëaties zal dus speciaal voor de laagste bereiken een aanzienlijke verstoring van de evenredigheid der schaal veroorzaken. Praktisch komt dit hierop neer, dat voor bereiken van bijv. 6 of 10 V alleen de bovenste helft van de schaal lineair verloopt.

De stroomtransformator biedt ook hier weer uitkomst. (zie figuur)



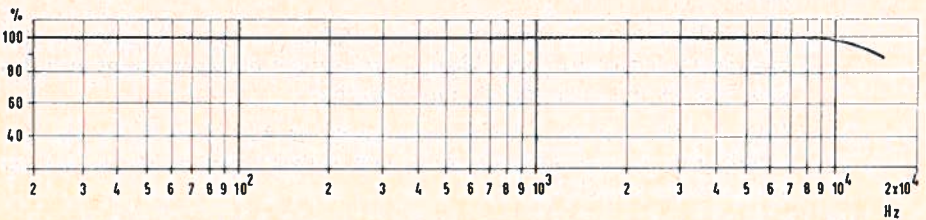
0 - A ... 2,5 A  
 0 - B ... 0,5 A  
 0 - C ... 0,1 A

0 - D ... 25 mA  
 0 - E ... 5 mA  
 0 - F ... 10 V

0 - G ... 50 V  
 R1 = ± 10 000 Ω  
 R2 = ± 400 Ω

### SCHAKELING VAN DE TRANSFORMATOR.

Men ziet hierboven de cel enerzijds verbonden met de meter, anderzijds aangesloten op de gehele secundaire wikkeling tussen 1 en 5; 4 en 3 zijn op de correctie-aftakkingen, die in de tekst ter sprake komen. Men merke op, dat voor het 5 mA (resp. 8 mA) bereik, een auto-transformatorschakeling is toegepast, daar het deel 1—2 samenvalt met de secundaire. De doorverbinding 6—1 staat ook hiermede in verband. Overigens is een normale afgetakte primaire toegepast. Het staatje hieronder geeft een overzicht van de verschillende bereiken.



Deze curve is opgenomen aan de meettrafo in combinatie met een Westinghouse 5 mA cel. Daar deze cel tot 100.000 p/s zonder frequentie-fout werkt, kan bovenstaande curve worden beschouwd als geldend voor de meettrafo zelf. Tot 10.000 p/s wordt een volkomen juiste aanwijzing verkregen, eerst bij 15.000 p/s wijst de meter 14 % te laag, overeenkomend met een verlies van 1,3 db. Door voor een bereik van bijv. 5 à 10 V een wikkeling van 25 à 50 mA van een passende voorschakelweerstand te voorzien kan een praktisch volkomen lineaire schaal verkregen worden die direct afleesbaar is. Weliswaar verbruikt deze voltmeter dan een 25 à 30 mA. voor volle uitslag, doch dit is altijd nog veel minder dan een weekijzermeter nodig heeft en bovendien heeft zij o.a. het voordeel van de open schaal voor lage spanningen.

Bereiken tot en met 100 V kunnen op deze wijze, doch met verhoudingsgewijs kleiner stroomverbruik, direct afleesbaar gemaakt worden. Voor hogere bereiken is ook een directe aflezing mogelijk wanneer men de voorschakelweerstanden een waarde geeft, gelijk aan 0,9 maal de voor gelijkspanning benodigde waarde. Voor zeer nauwkeurig werk dient ook het spanningsverlies in de cel — bij Westinghouse op 0,9 V te stellen — nog in rekening te worden gebracht.

## DE PRAKTISCHE ZIJDE.

Hierna volgt een beschrijving van een transformator, aangepast aan populaire meters, zoals o.a. Mavometer met 2 mA verbruik en een  $50^\circ$  en  $75^\circ$  verdeling. Deze transformator levert de volgende bereiken: 5, 25, 100, 500 mA en 2,5 A; dus een zo eenvoudig mogelijke aflezing opleverend.

Zoals hierboven reeds vermeld is, is factor 1,11 reeds in de transformatieverhouding gecompenseerd. Ook is dit het geval met de onvermijdelijke koperen zachtstaalverliezen van de transformator zelf, terwijl rekening is gehouden met een gemiddelde waarde voor het spanningsverlies in cel en meter. De bereikte nauwkeurigheid is zodanig, dat met een meetfout, door de transformator veroorzaakt, van hoogstens  $1\frac{1}{2}$  % rekening kan worden gehouden. Opmerkelijk is het, dat de weerstand van de meter, mits binnen redelijke grenzen liggend, 50 à 200 ohm, praktisch niets uitmaakt.

Zo is het bijv. zeer goed mogelijk om twee metersystemen, in serie geschakeld achter één cel, te verbinden, zonder de nauwkeurigheid merkbaar te schaden. Dit kan van praktisch nut zijn doch wijst tevens op de universele bruikbaarheid van de transformator voor de draaispoelinstrumenten voor 2 mA.

Het zijn afwijkingen van de cel, welke oorzaak van merkbare afwijkingen kunnen zijn en wel voornamelijk het optreden van lekstroom, d.w.z. het doorlaten van stroom in de omgekeerde- of blokkeerrichting.

Bij nieuwe, goede cellen is de lekstroom verwaarloosbaar klein, doch bij gebruikte cellen, die eens of meermalen een „tik” door overbelasting door- en overleefd hebben, is er rekening mede te houden. Vandaar dat de transformator is voorzien van twee extra aftakkingen 3 en 4 op de secundaire met behulp waarvan een te kleine uitslag, als gevolg van lekstroom, gecorrigeerd kan worden. Voor nieuwe en/of beslist goede cellen gebruikt men dus de gehele secundaire; in twijfelgevallen is een ijking gewenst om vast te kunnen stellen welke aftakking in aanmerking komt.

## SPANNINGSMETINGEN.

De transformator kan dienen om een 10 V bereik tot stand te brengen door gebruikmaking van de 25 mA aftakking en een voorschakelweerstand van  $\approx 400$  ohm. Ook kan een 50 V bereik verkregen worden met behulp van de 5 mA aftakking en  $\approx 10.000$  ohm.

In deze gevallen is het gewenst de juiste weerstandswaarde door ijking vast te stellen.

## WAT KAN MEN METEN?

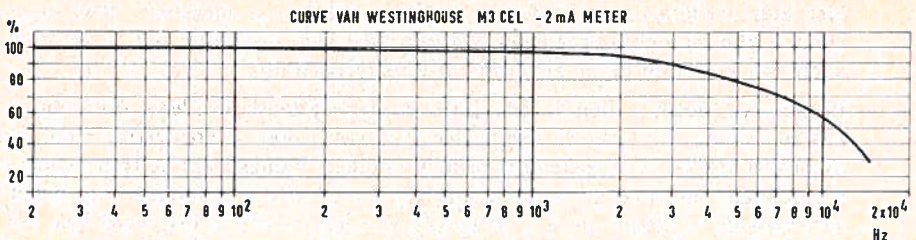
Het nut van een universeel meetinstrument geschikt voor alle voorkomende wisselspanningen en stromen is zo voor de hand liggend, dat elk commentaar overbodig is. Het bezit van een dergelijk instrument opent echter nog veel wijdere perspectieven dan het normale controle- en servicewerk reeds biedt.

Denk eens aan impedantie- en reactantiemetingen, aan smoorspoelen en condensatoren (zelfinductie en capaciteitsbepaling), metingen aan transformatoren (nullast-stroom, bedrijfsstroom), aan filters, aan luidsprekers, aan elektrische apparaten en buizen (wattverbruik), meting in het l.f. gebied met behulp van een toongenerator, enz., enz.

Ons bereikten verschillende vragen met betrekking tot de praktische uitvoering van de uitbreiding van bestaande instrumenten. Hierop kan moeilijk een algemeen antwoord gegeven worden; daarvoor hangt teveel van de omstandigheden af. We kunnen echter eens verschillende mogelijkheden onder de loupe nemen en beginnen met het geval, dat iemand een Mavometer bezit met een collectie shunts en voorschakelweerstand. Ten eerste heeft hij dan — zo hij deze nog niet bezit — een meetcel nodig.

Transformator, cel, omschakelaar, de voorschakelweerstand voor de 10 V en 50 V bereiken, benevens voor nog hogere spanningen, bijv. 250 V en 1000 V en een condensator van 1  $\mu$ F met het oog op output-metingen, dit alles kan in een los kastje worden ingebouwd.

Evenals de shunts kan dit van vorkvormige uitsteeksels voorzien worden, die dan onder dezelfde klemmen of de A-klemmen aan de bovenzijde van het instrument passen en zo de verbinding tussen cel en meter tot stand brengen.

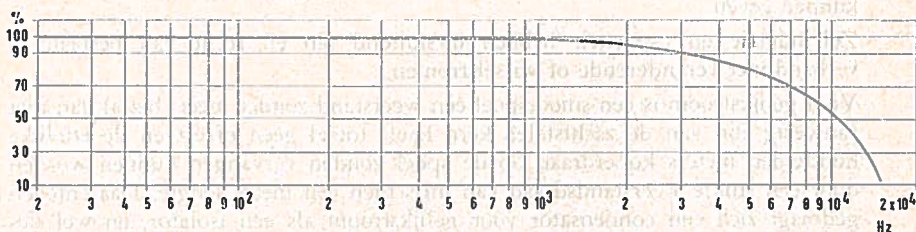


Dit is de curve van een M3-cel. Het resultaat blijkt mee te vallen; tot 1000 p/s is de fout in elk geval verwaarloosbaar; daarboven wordt de afwijking geleidelijk groter, doch met behulp van deze curve zal men de M3 toch nog zeer goed voor de hogere toonfrequenties kunnen gebruiken. Men zal echter met individuele afwijkingen rekening dienen te houden, alsook met een mogelijke vergroting van de fout door de meetschakeling.

Het verdient aanbeveling, een inrichting aan te brengen waarmee het „proefknopje”, dat de verbinding met het draaispoeltje onderbreekt, permanent ingedrukt houdt teneinde de cel niet ontijdig aan haar eind te brengen. Zulk een voorziening kan bijv. bestaan uit een U-vormige beugel, waarvan een been tegen de bodem rust en het andere op het knopje drukt.

Wie daar de voorkeur aan geeft, kan voor de verbindingen met de meter ook stevige snoeren met stekers toepassen. Een ander geval is het weer, wanneer men reeds een cel bezit en die, tezamen met enige voorschakelweerstanden in een afzonderlijk kastje gemonteerd heeft; o.i. zal het de handigste oplossing zijn, dit kastje op nonactief te stellen en de cel met de weerstanden te monteren in een kastje als boven omschreven. Vervolgens kan een universeel meetinstrument aanwezig zijn, echter uitsluitend ingericht voor gelijkstromen en spanningen; wat te doen in dit geval? Wel, de meter laten zoals hij is, omdat in 99 van de 100 gevallen het instrument zich niet leent voor totale ombouw. Het afzonderlijke kastje met de wisselstroomafdeling brengt ook hier weer uitkomst, want de meter heeft in ieder geval een instelling, het kleinste stroombereik, waarbij de aansluitklemmen direct met het draaispoeltje in verbinding staan.

Nog een andere mogelijkheid: een meetinstrument is reeds voorzien van een cel en bezit verschillende wisselspanning-, doch geen wisselstroombereiken. Daarom wenst men een meettransformator te gebruiken, doch ruimte over is er niet te veel in het instrument en bovendien is de schakelaar er niet op berekend. Hier staan twee wegen open. Men kan onderzoeken of er een mogelijkheid bestaat de wisselstroomzijde van de cel bereikbaar te maken; desnoods door bijplaatsing van een of twee extra aansluitklemmen. De meettransformator met omschakelaar en eventueel de voorschakelweerstanden voor lage spanningsbereiken komen dan weer in een afzonderlijk kastje.



Deze curve blijkt, zoals te verwachten is, de resultante te zijn van de voorgaande curven. Tot 1000 p/s maakt de aanwezigheid van de transformator vrijwel niets uit; daarboven valt de curve sneller af.

Tenslotte nog een heel belangrijke kwestie. De meettransformator is bestemd om in combinatie met een draaispoelinstrument te worden gebezigd, die bij een stroomdoorgang van 2 mA volle uitslag levert.

Wat nu te doen met instrumenten van 1 mA, 0,5 mA en 100  $\mu$ A? De oplossing is heel eenvoudig: maak er een 2 mA meter van! Dit kan op de normale wijze, door toepassing van een shunt-weerstand, geschieden.

Zulk een shunt kan men zelf maken van weerstandsdraad of ook van dun koperdraad. Zelfs het ijken kan men zelf verrichten (uitgezonderd bij 100  $\mu$ A instrumenten, tenzij men over een tweede meter beschikt).

Men sluit de meter aan op een gelijkstroombron (batterij of desnoods p.s.a.) waar een spanning van minstens 25 V aanwezig is. Een passende regelbare weerstand moet in serie met de meter opgenomen worden, eerstens als beveiliging.

liging en ten tweede om de meter precies op volle uitslag te kunnen instellen. Nu is het de bedoeling, dat de shunt een zodanige waarde krijgt, dat bij het verbinden met de meter een 1 mA systeem precies de helft gaat aanwijzen en een 0,5 mA systeem een kwart. Door bij- of afwikkelen van draad is de shunt zo nauwkeurig mogelijk te maken.

De shunt wordt niet blijvend met de meter verbonden, omdat men dan voor gelijkspanningsmetingen niet meer van de grote gevoeligheid van het systeem zou kunnen profiteren, terwijl ook reeds aanwezige voorschakelweerstand en shunts niet meer zouden passen. Handiger is het, de shunt met de meettransformator te verbinden. Zodra de meter dan aan de transformator aangesloten wordt, ontstaat automatisch de gevoeligheid 2 mA.

## HET METEN VAN CAPACITEIT EN ZELFINDUCTIE.

Hetgeen over „Stroommetingen met de meetcel” gezegd wordt, is aanleiding om thans eens stil te staan bij een gedeelte, hetwelk het meten van capaciteiten en zelfinducties behandelt. In elk geval is dit de gereede aanleiding om het veelzijdige nut van een meettransformator nog eens aan te tonen en tevens een gelegenheid U eens wat theoretische kost voor te zetten, die direct in de praktijk haar nut afwerpt.

Allereerst is dan een verklaring gewenst van de verschillende termen, die U straks onder het oog zullen komen en licht tot begripsverwarring aanleiding kunnen geven.

Zelfinductie en capaciteit hebben uitsluitend zin en recht van bestaan in verband met veranderende of wisselstromen.

Voor gelijkstroom is een smoorspoel een weerstand zonder meer; het al dan niet aanwezig zijn van de zachtstalen kern heeft totaal geen effect en de ettelijke honderden meters koperdraad op de spoel zouden vervangen kunnen worden door een stukje weerstandsdraad van misschien een meter lengte. Daarentegen gedraagt zich een condensator voor gelijkstroom als een isolator, en wel des te volkomener naarmate de kwaliteit van de isolatie beter is (mica!).

Voor wisselstroom staan de zaken geheel anders; een smoorspoel, aangesloten op een wisselspanning, zal een veel kleinere stroom „doorlaten” dan het geval zou zijn, wanneer een gelijkspanning van gelijke waarde zou worden aangelegd. Daaruit blijkt dus, dat een wisselstroom een grotere weerstand ondervindt; buiten de gewone koperdraad-weerstand bezit een smoorspoel voor wisselstroom dus nog een bijzondere weerstand, welks grootte afhankelijk is van velerlei factoren, als aantal windingen, materiaal en afmetingen van de kern, de luchtspleet en bovendien van de grootte en frequentie van de aangelegde spanning. Zoals bekend, wordt de elektrische waarde van een smoorspoel uitgedrukt in henry (H). Het verband tussen deze waarde en de inductieve weerstand is eenvoudig, en wordt uitgedrukt door de formule:

$$X_L = 6,28 \times f \times L.$$

Hierin is  $X_L$  natuurlijk de inductieve weerstand in ohms, 6,28 is twee maal het bekende getal pi (3,14)  $f$  is de frequentie van de wisselstroom en  $L$  is de zelfinductie in henry. Uit deze formule blijkt, dat  $X_L$  evenredig is met de zelfinduc-



tie, d.w.z. een vergroting van de zelfinductie tot bijv. de dubbele waarde zal ook een tweevoudige verhoging van  $X_L$  ten gevolge hebben.

Wanneer we nu een wisselspanning aan de smoorspoel aanleggen, dan zal de grootte van  $X_L$  de sterkte van de doorgaande stroom bepalen, precies alsof  $X_L$  een normale ohmse weerstand was van gelijke waarde.

Daaruit volgt, dat we ook de wet van Ohm kunnen toepassen en dus uit spanning en stroom  $X_L$  kunnen berekenen, en daaruit weer de zelfinductie afleiden. Condensatoren blijken, wanneer ze in serie met een stroommeter op een wisselspanning worden aangesloten, een bepaalde stroom door te laten, althans de uitslag van de meter zou ons deze conclusie doen trekken.

In werkelijkheid gaat er echter in het geheel geen stroom door de isolatie oftewel het diëlectricum van het ene metaaloppervlak naar het andere, uitgezonderd een heel kleine lekstroom. Wat we meten is de laad- en ontladstroom, die beurteling bij het wisselen van de polariteit der aangelegde wisselspanning naar en weer van de condensator loopt en dus de meter doet uitslaan.

In feite loopt er dus toch een normale wisselstroom in de aansluitdraden van de condensator en we kunnen ons voorstellen, dat de condensator door een weerstand van zodanige grootte vervangen zou kunnen worden, dat de meter precies dezelfde stroom zou aanwijzen. We kunnen dus spreken over een wisselstroomweerstand of capaciteiv-weerstand  $X_C$  van een condensator van zoveel ohm.

De waarde van een condensator drukt men uit in farad of, wat gebruikelijker is, in millioenste delen daarvan (microfarad of  $\mu F$ ). Voor het verband tussen  $X_C$ , de waarde van een condensator en de frequentie geldt:

$$X_C = \frac{1\ 000\ 000}{6,28 \times f \times C}$$

Deze formule ziet er niet zo onschuldig uit als die voor  $X_L$  en is in werkelijkheid ook niet zo makkelijk te hanteren. Er blijkt uit, dat  $X_C$  omgekeerd evenredig is met  $C$ , d.w.z. hoe groter  $C$  is, des te kleiner is  $X_C$  en omgekeerd. Hetzelfde geldt voor de frequenties: voor lage frequenties is  $X_C$  groter dan voor hoge frequenties.

Nu nog iets over de begrippen *reactantie* en *impedantie*. Onder reactantie wordt verstaan de wisselstroomweerstand van een zelfinductie of capaciteit, zoals deze uit de bovenstaande formules afgeleid is.  $X_L$  en  $X_C$  kunnen we dus als reactantie betitelen.

Het is een eigenaardig feit dat er geen spoelen bestaan, die uitsluitend zelfinductie bevatten of condensatoren, die uitsluitend capaciteit bezitten. Altijd zijn de drie eigenschappen zelfinductie, capaciteit en weerstand onverbrekelijk verenigd. Twee ervan kunnen desgewenst verwaarloosbaar klein gemaakt worden, doch geheel te vermijden zijn zij niet en dikwijls moet er terdege rekening mee gehouden worden.

Het begrip reactantie is dus zuiver theoretisch, omdat het betrekking heeft op enkel zelfinductie of capaciteit. In de praktijk hebben we altijd te maken met een samenstelsel van beide, reactanties en weerstand. Zulk een samenstelsel duiden we aan met „*impedantie*”.

Zoals we boven reeds zagen bevat een smoorspoel, buiten de zuiver inductieve weerstand voor wisselstroom, ook nog gewone ohmse weerstand. Het is begrijpelijk, dat beide soorten weerstand gezamenlijk invloed uitoefenen op de stroom die door de smoorspoel gaat en ook tezamen de impedantie bepalen (de capaciteit is hier te verwaarlozen). Meten we de stroom bij een bepaalde spanning, dan volgt uit de wet van Ohm dan ook de impedantie, voorgesteld

$$\text{door } Z, \text{ uit } \frac{E}{I}$$

Om nu uit de impedantie de reactantie  $X$ , die we nodig hebben ter berekening van  $L$ , te voorschijn te halen, is een tamelijk omslachtige berekening nodig, want we kunnen niet eenvoudig de gelijkstroomweerstand  $R$  meten en dan van  $Z$  aftrekken. Als gevolg van een faseverschil, waarop we momenteel niet verder ingaan, dient de stelling van Pythagoras te worden gebruikt. De vraag rijst dus of  $R$  mogelijk buiten beschouwing gelaten kan worden en  $X$  dus gelijkgesteld aan  $Z$ . Dit blijkt praktisch in de meeste gevallen ook wel toelaatbaar.  $R$  wordt, al is het dan om andere redenen, meestal zo laag mogelijk gehouden t.o.v.  $Z$ . In twijfelgevallen en bij uitzonderingen is wat rekenen onvermijdelijk. De invloed van  $R$  op de impedantie volgt uit:

$$Z = \sqrt{X_L + R^2}$$

Als  $Z$  en  $R$  gemeten zijn, dan kan  $X_L$  worden uit:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$$

Bij condensatoren behoeven we ons praktisch nooit om  $R$  en nog minder om  $L$  te bekommeren, althans niet bij metingen bij lage frequenties. Half uitgedroogde electrolytische condensatoren kunnen soms een aanmerkelijke serie-weerstand vertonen, groot genoeg om de meting te beïnvloeden, doch dit is een uitzondering. Er is dus niets op tegen om de gemeten wisselstroomweerstand als  $X_c$  te beschouwen.

Voor het meten van zelfinductie zijn een wisselspanningsbron en een wisselstroommeter benodigd. Als stroommeter is een gelijkrichter met stroomtransformator bij uitstek geschikt. Als wisselspanningsbron kan een transformator dienen; de benodigde spanningen lopen echter nogal uiteen. Normaal is 30 V ongeveer de hoogste spanning die voorkomt. Men zou een oude transformator voor deze spanning kunnen overwikkelen met behoorlijk dik draad en dan tevens van een flink aantal aftakkingen kunnen voorzien.

De meetspanning behoort nl. niet al te veel af te wijken van de bedrijfs-spanning aan de te meten smoorspoel of transformator; te hoge spanningen leveren geflatteerde zelfinductiewaarden en omgekeerd geven te lage spanningen een te somber beeld van de werkelijkheid.

Uitgangstransformatoren en afvlaksmoorspoelen meet men over het algemeen bij  $\approx 30$  V. Voor l.f. transformatoren e.d. is 5 à 10 V juister.

De zelfinductiewaarden, die met deze spanningen bij de netfrequentie van 50 p/s gemeten kunnen worden, liggen ongeveer tussen 1 en 100 H.

Als voorbeeld gaan we nu de zelfinductie van een afvlaksmoorspoel meten.

Daartoe sluiten we de smoorspoel aan op de 30 V aftakking en controleren met de wisselstroommeter hoe hoog de spanning in werkelijkheid is.

Nemen we aan, dat zij inderdaad 30 V bedraagt. Vervolgens schakelen we de meter in voor stroommeting, veiligheidshalve op het grootste bereik, en plaatsen de meter in serie met de smoorspoel. Dan draaien we de schakelaar naar kleinere meetbereiken, tot we tenslotte 8,5 mA aflezen. De wet van Ohm toepassend blijkt:

$$Z = \frac{30 \times 1000}{8,5} = 3530 \text{ ohm te zijn.}$$

Verwaarlozen we R, dan is  $X = 3530 \text{ ohm}$

$$\text{en } L = \frac{3530}{6,28 \times 50} = \frac{3530}{314} = 11,25 \text{ H.}$$

Het is wel interessant eens na te gaan, hoe groot de fout is die we maken door R te verwaarlozen. Stel dat R 500 ohm bedraagt, dan is X:

$$\sqrt{3530^2 - 500^2} = 3490 \text{ ohm}$$

$$\text{en } L = \frac{3440}{314} = 11,11 \text{ H.}$$

U ziet dat de fout niet noemenswaardig is. Aan de hand van dit voorbeeld zal het meten en berekenen van willekeurige zelfinductiewaarden geen moeilijkheden meer leveren.

Voor het meten van capaciteit zijn dezelfde attributen benodigd als voor zelfinductie. Ook de meetmethode is gelijk. Bij het kiezen van de spanning houde men rekening met de vermoedelijke grootte van de condensator. Voor zeer grote waarden tot enkele honderden  $\mu\text{F}$  kan men volstaan met 4 à 6 volt. Kleinere waarden vereisen, om een behoorlijke meteruitslag te leveren, een naar verhouding hogere spanning. Met 30 volt komt men ongeveer tot 25.000 pF.

Om tot  $\approx 5000 \text{ pF}$  te komen zou 100 V nodig zijn. Hogere meetspanningen gaan gevaarlijk worden voor de meter, omdat dan de kans groter wordt, dat twijfelachtige exemplaren „doorslaan”.

Als extra beveiliging zou men een dergelijke condensator eerst eens op een hogere spanning, bijv. 200 à 250 V een „vuurproef” kunnen doen ondergaan alvorens hem te meten. Bovendien is het als altijd raadzaam, de meter in te stellen op het grootste meetbereik en vandaar terug te regelen.

Een meetvoorbeeld: Een condensator, vermoedelijk 1  $\mu\text{F}$ , wordt aangesloten op 30 V. Gemeten wordt 12,2 mA.

$$Z \text{ (of } X) \text{ bedraagt dus: } \frac{30 \times 1000}{12,2} = 2460 \text{ ohm.}$$

$$C \text{ is dan: } \frac{1\,000\,000}{6,28 \times 50 \times 2460} = 1,295 \mu\text{F}$$

Deze formule kan voor „dagelijks gebruik” vereenvoudigd worden, door daling van de zelfinductie tengevolge van gelijkstroom.

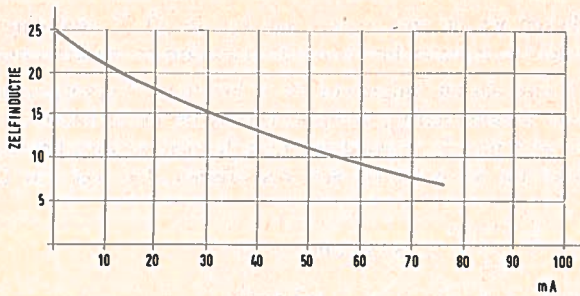


FIG. 1

DALING VAN DE ZELFINDUCTIE  
TEN GEVOLGE VAN GELIJKSTROOM

Nu iets meer over het meten van zelfinducties van transformatoren en smoorspoelen, die door een gelijkstroom voorgemagnetiseerd zijn.

Hieronder vallen vele onderdelen, die in de radio- en l.f. techniek toepassing vinden: microfoon- l.f. transformatoren, uitgangs-, aanpassings- en modulatie-transformatoren, benevens de verschillende smoorspoelen.

Kennis van het gedrag van deze onderdelen kan vaak van veel belang zijn, doch het directe meten van de zelfinductie onder bedrijfsomstandigheden, dus bij aanwezigheid van gelijkstroom, is een tamelijk gecompliceerde kwestie waarvoor verschillende oplossingen bedacht zijn. De methode die wij hier beschrijven zullen, is wel een der eenvoudigste en wordt door ons reeds enige jaren toegepast. Het succes ervan is voor een belangrijk deel te danken aan de stroomtransformator, zoals we straks zullen zien.

Het is een bekend feit, dat de aanwezigheid van gelijkstroom in een wikkeling die om een zachtstalen kern gelegd is, een verkleining van de zelfinductie veroorzaakt.

Fig. 1 toont een curve, die de daling van de zelfinductie bij toenemende sterkte van de gelijkstroom weergeeft. Het is dus niet mogelijk om bij een soortgelijk onderdeel over de zelfinductie te spreken, tenzij er dan tevens de sterkte van de gelijkstroom bij genoemd wordt. Zelfs dit is eigenlijk nog niet voldoende, want ook de grootte van de *wisselstroom* heeft een niet onbelangrijke invloed op de gedragingen van een smoorspoel of transformator. We dienen daarom bij de meting ook een wisselspanning aan te leggen, die overeenkomt met de praktijkwaarde en deze spanning bij de uitkomsten van de meting te noteren.

Minder belangrijk voor de meetnauwkeurigheid is de frequentie van de wisselstroom, waarmee we meten, waardoor het mogelijk is de 50 perioden stroom van het lichtnet te bezigen. Bij een meting als de onderhavige is het de grootste moeilijkheid, de wisselstroom en de gelijkstroom daar te krijgen waar wij ze wensen. In de schakeling volgens fig. 2 is dit als volgt opgelost. De wisselstroom voor de meting, die we betrekken van een afgetakte transformator, loopt via de te meten smoorspoel of transformatorwikkeling  $L_x$ , de wisselstroommeter en een zeer grote condensator  $C$ . Uitgezonderd deze condensator, die echter als gevolg van zijn grootte totaal geen invloed op de meteruitslag heeft, is dit dus dezelfde schakeling als we reeds bespraken.

De impedantie van  $Z$  en  $L_x$  kan afgeleid worden uit de transformatorspanning, gedeeld door de gemeten stroom, in ampères uitgedrukt. Voor zelfinducties met geringe gelijkstroomweerstand bedraagt de zelfinductie dan  $\frac{Z}{314}$  wanneer de meetfrequentie 50 p/s is.

Het spreekt vanzelf, dat de aanwezigheid van  $C$  slechts verwaarloosd kan worden, wanneer zijn impedantie zeer klein is in vergelijking met die van  $L$ .

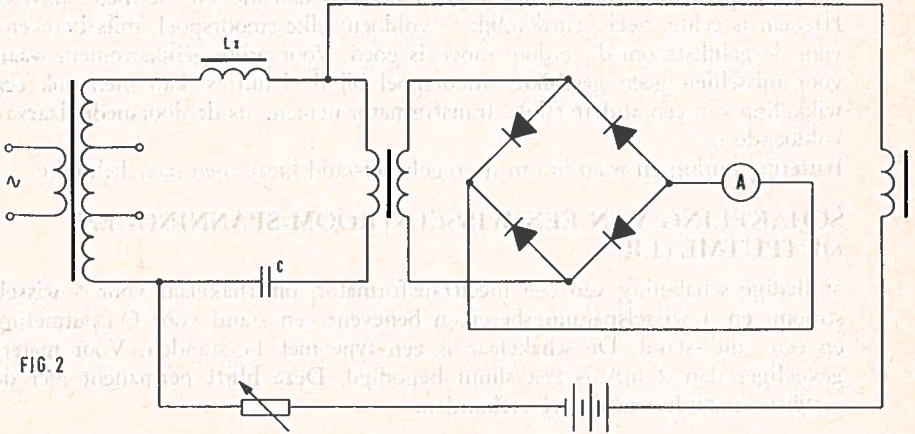


FIG. 2

Van de grootte van  $C$  zal het dus afhangen, wat de kleinste zelfinductie zal zijn, die men kan meten. Kiest men voor  $C$  een elektrolytische condensator van  $200 \mu\text{F}$ , dan heeft deze voor 50 p/s een impedantie van 16 ohm. Nemen we aan dat dit hoogstens 50 % mag zijn van de impedantie van  $L$ , dan ligt de minimumwaarde van  $L$  bij 1 H.

De maximale  $L$ -waarde wordt bepaald door de kleinste stroom die op de stroommeter nog afleesbaar is zonder al te grote fout. Het blijkt, dat we met een meetspanning van bijv. 10 volt tot een  $L$  van 200 à 300 H kunnen komen. Tussen deze grenzen vallen vrijwel alle voorkomende zelfinductiewaarden. Het overige deel van de schakeling omvat het gelijkstroomcircuit. Een of andere gelijkstroombron is via een regelweerstand en een smoorspoel aangesloten over meter en condensator in de juiste richting in verband met de polariteit van  $C$ . Voor de gelijkstroom staan nu twee wegen open: via  $C$  en de meter en via de transformator en de te meten  $L$ .  $C$  is natuurlijk aangebracht om te voorkomen dat de gelijkstroom in zijn geheel via de meter zou lopen; nu blijft er alleen een geringe lekstroom over, die de primaire wikkeling van de stroomtransformator doorloopt, maar geen uitslag van de meter kan veroorzaken. Wel is het zaak, dat deze lekstroom werkelijk zeer gering is, omdat de nauwkeurigheid van de meting er door beïnvloed wordt. De kwaliteit van  $C$  dient dus zeer goed te zijn. Een andere kwestie is de werkspanning van  $C$ . Aan  $L_x$  en de secundaire van de transformator, die de spanning levert, ontstaat een spanningsval bij doorgang van de gelijkstroom, die nooit zo groot mag zijn dat de veilige werkspanning van  $C$  overschreden wordt; dit komt praktisch bij normale uitvoeringen van

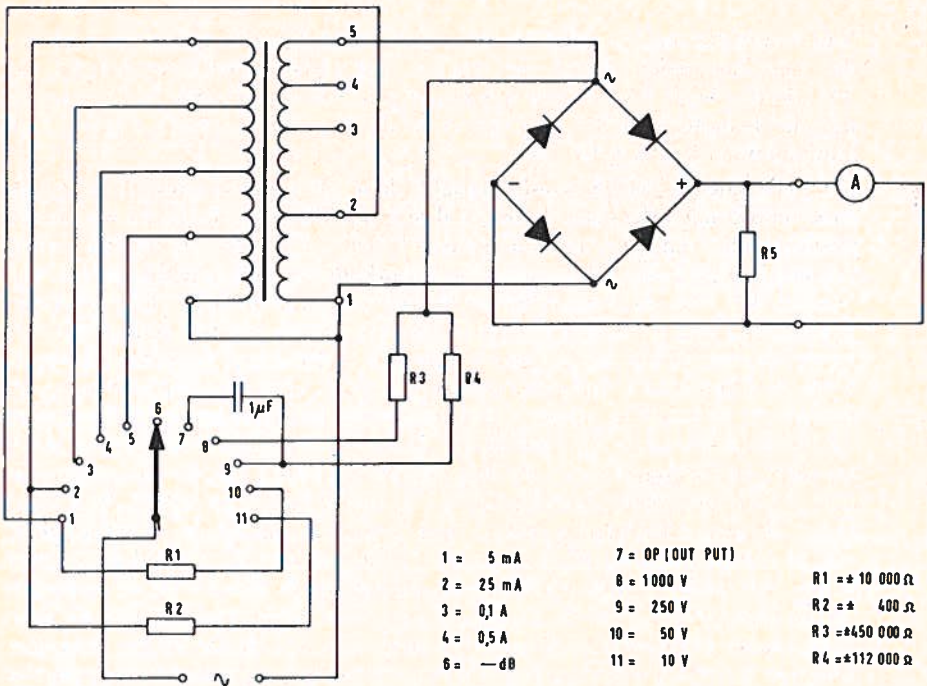
Lx niet voor. Een uitzondering maken veldspoelen aan elektro-dynamische luidsprekers.

Hier zou C zolang door een zo groot mogelijke papiercondensator vervangen kunnen worden. Dit is wel uitvoerbaar, omdat in dit geval de zelfinductie ook vrij groot is. Evenals we de gelijkstroom buiten de meter houden door C, moeten we beletten, dat de wisselstroom een nevenweg, buiten de meter om, door het gelijkstroomcircuit zou vinden. Hiertoe dient de smoorspoel in deze ketei. Bijzonder hoge eisen worden aan dit onderdeel niet gesteld; hoofdvereiste is, dat de impedantie aanmerkelijk hoger moet zijn dan die van de meter plus C. Hieraan is echter zeer gemakkelijk te voldoen; elke smoorspoel, mits berekend voor de gelijkstroom die erdoor moet, is goed. Voor grote gelijkstromen, waarvoor misschien geen geschikte smoorspoel bij de hand is, kan men ook een wikkeling van een andere flinke transformator nemen, als de doorsnede daarvan voldoende is.

Batterijspanning en waarde van de regelweerstand kieze men naar behoefte.

### SCHAKELING VAN EEN WISSELSTROOM-SPANNING- EN OUTPUTMETER.

Volledige schakeling van een meettransformator, omschakelaar voor 5 wisselstroom- en 4 wisselspanningsbereiken benevens een stand voor Outputmeting en een „uit“-stand. De schakelaar is een type met 11 standen. Voor meters gevoeliger dan 2 mA is een shunt benodigd. Deze blijft permanent met de gelijkstroomzijde van de cel verbonden.





## Examenvragen

65-042

1. Met de Brug van Wheatstone meten we een onbekende weerstand.

De ingestelde standen geven:

$$R_1 = 10 \text{ ohm.}$$

$$R_2 = 15 \text{ ohm.}$$

$$R_3 = 25 \text{ ohm.}$$

Wat is de waarde van de onbekende weerstand  $R_x$ ?

2. De transformatieverhouding van de primaire- en de secundaire wikkeling van een trafo is: 1 : 3.

De primaire spanning is 220 V; het aantal primaire windingen is 300.

Bereken:

1. de secundaire spanning,
  2. het aantal windingen van de secundaire wikkeling.
3. Een hijskraan heeft een vermogen van 60 pk.  
Met deze kraan wordt een betonnen voetstuk met een gewicht van 15000 kg drie meter omhoog gehesen.

Bereken in welke tijd deze arbeid door de hijskraan kan worden verricht.

4. Een stroom van 6 A wordt door een koperdraad, met lengte van 500 meter, gestuurd.

Deze draad is op een spanning van 24 V aangesloten;  $sw. = 0,0175$ .

Bereken de doorsnede van de koperdraad.

5. Op een kWh-meter is aangegeven: 220 V, 600 omw. = 1 kWh, 50 perioden, 10A.

Bereken het vermogen van een motor, welke op deze meter mag worden aangesloten.

## HET METEN.

Allereerst overtuige men zich, dat de stroommeter op het grootste bereik staat ingesteld. Dan wordt, met behulp van een mA meter, de gelijkstroom op de gewenste waarde gebracht, waarna de impedantie bepaald kan worden op de reeds uiteengezette wijze. Men dient er rekening mede te houden, dat bij variaties in de gelijkstroom en speciaal bij het verbreken daarvan de wisselstroommeter gevoelige tikken krijgt. Veranderingen aan de gelijkstroomzijde moeten dus immer plaats vinden bij een kortgesloten of een op het grootste bereik ingestelde stroommeter.

# Uitzetten van vaste stoffen en gassen

B. van Zanten

65-043

Door verschillende proeven is aan te tonen, dat een lichaam bij verwarming uitzet, terwijl ook bekend is, dat door de uitzetting van de stof hierin grote spankrachten kunnen ontstaan.

We denken hierbij aan de bekende *ring en bol van 's-Gravensande*. (zie fig. 1)

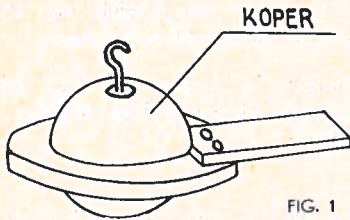


FIG. 1

Een massieve koperen bol past in koude toestand precies in een koperen ring en kan daar juist door passeren. Verwarmen we de bol tot een temperatuur  $t_w$ , dan blijkt dat het passeren van de bol door de ring niet meer mogelijk is. Met andere woorden, de bol blijft op de ring liggen. Koelen we de bol weer af tot de aanvangstemperatuur  $t_k$ , dan constateren we, dat de bol weer door de ring kan passeren. Hiermee is duidelijk aangetoond, dat door verhoging van de temperatuur een lichaam uitzet. Het optreden van een grotere spankracht is aan te tonen met de *proef van Tyndall*, (zie fig. 2).

Een zachtstalen staaf AB is aan het ene einde voorzien van schroefdraad, terwijl het andere einde zodanig is omgezet dat

een opening is ontstaan. Hierdoor is een glazen staafje CD gestoken, dat rust tegen de steunpunten E en F. Door de vleugelmoer D aan te draaien komt het glazen staafje dus vast tegen laatst genoemde steunpunten aan te rusten. Wanneer nu de staaf AB wordt verwarmd, blijkt men de vleugelmoer D weer te kunnen aandraaien. Hieruit volgt dus, dat door verwarming de staaf AB langer is geworden. Wanneer we nu de staaf afkoelen, dan oefent deze een dusdanige kracht uit op het glazen staafje CD dat dit breekt.

Wanneer we op een zachtstalen staaf op onderling gelijke afstanden merkstrepen aanbrengen en we zorgen dat deze staaf gelijkmatig wordt verwarmd, dan blijkt, dat de uitzetting over de gehele lengte van deze staaf praktisch hetzelfde is. Met andere woorden: de toename van de lengte van een willekeurige lijn in een lichaam mag evenredig aan de temperatuursverhoging worden aangenomen. Geheel juist is deze stelling niet. Bij een nauwkeurige analyse blijken kleine afwijkingen op te treden, die echter meestal worden verwaarloosd en dan ook buiten beschouwing zullen blijven.

Eventuele metingen zijn ook te verrichten met het toestel van *Musschenbroek*, waarbij opgemerkt dient te worden, dat de uitkomsten niet nauwkeurig zijn. (zie fig. 3) Een metalen staaf AB rust met het uit-

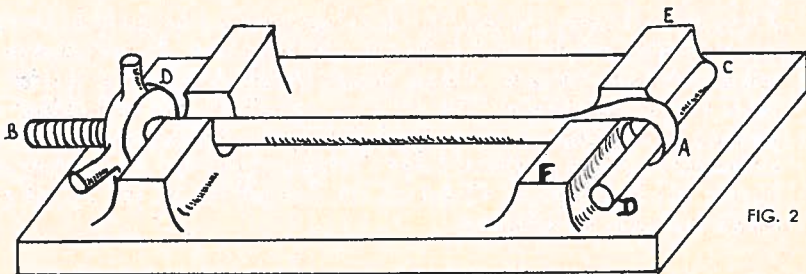


FIG. 2



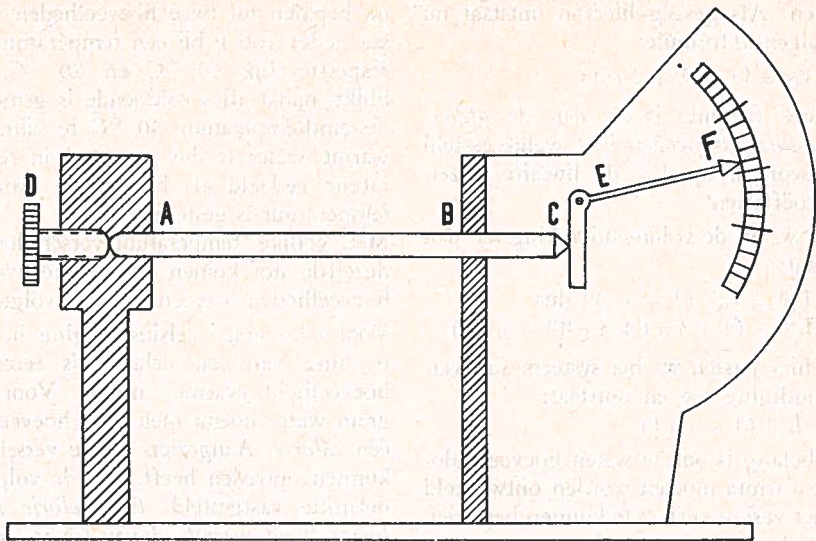


FIG. 3

einde C tegen een hefboom E. Deze hefboom drukt tegen de wijzer F, welke zich langs de schaalverdeling kan verplaatsen. Verwarmt men de staaf AB, dan zien we de wijzer zich verplaatsen aangezien de staaf langer wordt. Koelen we deze af dan krimpt het materiaal en keert de wijzer naar zijn uitgangsstand terug. De breuk, die aangeeft met welk deel de lengte van een lijn in het lichaam toeneemt bij elke °C temperatuursverhoging, wordt de *lineaire uitzettingscoëfficiënt* genoemd en wordt aangegeven met de letter  $\alpha$ . Enkele gemiddelde lineaire uitzettingscoëfficiënten tussen 0 en 100 graden zijn hieronder weergegeven.

De totale lengte van de staaf bij  $t$  °C laat zich dan berekenen met de formule:

$$L_t = L_0 + L_0 \times \alpha \times t \quad \text{of} \\ L_t = L_0 (1 + \alpha t)$$

Interessant is ook, om eens te kijken wat er gebeurt indien een vierkant plaatje wordt verwarmd. Indien we aannemen dat de zijden een lengte bezitten van  $L_0$  meter bij een temperatuur van 0 °C en we verwarmen dit materiaal tot  $t$  °C, dan wordt de lengte van elke zijde:

$$L_t = L_0 (1 + \alpha t)$$

De oppervlakte  $O_t$  wordt dan:

$$O_t = L_t^2 = L_0^2 (1 + \alpha t)^2 \quad \text{of} \\ O_t = O_0 (1 + 2 \alpha t + \alpha^2 t^2)$$

aluminium	$23 \times 10^{-6}$	brons	$18 \times 10^{-6}$	messing	$19 \times 10^{-6}$
goud	$15 \times 10^{-6}$	koper	$17 \times 10^{-6}$	staal	$12 \times 10^{-6}$
nieuw zilver	$18 \times 10^{-6}$	nikkel	$13 \times 10^{-6}$	zilver	$19 \times 10^{-6}$
ijzer	$12 \times 10^{-6}$	wolfram	$35 \times 10^{-6}$	glas	$8 \times 10^{-6}$
tin	$23 \times 10^{-6}$	eboniet	$80 \times 10^{-6}$		

Wanneer we de lengte van een staaf bij °C aanduiden door  $L_0$  en bij  $t$  °C met  $L_t$ , dan is de *verlenging* bij 1 °C:  $L_0 \times \alpha$ . Bij  $t$  graden zal deze zijn:  $L_0 \times \alpha \times t$ .

Is bijv.  $\alpha = 0,000014$ , dan is  $\alpha^2 = 0,000000000196$ , dus  $\alpha^2 t^2$  is dan  $0,000000000196 t^2$ . Hieruit zien we, dat zonder bezwaar  $\alpha^2 t^2$  verwaarloosd kan

worden. Als gevolg hiervan ontstaat nu de volgende formule:

$$O_t = O_0 (1 + 2 \alpha t)$$

In deze formule is  $2\alpha$  dan de *oppervlakte-uitzettingscoëfficiënt*, welke gesteld mag worden op  $2 \times$  de lineaire uitzettingscoëfficiënt.

Gaan we nu de volume-uitzetting na, dan ontstaat:

$$L_t^3 = L_0^3 (1 + \alpha t)^3 \text{ dus} \\ L_0^3 = (1 + 3 \alpha t + 3 \alpha^2 t^2 + \alpha^3 t^3)$$

Ook hier passen we het systeem van vereenvoudiging toe en ontstaat:

$$L_t^3 = L_0^3 (1 + 3 \alpha t).$$

Van belang is ook te weten hoeveel calorieën warmte moeten worden ontwikkeld om het vereiste effect te kunnen bereiken. Als zodanig zullen we dus eerst moeten weten wat onder een *calorie* wordt verstaan en alles wat met deze materie heeft te maken. Wanneer we bij vermenging van gelijke hoeveelheden van eenzelfde stof, die verschillende temperaturen hebben, de eindtemperatuur bepalen, dan blijkt dat deze het gemiddelde bedraagt van de oorspronkelijke temperaturen samen.

We moeten er van uitgaan, dat de aggregaattoestand van de bestanddelen niet verandert en er geen warmte verloren is gegaan of wordt opgenomen. Met andere woorden, het ene bestanddeel zal evenveel graden in temperatuur stijgen als het andere in temperatuur zal dalen. Wanneer we ons

nu bepalen tot twee hoeveelheden water van ieder 100 g bij een temperatuur van respectievelijk 10 °C en 70 °C, dan blijkt, nadat alles voldoende is gemengd, de eindtemperatuur 40 °C te zijn. Het warme water is dus evenveel in temperatuur gedaald als het koude water in temperatuur is gestegen.

Met gelijke temperatuursverschillen bij dezelfde stof komen dus gelijke warmtehoeveelheden overeen. Hieruit volgt:

Voor elke graad celsius stijging in temperatuur van een lichaam is eenzelfde hoeveelheid warmte nodig. Voor één gram water noemt men deze hoeveelheid één *calorie*. Aangezien kleine verschillen kunnen optreden heeft men de volgende definitie vastgesteld. *Een calorie is de hoeveelheid warmte die nodig is om één gram water van 14,5 °C tot 15,5 °C te verwarmen.*

Een kilocalorie = 1000 calorieën = 1 kcal. Voor verwarming van 2 kg water van 14,5 tot 15,5 °C zijn dus 2000 calorieën nodig. Het is begrijpelijk, dat voor andere stoffen grotere of kleinere hoeveelheden warmte nodig zijn. De verhouding tussen de hoeveelheid warmte die nodig is om 1 kg van een stof 1 °C te verhitten en de hoeveelheid warmte die daartoe bij water nodig is, noemt men de *soortelijke warmte van die stof*.

De volgende tabel laat u enige getallen zien van de gemiddelde soortelijke warmte tussen 0 °C en 100 °C voor metalen, vaste stoffen en vloeistoffen.

metalen		vloeistoffen		vaste stoffen	
aluminium	0,210	aether	0,540	beton	0,270
goud	0,031	alcohol	0,580	glas	0,200
koper	0,094	benzol	0,400	marmer	0,210
messing	0,092	petroleum	0,500	steenkool	0,310
nikkel	0,110	zwavelzuur	0,330	ijs	0,500
silver	0,056	ammonia	1,000	zwavel	0,180
staal	0,115				

Samenvattend kunnen we dus stellen, dat onder soortelijke warmte van een stof wordt verstaan, het aantal calorieën, dat nodig is om 1 gram van die stof 1 °C te verwarmen. De apparaten welke deze eenheid bepalen noemt men *calorimeters*. (zie fig. 4).

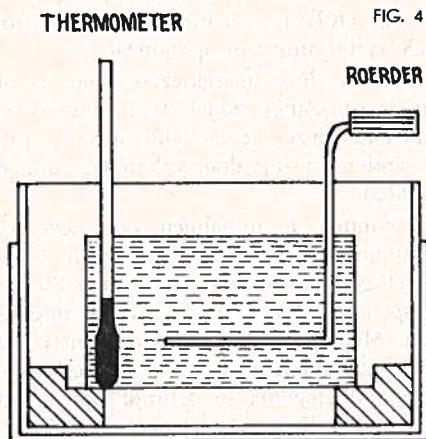


FIG. 4

Dit instrument bestaat uit een bakje, dat van koper is vervaardigd en waarin een zekere hoeveelheid water is gegoten. Aangezien vermeden moet worden, dat de calorimeter aan de omgeving warmte afstaat of opneemt, heeft men deze bak op een aantal kurken geplaatst en voorts omgeven door een tweede wijdere bak. Laatstgenoemde bak is altijd omgeven door een isolerende stof, terwijl zich in de binnenbak een roerder en een thermometer bevinden. Wanneer we in deze bak een hoeveelheid stof van een hogere tem-

peratuur brengen, dan zal de temperatuur van de calorimeter stijgen en tevens natuurlijk ook van wat zich in de bak bevindt. Met behulp van berekeningen is de *warmtecapaciteit of waterwaarde* van de calorimeter te bepalen, terwijl tevens de *soortelijke warmte* van een materiaal is vast te stellen.

Gassen zetten bij verwarming in veel sterkere mate uit dan vaste stoffen en vloeistoffen. Verwarmt men een afgesloten hoeveelheid gas, terwijl men de druk constant houdt, dan wordt het volume groter. Daarentegen wordt de druk hoger indien men het volume even groot houdt. Hieruit volgt, dat bij verwarming van een hoeveelheid gas zowel de druk als het volume kunnen veranderen. Indien we de kubieke uitzettingscoëfficiënt voor een gas willen bepalen dienen we te zorgen dat de spanning van het gas niet wijzigt.

De Franse geleerde, Gay Lussac heeft vastgesteld dat de kubieke uitzettingscoëfficiënt van elk gas =  $0,003663 = \frac{1}{273}$  is.

Het volume van een gas bij 1 °C temperatuursverhoging neemt dus toe met  $\frac{1}{273}$  van zijn oorspronkelijke volume bij 0 °C.

Nu we enig inzicht hebben gekregen in lineaire uitzetting en wat daarmee samenhangt, zullen we in het volgende artikel het thermorelais en de thermostaten aan een beschouwing onderwerpen.

In een knooppuntcentrale begonnen klachten binnen te komen van aangesloten op de eindcentrales van:

- overspreken; men kon gesprekken beluisteren;
- hevige kiesimpuls-tikken door de gesprekken;
- men komt op een dode lijn en hoort niets.

In de drukste eindcentrale — van waar de meeste klachten kwamen — is kortgeleden een uitbreiding tot stand gekomen en werd de automaat van 3 op 4 cijfers gebracht. Hoewel hier goed getest was en de kiezers gereviseerd waren, zou de mogelijkheid kunnen bestaan, dat een minder goed ingestelde kiezer gemakkelijk tussen de contacten geraakte. Voor de hand lag dus, dat men hier nog eens een minitieuus onderzoek instelde en proefverbindingen draaide; er kwam niets naar voren, dat in de richting van bovengenoemde klachten leidde.

Men besloot de volgende morgen vroeg eens op de mengkiezers te letten; hiervan staan er twee kolommen, elk met 8 raampjes voor 10 kiezers.

Zoals fig. 1 laat zien komt een abonnee uit een eindcentrale (EC), na op de eerste groepkiezer (I GK) een 0 te hebben gedraaid via een uitgaande en een in-

komende gelijkstroomoverdrager (UGO en IGO) in de knooppuntcentrale (KC) aan op een mengkiezer (MK). Dit is een draaikiezer met 17 uitgangen, welke hem verbindt met een richting-tijdzone-overdrager (RTZ), waarmee hij een interlokale verbinding kan opbouwen.

Tien van deze mengkiezers staan naast elkaar opgesteld, zodat de 17 uitgangen van elke kiezer gemakkelijk met die van de andere kiezers doorverbonden kunnen worden.

Zo kunnen de uitgangen van meerdere raampjes (i.c. 8) nog weer 2 aan 2 parallel gelegd worden, zodat men 80 ingangen krijgt met  $4 \times 17 = 68$  uitgangen. Men kan hieraan dus 80 lijnen van EC's aansluiten en deze — aangezien ze nooit alle tegelijk in gebruik zijn — in verbinding brengen met maximaal 64 — in ons geval 55 — RTZ's.

Theoretisch is het denkbaar, dat op een gegeven moment  $2 \times 10 = 20$  en nog wel enkele MK's met hun contacten op dezelfde RTZ ingesteld staan. Komt echter over één van deze lijnen een oproep binnen, waardoor de RTZ in beslag genomen wordt, dan stappen alle overige MK's verder op zoek naar een andere vrije RTZ. Dit wordt door een T-relais in elke MK bewaakt; dit relais staat in rust aangehouden.

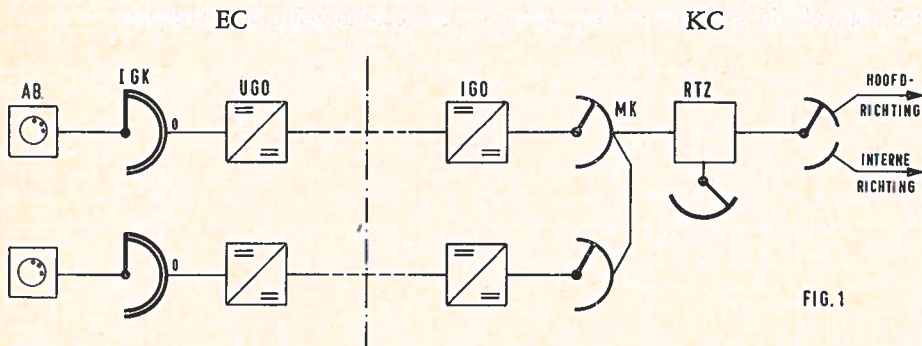


FIG. 1

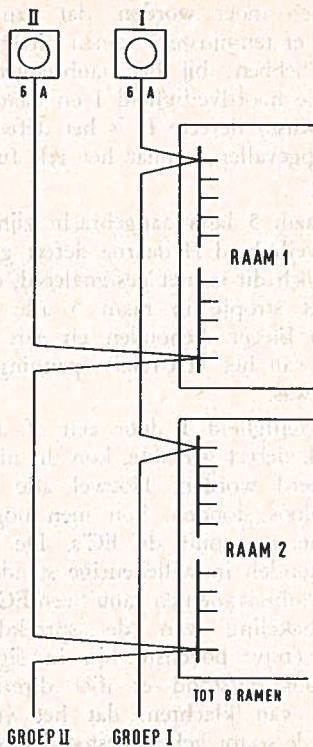


FIG. 2

Toen men in het omschreven geval van enkele ramen met MK's de kap verwijderd had, bleken alle T-relais van de kolom stroomloos te zijn, hetgeen dus zeer abnormaal was.

De gelijkstroomvoeding van 60 V geschiedt voor een kolom (8 ramen) via 2 hoofdveiligheden, elk van 6 A. Het is niet zò, dat elke veiligheid 4 ramen voedt, doch elke veiligheid voedt van elk raam 5 MK's; door het defect zijn van een veiligheid kunnen dus niet 4 ramen geheel uitgeschakeld worden, doch van 8 ramen elk de helft; zie fig. 2.

In fig. 3 is getekend hoe het defect zijn van een hoofdveiligheid door een HA-relais als groot alarm wordt gesignaleerd. Wanneer nl. één van beide stuk gaat en achter deze veiligheid wordt stroom ge-

vraagd, dan moet deze aangevoerd worden door de HA-wikkeling van 2000 ohm. Dit relais komt daardoor op en schakelt met zijn contacten een blauwe lamp in.

Bij het constateren dat alle T-relais afgevallen waren, zag men dat de veiligheid van groep I defect was. Toen deze door een nieuwe werd vervangen, draaiden de MK's weer.

Vraag was toen: Waardoor is de defecte veiligheid niet gesignaleerd?

Bij het losdraaien van een hoofdveiligheid bleek het relais niet op te komen; de oorzaak kon gelegen zijn in een geïsoleerde of een kortgesloten wikkeling. Teneinde dit te kunnen constateren werden de beide aansluitdraadjes losgesoldeerd; toen men evenwel spanning en aarde op de stiften bracht, trok het relais normaal aan.

Op de beide draadeindjes bleek batterij te staan, hetgeen normaal zou zijn, ware het niet, dat bij het losdraaien van veiligheid II ook op het linkerdraadeinde spanning bleef staan. Dit wees op een sluiting in het rek tussen de beide groepen.

Het stuk voor stuk lossolderen van de draden om de fout te localiseren zou veel stagnatie in het verkeer geven. Door de bijeengebonden draadbundel los te knippen zou men kunnen nagaan:

- a. of er een isolatiefout tussen de blauwe (stroom)draden zou bestaan (hetgeen niet goed denkbaar was)
- b. of er misschien een verwisseling in de blauwe draden aanwezig was.

Ook dit bleek niet het geval te zijn.

Bij verdere nauwkeurige beschouwing zag men dat op raam 5 het (constructief) aanwezige stropje tussen de 5e en de 6e fijnveiligheid (zie fig. 3) niet was weggeknipt. Hier zat dus de koppeling tussen de beide groepen!

Toen dit stropje was weggeknipt, werd

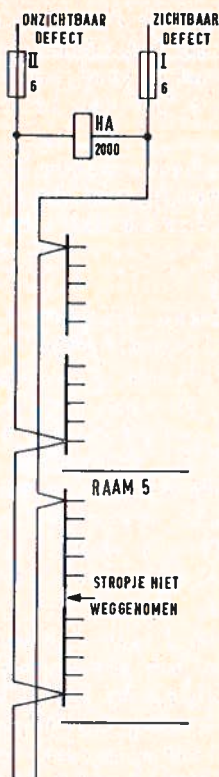


FIG. 3

er hoofdalarm van het rek gesignaleerd, hetgeen niet te verwachten was. Dit bleek echter zijn oorzaak te vinden in het defect zijn van hoofdveiligheid II, waarvan op het oog niets te zien was. Deze kon reeds geruime tijd defect geweest zijn, zoals uit het volgende blijkt.

De gemelde klachten waren hiermede echter verklaard.

De kolommen voor 8 ramen MK's worden van de fabriek geleverd met de kolombedradings erin, als hierboven omschreven. Veelal zijn niet direct alle 8 ramen aanwezig, aangezien deze bij behoefte kunnen worden aangebracht. Aan-

genomen moet worden, dat van deze kolom er tenminste 5 ramen direct ingezeten hebben; bij het aanbrengen van eerst de hoofdveiligheid I en daarna de (onbewust) defecte II is het defect zijn niet opgevallen, omdat het rek functioneerde.

Zou raam 5 later aangebracht zijn, dan moet veiligheid II daarna defect geraakt zijn, doch dit is niet gesignaleerd, omdat via het stropje in raam 5 alle MK's stroom bleven behouden en aan beide zijden van het HA-relais spanning aanwezig was.

Toen veiligheid I door een of andere oorzaak defect geraakte, kon dit niet gesignaleerd worden. Hoewel alle MK's stroomloos stonden, kon men nog wel telefoneren vanuit de EC's. De MK's toch stonden in willekeurige standen en bij het inbeslagnemen vanuit een EC vond doorschakeling van de spreekdraden plaats (bijv. bovenste lijn in fig. 1). Daardoor ontstond er niet direct een stroom van klachten, dat het verkeer vanuit de sector geheel gestoord was.

Wanneer evenwel een verbinding opgebouwd was, dan stond er van de overige 79 MK's zeker wel één parallel op de ingebruik zijnde RTZ; onderste lijn in fig. 1.

Draaide een andere oproeper een 0, dan kon hij via zijn MK parallel op de ingebruik zijnde lijn komen. In de regel luistert men na de 0 niet scherp, maar draait direct de andere cijfers van het netnummer, hetgeen in de sprekende verbinding sterke kiesklikken tengevolge had. Bij het wachten op 2e kiestoon bleek men dan tot zijn verwondering een staand gesprek te kunnen beluisteren. Een „dode" lijn kreeg men van de MK's, welke toevallig in de nulstand stonden.

Deze fout is er gelukkig weer uit!

Bij J. B. Wolters Uitgeversmaatschappij N.V. te Groningen zijn de volgende boekjes verschenen:

- a. Part-time Natuurkunde 1.
- b. Part-time Natuurkunde 1 controle-oefeningen.
- c. Part-time Natuurkunde 1 antwoorden controle-oefeningen.

Deze boekjes zijn van belang voor leerlingen die hun opleiding via een leerlingstelsel achter de rug hebben, en voor leerlingen van cursussen die aansluiten op een Technische school.

In deze boekjes is de behandelde stof ingedeeld in „Taken”, zoals onderstaand overzicht laat zien.

#### Taak

##### *Bouw van de stof.*

1. Atomen.
2. Moleculen.

##### *Warmte.*

3. Het meten van temperaturen.
4. Uitzetting en krimp.
5. Warmte: bronnen, transport en hoeveelheid.
6. Smelten en verdampen.
7. Stollen en condenseren. Destilleren.
8. Verbrandingswarmte en nuttig effect.

##### *Elektriciteit.*

9. Stroombronnen. Spanning. Stroom. Weerstand.

10. Transport en vermogen van elektriciteit.

11. Elektriciteit: Beveiliging en warmte,
12. Verlichting.

##### *Soortelijk gewicht.*

13. Gewicht, volume en soortelijk gewicht.
14. Areometer. Legeringen en mengsels.
15. Legeringen en mengsels.
16. Herhaling.

Genoemde leerstof is op een duidelijke en overzichtelijke wijze behandeld, terwijl een en ander verlicht is met prachtige foto's en voor zichzelf sprekende tekeningen.

Wij menen, dat de gevolgde methode zeer geschikt is om les te geven, zeker in het kader van de genoemde vooropleidingen en bevelen deze boekjes dan ook gaarne aan.

De boekjes, die onder redactie van P. Eijkenaar, H. F. J. Hesselfelt en A. Quak geschreven zijn door N. W. Velders, zijn bij bovengenoemde Uitgever te bestellen.

- a. Per ex. à f 5,90,
- a. Per 20—50 ex. à f 5,30,
- a. Per 51—100 ex. à f 5,—,
- a. Per 101 en meer ex. à f 4,70.
- a. Antwoorden f 0,75.
- b. Controle oefeningen f 1,25,
- c. Antwoorden controle oefeningen, gratis voor leerkrachten.

De Redactie

# Nuttig onderhoud van telefooncentrales

65-046

door H. W. Ydo

(Vervolg van blz. 137)

*Onderzoekingen met een kleine periodiciteit genieten de voorkeur.*

Uit de formule  $S = \frac{f}{D}$  blijkt dat de factor D groot moet zijn om de storingskans S kleiner dan de gestelde waarde te maken. Zoals reeds is vermeld is:

S = de storingskans.

f = aantal gestoorde stroomlooperperioden.

D = totaal aantal stroomlooperperioden.

Dit bereikt men door de frequentie van de onderzoekingen zoveel te vergroten als economisch te verantwoorden is.

Het laatste is te bepalen door het reeds eerder besproken nuttigheidscijfer.

$$\left(N = \frac{c.f}{t}\right)$$

Hieruit blijkt dat men de factor D klein moet houden om N een aanvaardbare waarde te geven.

Samenvattend is te concluderen dat onderhoudshandelingen van een korte tijdsduur en van een redelijke frequentie de voorkeur genieten,

*Welke storingen komen veelvuldig voor.*

Hiervan kan gezegd worden dat verreweg het grootste deel van de door *abonnees en personeelswaarnemingen gemelde storingen*, gevonden hadden kunnen worden met *zeer weinig tijdvergende onderhoudshandelingen*.

De besproken handelingen gaven een inzicht van het verband tussen de periodieke onderzoekingen en de gemelde storingen.

Hiermee is te bewijzen dat de hiervoor ontwikkelde theorie als juist is aan te nemen.

Een voorbeeld moge dit verduidelijken.

In een districtscentrale met ruim 200 TZO's werden in 1963 een totaal van 29 gemelde fouten genoteerd.

Van deze 29 meldingen is de verdeling als volgt:

<i>Handelingen</i>	<i>Onderhoudstijd per 100 TZO's</i>	<i>Aantal gemelde fouten per jaar</i>
Beleggen door middel van 5'' impuls	10 minuten	6
Beleggen en netnummer kiezen	45 minuten	10
Beleggen en beantwoorden	90 minuten	1
Controle telimpulsen A-B en C zône	3½ uur	5
Onderzoek speciale diensten, niet aangesloten netnummer en draadbreekalarm	3½ uur	4
Relaisonderzoek	10 uur	1
Onderzoek impulsgever en herhaler	13 uur	2

Duidelijk komt hier naar voren dat het grootste deel van de gemelde storingen



(17) door middel van onderhoudshandelingen met een tijd van minder dan één uur per 100 apparaten gevonden had kunnen worden. De motorkiezers (1440 stuks) vertonen hetzelfde beeld, de verdeling is als volgt:

<i>Handelingen</i>	<i>Onderhoudstijd per 100 motorkiezers</i>	<i>Aantal gemelde fouten per jaar</i>
Inbeslag nemen, controle motorkontacten	40 minuten	55
Controle instelling, kiestoon en bezettoon	46 minuten	32
Onderzoek stroomloos schakelen	3 uur en 20 min.	17
Controle relais	4 uur en 10 min.	0
Meten P relais	3 uur en 6 min.	41
Onderzoek op het wegdraaimoment	1 uur en 24 min.	13
Controle rem-, rust-, markeer- en eindpunten	24 uur en 36 min.	5

Ook hier is te zien, dat de meerderheid, nl. 87 stuks, van deze gemelde storingen met een onderhoudstijd van minder dan 1 uur per 100 apparaten gevonden had kunnen worden.

Over het algemeen kan men zich ook voor het laten uitvoeren van onderhoudshandelingen door dezelfde gedachte laten leiden.

De weinig tijd vergende testhandelingen blijken dan relatief de meeste fouten op te leveren.

Een uitzondering hierop vormen sommige metingen, zoals bijv. het meten van testrelais. (P relais van de motorkiezers).

Wil men toch een veel tijd vragende test laten uitvoeren dan doet men goed de steekproefmethode te hanteren.

Hiermee verkrijgt men een juist inzicht in de nuttigheid en het belang van de eventueel later te verrichten onderhoudshandelingen.

### *Steekproefmethode.*

Apparaten met een groot aantal stroomlopen, zoals bijv. TAO's, vertonen dikwijls een aantal onderzoekshandelingen, waarvan de periodiciteit evenals de daaraan te besteden onderhoudsuren, zeer groot is.

Laat men zo'n onderzoek uitvoeren, dan gaat dit veel tijd kosten, terwijl pas na afloop van zo'n onderzoek het nuttigheidscijfer is vast te stellen.

Men loopt dan het gevaar dat uiteindelijk het aantal gevonden fouten per onderzoek klein is.

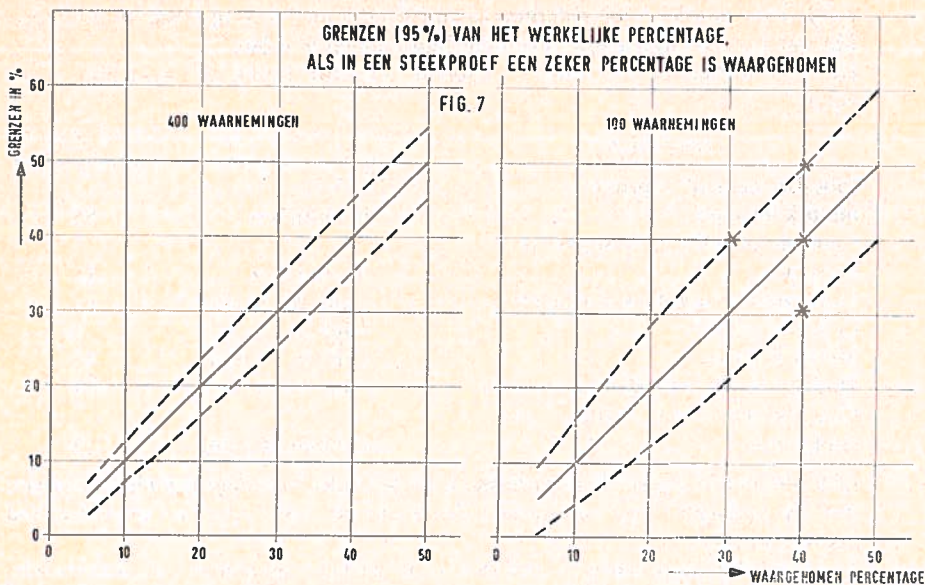
In dit geval is het beter een steekproef te laten uitvoeren.

Deze steekproef moet willekeurig of aselekt geschieden, dat wil zeggen dat in dit geval ieder apparaat dezelfde kans moet hebben onderzocht te worden.

Aan te bevelen is gebruik te maken van tabellen van aselechte getallen. Getallen dus die zo goed mogelijk zonder enige regelmaat verzameld zijn.

De grafiek, die is getekend in fig. 7, laat de spreidingsgrenzen zien bij 100 en 400 waarnemingen.

Hierbij is het nodig, door middel van de hiervolgende tabellen, een correctie op de spreidingsgrenzen in te voeren afhankelijk van het aantal waarnemingen.



*Steekproefgrootte tot 250*

*Steekproefgrootte tot 250 en meer*

<i>Omvang steekproef</i>	<i>Vermenigvuldigingsfaktor</i>
30	1,83
35	1,69
40	1,58
45	1,49
50	1,41
60	1,29
70	1,20
80	1,12
90	1,05
100	1
110	0,95
120	0,91
130	0,88
140	0,85
150	0,82
160	0,79
180	0,75
200	0,71
225	0,67
250	0,63

<i>Omvang steekproef</i>	<i>Vermenigvuldigingsfaktor</i>
250	1,26
275	1,21
300	1,15
325	1,11
350	1,07
375	1,03
400	1,—
450	0,94
500	0,89
600	0,82
800	0,71
1000	0,63
1500	0,52
2000	0,45
2500	0,40
3000	0,37
3500	0,34
4000	0,32
5000	0,28
6000	0,26

Verricht men precies 400 of 100 waarnemingen dan ziet men in de tabellen dat dan de vermenigvuldigingsfaktor gelijk aan één is en dus de grafieken van fig. 7 zonder meer afgelezen kunnen worden.

Is het aantal waarnemingen niet 400 of 100, dan zoekt men de in de tabel aangegeven vermenigvuldigingsfaktor op en vermenigvuldigt deze met de onderste en bovenste spreidingsgrenzen.

#### *Voorbeeld.*

Men vindt bij een steekproef van 400 waarnemingen 40 maal een bepaalde fout.

Het waargenomen percentage is dan  $\frac{40}{400} \times 100 \% = 10 \%$ .

In de linker helft van fig. 7 is nu af te lezen dat de spreiding is  $12\frac{1}{2} \% - 7 \% = 5\frac{1}{2} \%$ . Dat wil zeggen in 95 % van de gevallen zal het werkelijke aantal fouten van de gehele groep (populatie) liggen tussen de 7 en  $12\frac{1}{2} \%$ .

Had men nu de steekproef maar uit 300 waarnemingen laten bestaan en 30 fouten gevonden, dan is het waargenomen percentage weer 10 %.

Daar het een steekproef groter dan 250 is moet men nu de grenzen vermenigvuldigen met de faktor 1,15 die achter het getal 300 is genoteerd.

De grenzen worden dan, met het voorbehoud van 95 % zekerheid,

$10 \% - 1,15 (10 \% - 7 \%) = 10 \% - 3,45 \% = 6,55 \%$ , en

$10 \% + 1,15 (12\frac{1}{2} \% - 10 \%) = 10 \% + 2,88 \% = 12,88 \%$ .

De grenzen zijn nu dus met 0,45 en 0,38 % verwijd en hieruit volgt dat de steekproef iets onnauwkeurig is.

#### *Invloed van de grootte van de steekproef.*

Zou men in het vorengenoemde voorbeeld het 10 % foutenpercentage met 100 waarnemingen hebben gevonden dan liggen de grenzen uit elkaar (4 en  $15\frac{1}{2} \%$ ). Vooral wanneer het gevonden foutenpercentage groot wordt, zal het verschil in spreiding bij 100- en 400 waarnemingen aanzienlijk zijn.

Vergelijk bijv. een percentage van 50 % waargenomen fouten. Bij 400 waarnemingen is de afstand (spreiding) tussen de grenzen 10 % en met 100 waarnemingen is dit tot 20 % verdubbeld.

Met het toepassen van een steekproef moet in het oog worden gehouden dat *volstrekke zekerheid* nooit bereikt wordt.

Grote verschillen tussen steekproef en de toestand van de gehele groep (populatie) zijn echter zeldzaam, aangenomen dat de steekproef altijd een redelijk aantal waarnemingen bevat.

Hoe groot de populatie is doet weinig terzake. In het algemeen geldt, dat bij een  $n$  maal zo grote steekproef de nauwkeurigheid  $\sqrt{n}$  maal zo groot wordt. Het zal na deze beschouwing wellicht duidelijk zijn, dat met een steekproef een belangrijke tijd- en dus geldbesparing mogelijk is.

#### *Onderhoudskosten.*

Steunend op een vierjarige ervaring met het doelgericht onderhoud en een bijna evenlange ervaring met de testbox is het nu betrekkelijk eenvoudig het aantal uren te plannen dat per jaar en per 100 apparaten nodig is.

Hierbij is dan rekening gehouden met de verdeling van de apparatuur in zgn. beleggingsgroepen, zoals reeds eerder beschreven.

In tabelvorm volgt hier een opgave van de meest voorkomende apparatuur.

*Totaal aantal onderhoudsuren per apparatengroep en per 100 app./jaar.*

<i>Apparaat</i>	<i>Beleggings- groep</i>	<i>Onderzoektijd en tijd besteed aan opheffen storingen</i>	<i>Smering en onderzoek d.m.v. de testbox</i>	<i>Totale tijd</i>
OZ = II VK	—	7,5	2,5	10
1e Groepkiezer	blank groen	8	42	50
II- en III GK, Di-, Ink-, S- en CGK	rood	22,5	84	106,5
idem	blank	6	42	48
idem	groen	3,2	28	31,2
Eindkiezer	blank	14,5	42	56,5
„	groen	5,8	28	33,8
Motorkiezer	rood	26	12	38
„	blank	22	12	34
„	groen	16	12	28
TZO	—	64	12	76
Uitg. overdrager	rood	52	18*	70
„	blank	25	12*	37
„	groen	22	6*	28
Inkomende overdrager	—		12*	

\* meten van de polaire relais.

*Opmerkingen:*

rood = meer dan 300 beleggingen per etmaal.

blank = 100 – 300 beleggingen per etmaal.

groen = tot 100 beleggingen per etmaal.

Met de steun van deze cijfers is het eenvoudig de onderhoudstijd van een willekeurige centrale te berekenen.

Aan de hand van de door de Centrale Directie verstrekte landelijke gegevens is het mogelijk een idee te vormen van de kwaliteit van een met het doelgericht onderhoud beheerde centrale.

Genoemde, door de Centrale Directie periodiek te zenden normgetallen van gevonden fouten in telefooncentrales (Tf 960 D 8054), geven een aantal landelijke normgetallen met een boven- en benedengrens ten opzichte van deze norm. Deze cijfers dienen echter met de nodige voorzichtigheid gehanteerd te worden daar hier sprake is van het totale aantal gevonden actieve afwijkingen.

(wordt vervolgd).



**VEILIGHEID**  
eist begrip  
en samenwerking 

Werk t u ook met buitenlandse collega's? En kunt u daar al aardig mee babbelen? Of wordt 't een taaltje met handen en voeten? Dat is op zich helemaal niet erg. Voornaamste is dat we elkaar begripen en door dit begrip de noodzakelijke samenwerking aankweken. Beide zijn nodig om het elkaar zo veilig mogelijk te maken tijdens het werk. Die veiligheid die voor iedereen moet gelden, ook voor uw buitenlandse collega's. Wij moeten dus zo langzamerhand wennen aan de gedachte, dat we o.a. met ons streven naar veilig werken verder moeten denken dan onze landsgrenzen. De bedrijfsveiligheid moet internationaal „gemeen-goed" worden.

**VEILIGHEID EIST BEGRIP EN SAMENWERKING** staat met grote letters op de eerste plaat van 1965 die het Veiligheidsinstituut uitbrengt. Achter deze zakelijke opmerking schuilt echter heel wat! Die buitenlandse collega's begripen nl. de betekenis niet. En daarom moet dit begrip in eerste instantie van ons komen. Wij als gastheer moeten ze helpen en daarom moeten wij hun leefwijze leren kennen. Een leef- en denkwijze die zo heel anders kan zijn. Ander eten, andere omgangsnormen, en veelal een ander klimaat, andere behuizing en kleding. Kortom, hun levenspatroon is nu eenmaal anders. En door onze hulp en begrip, vooral bij het dagelijks werk raken ze vertrouwd in werkplaats en fabriek. Praat gerust over alles met ze, al is het dan ook met „handen en voeten". Overwin ook uw eigen schroom; men mag nu eenmaal niet verwachten begrepen te worden zonder gesproken te hebben.

En moge dan bij de kennismaking met wéér een nieuwe buitenlandse collega, de handdruk de bevestiging zijn van de oprechte wil tot een nog beter begrip en ruimere samenwerking, welke twee een eis zijn voor onze veiligheid.

## **Attentie!**

Voor onze nieuwe

**propaganda-aktie**

verwijzen wij u naar het nummer van 15 augustus a.s.

door P. v. d. Leest

Vervolg Les VIII.

## De apostrof.

Verder gebruiken we de apostrof in gevallen als:

1. Beets' gedichten. Frits' fiets.  
Natuurlijk moet er geen apostrof staan in:  
Jantjes boek of Annes tas.
2. In plaatsnamen: 's-Gravenhage, 's-Hertogenbosch.
3. In het aangeven van dagen:  
's maandags.
4. In meervouden als:  
piano's, accu's, ski's (natuurlijk behoeft in meervouden als dominees, etuis,  
garages geen apostrof te staan).
5. In typische meervouden als:  
N.V.'s, H.B.S.'en.
6. In vormen als:  
AJC'er, H.B.S.'er.
7. In verkleinwoorden op y:  
baby'tje.

(Andere verkleinwoorden op een klinker schrijven we met verdubbeling van de klinker: parapluutje, een oud opaatje).

## Werkwoordsoefening: Oefening I.

*Schrijf de tijden op van de schuingedrukte werkwoorden.*

1. Een jongen *valt* hem in de rede.
2. Vroeger *waren* er trekschuiten en diligences.
3. Die *zullen* we nu niet meer kunnen zien.
4. *Zouden* ze dat wel *doen*?
5. Als ik dat *geweten had*, zou ik het vast niet *gedaan hebben*.
6. De bus *is* al een kwartier geleden *vertrokken*.
7. De postiljon *had* net de bok *bekloppen* toen er nog een heer *kwam* aanhollen.
8. Dan *zouden* we beter naar huis *kunnen* gaan.
9. Ja, ja, ik *zal* het wel weer *gedaan hebben*; ik heb het immers altijd *gedaan*.
10. Als we je brief op tijd *ontvangen hadden*, *zouden* we niet *gekomen zijn*.

Men moet altijd oppassen met werkwoorden die in de tegenwoordige en de verleden tijd gelijkkluidend zijn:

We *verwachten* vandaag gasten.

We *verwachten* gisteren een neef uit Amsterdam.

Uit het zinsverband moet dan de tijd blijken.

## Oefening II. Schrijf in de juiste vorm.

Toen er brand uitbrak (*vluchten*) de paarden het erf op.

Het duurde lang voor we de jeugdherberg hadden bereikt; we (*smachten*) toen van dorst.

Je moet niet alles van anderen (*verwachten*).

We (*groeten*) iedereen die langs komt.

Het onweerde en (*lichten*) erg.

Toen ze hier de straat (*verbreden*) was het fijn buiten spelen.

De leerlingen (*zuchten*) allemaal toen de leraar zoveel werk opgaf.

Als ze hier de weg afsluiten, (*verplichten*) ze je tot omrijden.

Al het vuil, dat op een hoop lag, (*verbranden*) de arbeiders.

We (*vermoeden*), dat U gelijk heeft.

Toen we het gevaar zagen, (*trachten*) we te vluchten.

In de zomer (*baden*) we iedere dag; dit bleek best te kunnen.

We (*verraden*) geen landgenoten, was eens de leus.

## Stijl.

### Oefening.

*De zinnen overschrijven en het juiste woord kiezen.*

1. *Bezorgd, verzorgd, zorgvol, zorgelijk.*

We kunnen nu gerust weggaan, de kinderen zijn goed .....

De wezen zijn in ..... omstandigheden achtergebleven.

Wat zet je toch een ..... gezicht: 't komt best in orde.

De meisjes werden in het kinderpension uitstekend .....

Maak je niet ..... hoor, 't komt alles terecht.

Het jarige Jetje zag er keurig ..... uit.

2. *Belofte, gelofte.*

Plechtig legde de vorst de ..... af, dat hij een kapel zou stichten.

Je hebt je ..... niet gehouden: ik had er vast op gerekend.

3. *Omslachtig, omstandig, uitvoerig.*

Wat een vervelende kerel, er kwam geen eind aan het ..... verhaal.

De rechter dankte de automobilist voor zijn ..... verslag.  
Het concert werd in het ochtendblad ..... besproken.

4. *Achterlaten, nalaten.*

Tot verwondering van de erfgenamen ..... de arm gewaande tante een aanzienlijk kapitaal .....

5. *Beweegbaar, beweeglijk.*

Wat een ..... ventje, hij zit geen ogenblik stil.  
De molen met een ..... kap was een geweldige uitvinding.

6. *Levend, levendig.*

Meer dood dan ..... werd hij uit het water gehaald.  
Ik kan me ..... voorstellen, dat je je verveeld hebt.  
Die klas had een ..... belangstelling voor alles wat de ..... natuur betrof.

7. *Gezindte, gezindheid.*

Er zal niet gevraagd worden, tot welke ..... de kandidaat-leden behoren, maar het bestuur zal zich er wel van op de hoogte stellen of ze niet een uitgesproken vijandige ..... tegenover de godsdienst aan de dag leggen.

8. *Dodelijk, dood, dood.*

Toen de geheime politie binnentrad, verstomde alle geluid en heerste er plotseling ..... stilte in de zaal.  
Weet je wat ..... talen zijn?  
Doordat de revolver onverwachts afging, werd de man ..... gewond.

9. *Vierjarig, vierjaarlijks.*

Na een ..... verblijf in de tropen, kwam hij met verlof naar Nederland.  
Tot de voorwaarden, waarop de employés worden uitgezonden, behoort een ..... verlof van een half jaar uit en thuis.

10. *Vanavond, bedenavond.*

We wilden ..... fijn naar de bioscoop gaan en nu leest vader net in de krant: ..... geen voorstelling.

11. *Tussen 9 en 10, van 9 tot 10.*

Wilt U zich morgen ..... bij de portier melden?  
De receptie is .....

12. *Tijdig, bijtijds, tijdelijk.*

Ik kon hem nog net ..... vastgrijpen.  
Zorgen jullie dat je ..... bij de bus bent.  
Hij heeft een ..... baan bij de gemeente gekregen.