



# service vademecum

OPSPOREN EN VERHELPEN VAN STORINGEN AAN MOTOREN  
BENEDEN 1 pk IN ELEKTRISCHE HUISHOUDAPPARATEN

DOOR N.W. LAGENDIJK

N.V. UITGEVERIJ «ARGUS» • 's-GRAVENHAGE

# Service vademecum

*Opsporen en verhelpen van storingen aan motoren  
beneden 1 pk in elektrische huishoudapparaten*

door

N. W. Lagendijk

*Chef service-dienst Van der Heem N.V.*

© Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.



N.V. UITGEVERIJ «ARGUS» • 's-GRAVENHAGE

## VOORWOORD

Het sterk toegenomen gebruik van elektrische energie per hoofd van de bevolking wijst op een aanzienlijke uitbreiding van het aantal elektrische toestellen, niet alleen in de industrie maar ook in het huishouden, waar zij het werk van de huisvrouw in hoge mate vergemakkelijken.

Het merendeel van deze huishoudelijke toestellen wordt aangedreven door een eenfase-elektromotor. Was het gebruik hiervan vroeger beperkt tot de stofzuiger, thans komen in de moderne woning vele toestellen met een motor voor, zoals wasmachine, centrifuge, koelkast, vloerwrijver, koffiemolen, mixers, ventilerende warmtekachels, raam- en tafelventilatoren en klokken.

De elektromotor heeft thuis echter niet alleen het werk van de huisvrouw verlicht, maar ook de man heeft een kortere scheertijd gekregen door een elektromotortje. Het door een seriemotor aangedreven amateur-handgereedschap komt zijn knutselhobby ten goede en maakt het hem mogelijk zelf allerlei gebruiksvoorwerpen te vervaardigen.

Deze sterke toename van het gebruik van elektrische huishoudapparaten die op een normaal lichtnet kunnen worden aangesloten, houdt in dat de vakhandelaar steeds vaker zal worden geconfronteerd met de problemen, die zich bij de service aan kleine elektromotoren kunnen voordoen.

Het doel van dit boek is dan ook de vakhandelaar meer vertrouwd te maken met de meest voorkomende motortypen en hem — o.m. door toelichting van de theoretische achtergrond — ervan op de hoogte te brengen, hoe bij optredende mankementen een snelle wijze van storing-zoeken mogelijk is. Bij elke reparatie immers is snel en efficiënt werken thans meer dan ooit een eerste vereiste, omdat ondanks de gestegen arbeidslonen elke klant er vanuit zal blijven gaan, dat reparatiekosten in redelijke verhouding staan tot de aanschaffingsprijs.

Naast dit service-vademecum zal de vakhandelaar bij zijn werkzaamheden tevens de door de fabrikanten uitgegeven service-documentatie moeten raadplegen. Elke fabriek nl. pleegt bepaalde constructiedetails van haar produkten op eigen wijze op te lossen; een bespreking daarvan valt in het algemeen buiten het bestek van dit boek.

Een woord van dank is hier op zijn plaats aan de Heer P. J. Nijbakker, die op uitnemende wijze het tekenwerk voor deze uitgave verzorgde.

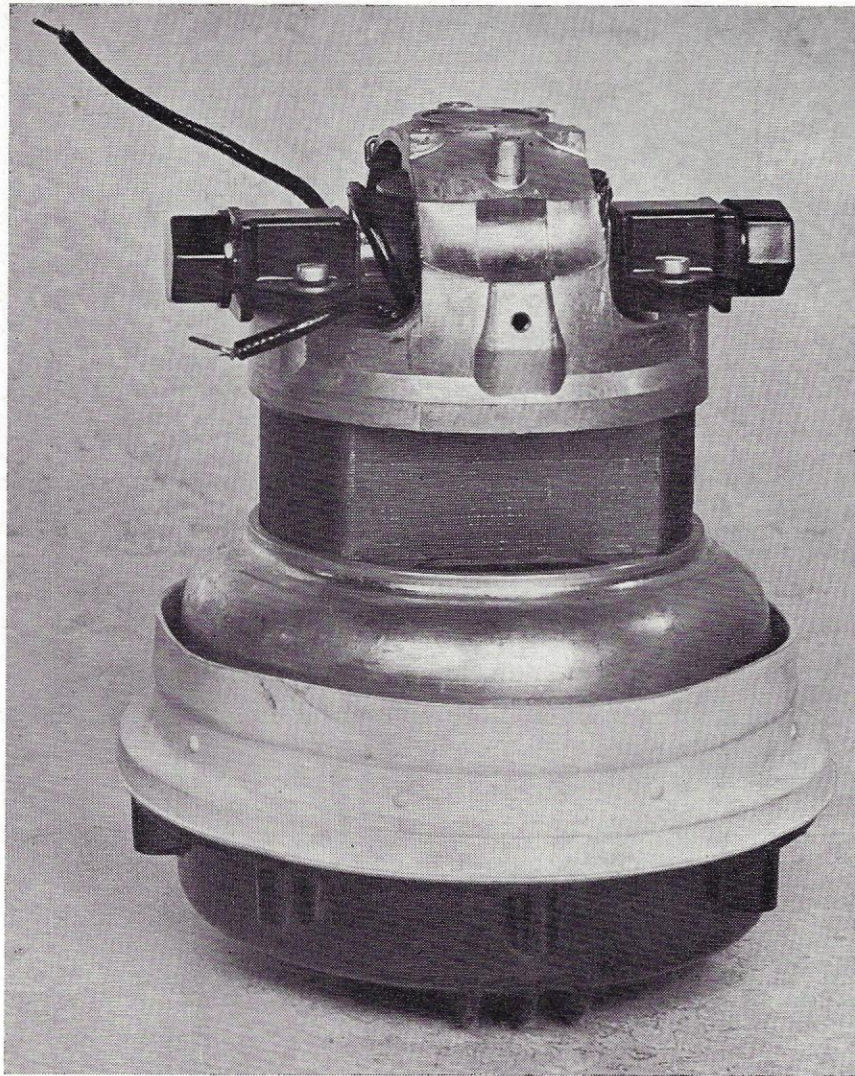
Voorburg, winter 1963.

N. W. Lagendijk.

## INHOUD

	Blz.
VOORWOORD . . . . .	5
<b>I. INLEIDING</b>	
1. Het principe van de wisselstroom . . . . .	9
2. Waarom gaat een elektromotor draaien . . . . .	15
3. De praktijk van het storingzoeken . . . . .	17
<b>II. DE SERIEMOTOR</b>	
1. Algemeen . . . . .	23
2. De mechanische opbouw . . . . .	26
3. Kritieke punten bij demontage en montage . . . . .	28
4. De elektrische opbouw . . . . .	32
5. De koolborstels en hun speciale problemen bij service . . . . .	38
6. Overmatig vonkende koolborstels en hun oorzaken . . . . .	43
7. <b>Service-wenken voor de seriemotor</b> . . . . .	49
<b>III. DE EENFASE-INDUCTIEMOTOR</b>	
1. Algemeen . . . . .	53
2. De shaded-pole motor . . . . .	58
3. <b>Service-wenken voor de shaded-pole motor</b> . . . . .	64
4. De eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling . . . . .	67
5. De eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling en condensator- aanloop . . . . .	72
6. <b>Service-wenken voor de eenfase-inductiemotor met hulpwik- keling en condensatoraanloop</b> . . . . .	77
7. De repulsiemotor . . . . .	79
<b>IV. KENMERKENDE BIJZONDERHEDEN VAN EENFASE- ELEKTROMOTOREN</b>	
1. De koppel-toerengrafiek . . . . .	84
2. Het ontstoren van elektromotoren . . . . .	95
3. Het wikkelen van rotors en statoren . . . . .	89
<b>V. VEILIGHEID</b>	
1. De veiligheidsvoorschriften . . . . .	104
2. Aardingsproblemen . . . . .	105
3. Aansluitleidingen en contactstoppen . . . . .	110
4. De bedrading . . . . .	121

5. De montage van de ontstoringscondensator . . . . .	128
6. De eindcontrole aan complete gerepareerde toestellen . . . . .	131
7. <b>Enige service-wenken in verband met de veiligheid</b> . . . . .	135
<b>VI. DE SERVICE-WERKPLAATS</b>	
1. De inrichting . . . . .	139
2. De controle-apparatuur . . . . .	144
<b>VII. MATERIALENKENNIS</b>	
1. Kunststoffen of plastics . . . . .	155
2. Metalen . . . . .	158
3. Papier . . . . .	165
REGISTER . . . . .	167



Stofzuigeraggregaat, samengesteld uit een seriemotor en een turbinehuis met waaiers. (Fabrikaat Van der Heem N.V., Den Haag)

INLEIDING

1. Het principe van de wisselstroom.

De elektrische energie, zoals deze in de woonhuizen binnenkomt, is gestandaardiseerd tot *wisselstroom* 220 V, 50 Hz. In gebieden waar een afwijkende netspanning voorkomt, is men met de spanningsombouw naar 220 V bezig of worden althans plannen daartoe uitgewerkt. Tot bespreking van deze vorm van energie zullen wij ons dan ook beperken.

Om de begrippen spanning, stroom en weerstand duidelijk te verklaren is het echter noodzakelijk uit te gaan van *gelijkstroom*. Gelijkstroom kan

men zeer gemakkelijk vergelijken met een waterstroom. Evenals een waterstroom in feite een verplaatsing is van waterdeeltjes, worden ook bij een in een geleider vloeiende gelijkstroom elektrische deeltjes verplaatst. Deze elektrische deeltjes noemt men elektronen.

Alle stoffen zijn opgebouwd uit moleculen. Dit zijn de kleinste deeltjes van die stof, die nog dezelfde eigenschappen hebben als de oorspronkelijke stof. Men heeft ontdekt, dat deze zeer kleine deeltjes toch nog weer te splitsen zijn; dat van zeer vele stoffen de moleculen opgebouwd zijn uit twee of meer verschillende soorten atomen. De geleerden, na

deze ontdekking er vast van overtuigd dat nu de kleinste deeltjes ontdekt waren, gaven aan deze deeltjes de naam atomen (afgeleid van het Griekse woord atomos, dat ondeelbaar betekent). Deze onderzoekers zouden vreemd opgekeken hebben als zij eens een blik in de toekomst hadden kunnen slaan. Een toekomst, waarin het toch eigenlijk vreemde woord atoomsplitsing een begrip is geworden, dat reeds onze jeugd kent en waarover zelfs in de dagbladen wordt geschreven. De stand van de wetenschap is thans zo ver, dat men weet dat een atoom opgebouwd is uit een weer deelbare kern met er omheen de, elektrisch beschouwd, z.g. negatief geladen elektronen (fig. I-1). Normaal is de kern zodanig posi-

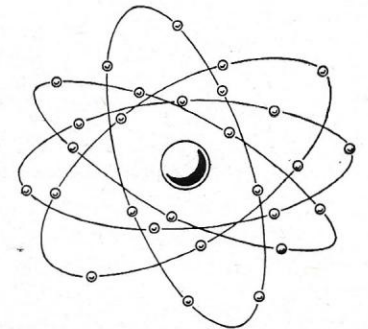


Fig. I-1. Positief geladen atoomkern met eromheen negatief geladen elektronen.

tief geladen, dat de totale lading van het atoom nul is door het aantal elektronen dat zich om de kern beweegt.

Er zijn nu stoffen, waarbij het mogelijk is dat elektronen zich vrij maken en zich gaan bewegen van plaatsen met een teveel aan elektronen naar plaatsen waar een tekort heerst. Dergelijke stoffen noemt men in de elektrotechniek geleiders.

Ook bij het voorbeeld van een waterstroom is het mogelijk via geleiders (buizen) water te laten stromen van een punt met een overschot (het

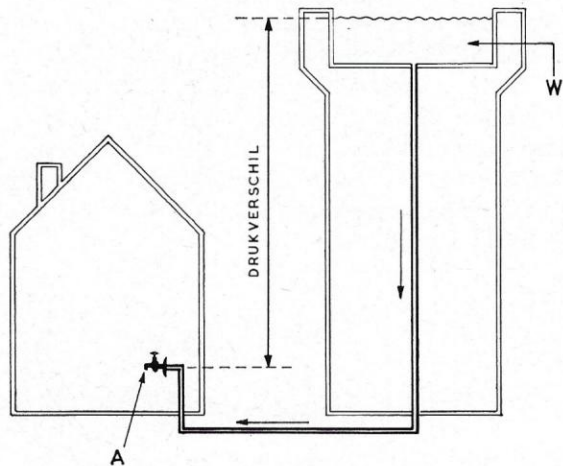


Fig. I-2. Een waterstroom wordt in stand gehouden door drukverschil.

of spanning genoemd — noodzakelijk (fig. I-3). De eenheid waarin men deze spanning uitdrukt, is de volt (afkorting V). Deze benaming heeft geen verdere betekenis; men heeft door het elektrische potentiaalverschil in volt uit te drukken slechts de Italiaanse natuurkundige Alessandro Volta willen eren. Deze onderzoeker leefde van 1745 tot 1827 en verkreeg o.m. bekendheid door zijn batterij, opgebouwd uit koperen platen, zink en in zwavelzuur gedrenkt vilt (de z.g. elektrolyt). Onze huidige batterijen bevatten nog steeds een zinken beker en een elektrolyt. Slechts het koper is als pluspool vervangen door een koolstaaf.

Behalve een eenheid voor het voor een elektronenstroom in een geleider noodzakelijke potentiaalverschil, heeft men ook een eenheid voor de grootte van de stroom vastgesteld: de ampère (afkorting A). Ook deze eenheid is weer genoemd naar een natuurkundige, nl. André Ampère, Fransman van geboorte, die geleefd heeft van 1775 tot 1836.

Laat men een waterstroom vloeien door een buis van kleine diameter,

hooggelegen reservoir van een watertoren) naar een punt waar watergebrek is (bijv. in uw keuken). De waterstroom kan alleen maar vloeien als er een drukverschil bestaat, nl. tussen het hoogliggende waterreservoir in de watertoren (zie fig. I-2, punt W) en het aftappunt in uw keuken (zie fig. I-2, punt A).

Om een elektronenstroom in stand te houden is eveneens een blijvend drukverschil — hier potentiaalverschil

dan ondervindt deze stroom meer weerstand dan bij vloeijing door een wijdere buis. Ook in de elektrotechniek kent men het begrip weerstand. In een goede geleider ondervindt de elektronenstroom minder weerstand dan in materialen, die bekend staan als slechte stroomgeleiders. De eenheid van weerstand noemt men ohm (afkorting  $\Omega$ ). Georg S. Ohm, een Duits natuurkundige (1787-1854) is de ontdekker van de later naar hem genoemde wet, dat de stroomsterkte in een draad recht evenredig is met de aangelegde spanning en omgekeerd evenredig met de weerstand van die draad.

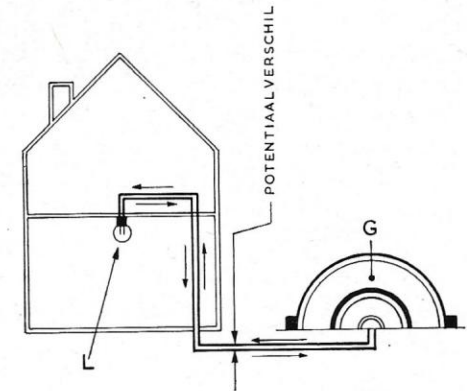


Fig. I-3. Blijvend potentiaalverschil is nodig tussen generator G en lamp L om de lamp te laten branden.

Wat is nu *wisselstroom* ( $\sim$ ), waarmee men thans in de huishoudelijke sector uitsluitend te maken heeft? Het is een elektronenstroom (een normale elektrische stroom dus), die periodiek van teken verandert; die van plus, via nul naar min gaat, anders gezegd: waarvan de stroomrichting telkens omkeert. In ons land leveren de elektrische centrales energie in de vorm van wisselstroom met een frequentie van 50 Hz. Dit wil zeggen: een stroom, die honderd maal per seconde van teken verandert. Frequentie — men spreekt ook wel van periodental — is dus het aantal malen dat een wisselstroom per seconde van richting verandert, gedeeld door 2. In Nederland drukt men dit getal uit in hertz (afkorting Hz) of ook wel in

Wat is nu *wisselstroom* ( $\sim$ ), waarmee men thans in de huishoudelijke sector uitsluitend te maken heeft? Het is een elektronenstroom (een normale elektrische stroom dus), die periodiek van teken verandert; die van plus, via nul naar min gaat, anders gezegd: waarvan de stroomrichting telkens omkeert. In ons land leveren de elektrische centrales energie in de vorm van wisselstroom met een frequentie van 50 Hz. Dit wil zeggen: een stroom, die honderd maal per seconde van teken verandert. Frequentie — men spreekt ook wel van periodental — is dus het aantal malen dat een wisselstroom per seconde van richting verandert, gedeeld door 2. In Nederland drukt men dit getal uit in hertz (afkorting Hz) of ook wel in

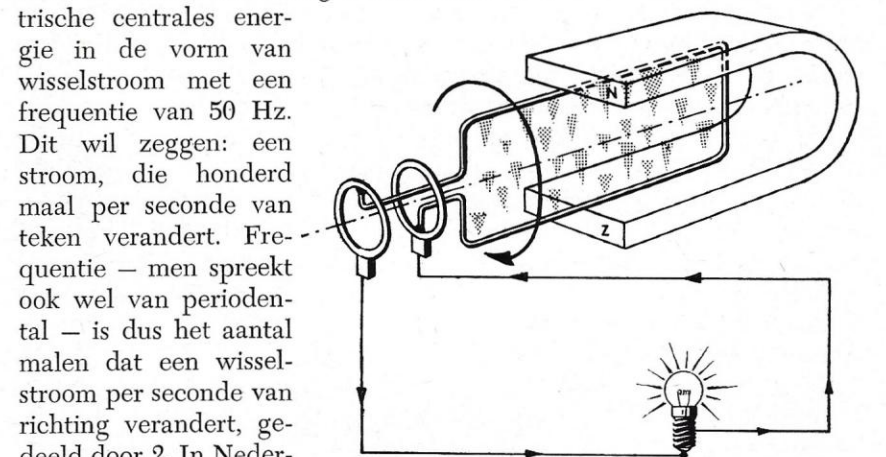


Fig. I-4. Eenvoudigste vorm van opwekking van wisselstroom door het draaien van een draadlus tussen de polen N en Z van een permanente magneet.

p/s (perioden per seconde), in Engels sprekende landen in c/s (cycles per second). Heinrich Rudolf Hertz, Duits natuurkundige, leefde van 1857 tot 1894. Hij heeft o.a. door vele proefnemingen aangetoond, dat er sprake is van analogie bij licht- en elektrische golven.

Wisselstroom – wisselende stroom – kan uitsluitend draaiend worden opgewekt. Het principe van de wisselstroomgenerator is zeer eenvoudig. Draait men nl. een lus van geleidend materiaal (bijv. koperdraad) tussen de polen van een z.g. permanente magneet, dan kan men aan het einde van deze draadlus met behulp van twee sleefringen een wisselstroom afnemen (fig. I-4). De frequentie van de wisselstroom is afhankelijk van de rotatiesnelheid van de draadlus tussen de polen. De krachtlijnen van een permanente magneet lopen van de noord- naar de zuidpool. Er is dus een stand van de lus, waarbij het sterkste magnetisch veld wordt gesneden en waarbij dan ook de maximale spanning in de draadlus (de wikkeling) wordt geïnduceerd. Door op de wikkeling een uitwendige belasting aan te sluiten (b.v. een gloeilamp), gaat èn door de gloeidraad van de lamp èn door de draadlus stroom vloeien. Bij het draaien van de lus ontstaat een punt, waarop geen krachtlijn van het magnetisch veld wordt gesneden. De geïnduceerde spanning is dan nul. Draait de lus verder, dan neemt de spanning in de lus weer toe, echter in de andere richting. Grafisch uitgezet over één omwenteling van de draadlus, ziet de opgewekte spanning er dus uit als een om een nulas golvende sinuslijn (fig. I-5).

Waarom heeft de wisselstroom het gewonnen van de gelijkstroom? Omdat wisselstroom de enige vorm van elektrische energie is, die men in een transformator op eenvoudige wijze, zonder draaiende machines, kan omzetten in stroom met een andere spanning (hoger of lager al naar verkiezing). De geweldige hoeveelheden energie die men thans gebruikt, kunnen dus via bovengrondse leidingen met een, naar verhouding van het zeer grote vermogen kleine draaddoorsnede, maar met een zeer hoge spanning, vervoerd worden naar distributiepunten, waar na enige malen transformeren de spanning van 220 V ontstaat. Waarden van 600 kV – dus 600 000 V – voor bovengrondse netten komen al voor. In Amerika wordt door de General Electric Company geëxperimenteerd met een proefhoogspanningslijn voor 750 kV.

Zijn er dan geen nadelen aan de wisselstroom verbonden? Natuurlijk heeft elke medaille een keerzijde. Het nadeel waarmee men in de praktijk te maken heeft, is o.m. dat van de lagere effectieve waarde van wisselspanning. Sprekend over 220 V bedoelt men nl. niet de maximale waarde die de golvende lijn periodiek bereikt, maar een iets lagere, de z.g. effectieve waarde. Deze waarde heeft hetzelfde effect als die bij een gelijkspanning van dezelfde waarde. Toch moet men bij de isolatie in

kabels en motoren rekening houden met deze regelmatig (zij het zeer kortstondig) optredende piekspanning, die  $1,4 \times$  hoger is dan de effectieve waarde (fig. I-5). Wanneer men bijv. een voor 220 V ingerichte

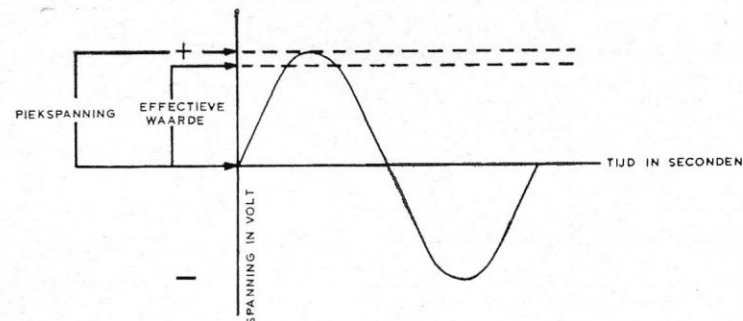


Fig. I-5. Wisselspanning, grafisch uitgezet, geeft een sinuslijn te zien. Tevens zijn hierbij de piekspanning en de effectieve waarde aangegeven.

motor met een defecte motorwikkeling aan een gespecialiseerd wikkelbedrijf heeft opgestuurd, dan moet dit bedrijf er dus op bedacht zijn dat op de isolatie van de motor  $1,4 \times 220 \text{ V} = 308 \text{ V}$  komt te staan.

In het voorgaande hebben wij verschillende malen het woord *vermogen* gebruikt. Wat wordt hiermee in elektrische zin bedoeld? Vermogen, met als eenheid de watt (afkorting W), is het produkt van spanning en stroom. James Watt leefde van 1736 tot 1810 in Schotland en heeft, voortbouwend op het reeds toentertijd bekende principe van de atmosferische motor, de stoommachine tot praktische bruikbaarheid ontwikkeld.

Men kan dus spreken van een elektromotor met een opgenomen vermogen van 1000 W (= 1 kW), maar hoeveel „elektriciteit” gebruikt nu zo'n motor met dit opgenomen vermogen? Dat hangt er geheel van af, hoe lang men de motor laat draaien. In de tijdsduur van een uur zal het elektrische net voor deze motor een hoeveelheid arbeid moeten leveren van  $1000 \text{ W} \times 1 \text{ uur} = 1000 \text{ watt-uren}$  (afgekort 1000 Wh of 1 kWh; h is de eerste letter van het Latijnse woord *hora* = uur). Deze kWh worden in onze huisinstallaties geregistreerd door kWh-meters met telwerk.

Op het typeplaatje van elektromotoren die uitsluitend kunnen functioneren op wisselstroom, treft men meestal het teken „cos  $\phi$ ” aan (uit te spreken als: kosinus fi). Dit is bij elektromotoren altijd een getal kleiner dan 1. Bij wisselstroom is nu het vermogen, in W of kW uitge-

drukt, gelijk aan de spanning maal de stroom, vermenigvuldigd met deze factor  $\cos \Phi$ .

Het zal thans duidelijk zijn waarom bij het gebruik van zeer hoge spanningen met naar verhouding kleine stroomsterkten (waarbij dus niet te

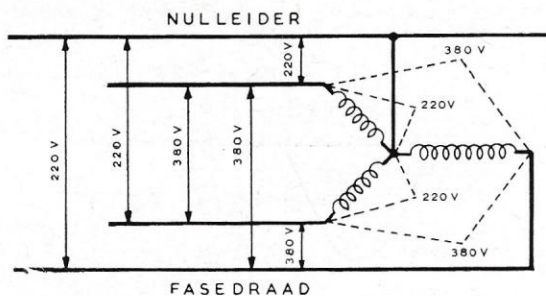


Fig. I-6. Driefasenet met nulleider.

dikke draden nodig zijn), toch grote vermogens vanaf de centrales kunnen worden vervoerd.

Denk eraan: *vermogen = stroom  $\times$  spanning* (bij wisselstroom nog vermenigvuldigd met  $\cos \Phi$ ).

De elektrische centrales leveren dus uitsluitend wisselstroom. Zij doen dit via een z.g. driefasenet – ook wel draaistroom- of krachtstroomnet genoemd – dat bestaat uit drie spanningvoerende fase draden en een nulleider. Elk van de fase draden heeft t.o.v. deze nulleider een spanning van 220 V. Tussen de fase draden onderling is de spanning hoger, nl. 380 V (zie fig. I-6). De drie wisselspanningen van 220 V zijn „in fase verschoven”, d.w.z. dat zij niet gelijktijdig hun maximale waarde (piekspanning) bereiken.

De nulleider mag men in de praktijk nooit verwarren met de aardleiding. Het woord nulleider duidt er wel op, dat deze leiding in normale omstandigheden geen spanning t.o.v. de aarde voert, maar toch mag deze nulleider nooit als aardleiding worden gebruikt. Een aardleiding is een verbinding die men soms moet aanbrengen tussen de aanraakbare metalen delen van een elektrisch apparaat en de aarde. Vroeger kon men hiervoor de waterleiding gebruiken. Tegenwoordig moet men hiermede uitermate voorzichtig zijn, omdat sommige waterleidingbedrijven hun metalen buizen in de grond geleidelijk aan vervangen door buizen van kunststof. Men moet dus andere betrouwbare aardpunten opzoeken of deze laten aan-

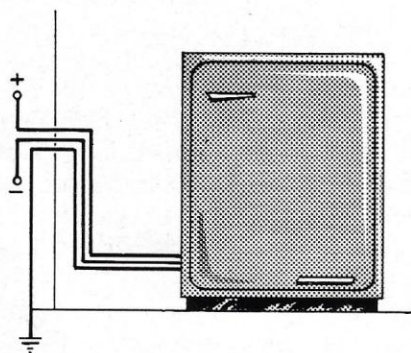


Fig. I-7. Huishoudkoelkast, aangesloten op het lichtnet via een drieaderige aansluitleiding. Eén ader is met de aarde verbonden.

men soms moet aanbrengen tussen de aanraakbare metalen delen van een elektrisch apparaat en de aarde. Vroeger kon men hiervoor de waterleiding gebruiken. Tegenwoordig moet men hiermede uitermate voorzichtig zijn, omdat sommige waterleidingbedrijven hun metalen buizen in de grond geleidelijk aan vervangen door buizen van kunststof. Men moet dus andere betrouwbare aardpunten opzoeken of deze laten aan-

leggen door specialisten in het maken van aarding voor elektrotechnische doeleinden of voor bliksembeveiliging (fig. I-7).

Op het driefasenet kunnen alleen draaistroom- of driefasemotoren worden aangesloten. Daarnaast kent men het lichtnet, een z.g. eenfasenet (één fase draad en nulleider). Hiermede heeft men in de praktijk te maken, omdat in de huishoudelijke sector uitsluitend eenfase-elektromotoren worden gebruikt – motoren van een betrekkelijk gering vermogen (meestal kleiner dan 1 pk of 736 W), die op dit net kunnen worden aangesloten.

## 2. Waarom gaat een elektromotor draaien?

Het antwoord op deze vraag kan kort zijn: uitsluitend door magnetische krachten. In onze kinderjaren hebben wij allemaal wel eens gespeeld met een permanente magneet of met een kompas. Wij bemerkten dan al spoedig, dat er een sterke aantrekkingskracht bestaat tussen de ongelijknamige polen van twee permanente magneten. Daarmee hadden wij een belangrijke magnetische eigenschap ontdekt.

Van het spel met permanente magneten hebben wij nog iets geleerd. Een papierclip bijv. werd met grote kracht aangetrokken; een tweede papierclip werd prompt naar de eerste papierclip getrokken (zie fig. I-8). Wat was er gebeurd? Door beïnvloeding van de papierclip door de permanente magneet was het metaal van de clip eveneens magnetische eigenschappen gaan vertonen; het had dus ook twee polen gekregen: de noord- en zuidpool, en kon daardoor ook de tweede papierclip aantrekken. Dit verschijnsel van beïnvloeding noemt men inductie.

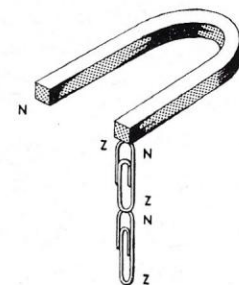


Fig. I-8. De aantrekkingskracht van een permanente magneet.

Magnetische krachten planten zich door de lucht voort, maar ook – en nog veel beter – door het staal van onze papierclip. Alle non-ferro metalen hebben geen doordringbaarheid (permeabiliteit) voor de magnetische krachten. Men kan ze dus niet met een permanente magneet aantrekken, zodat men spreekt van amagnetische metalen.

Magnetisme kan door een elektrische stroom worden opgewekt, terwijl het omgekeerde ook mogelijk is. In een draadspoel kan door inductie alleen dan een spanning worden geïnduceerd, wanneer deze spoel zich beweegt in een magnetisch veld. Een duidelijk voorbeeld hiervan werd in fig. I-4 gegeven, waar één winding zich bewoog tussen de polen van een permanente magneet. Daarbij werd uiteengezet, dat wisselstroom

een werkelijk wisselende stroom is. Sluit men dus een draadspoel waarin zich een staafje ijzer bevindt, aan op wisselstroom, dan ontstaan aan de uiteinden van dit staafje afwisselend noord- en zuidpolen (fig. I-9). De sterkte van een door elektrische energie opgewekt magnetisch veld berekent men door het aantal windingen van de spoel, die door de stroom doorlopen wordt, te vermenigvuldigen met de grootte (ampère) van die stroom. Dit produkt noemt men het aantal ampèrewindingen (afgekort Aw).

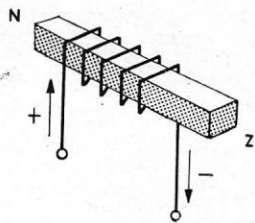


Fig. I-9. Ijzer (staal) wordt magnetisch door een elektrische stroom.

Elke elektromotor nu bestaat uit een stilstaand gedeelte, de z.g. stator, en een draaiend gedeelte, anker of rotor genoemd. De rotatie van het anker ontstaat onder invloed van magnetische krachten. Bij wisselstroom wekt men in de stator een draaiend magnetisch veld op door de polen afwisselend noord en zuid te maken. Ook aan het anker kan stroom via sleepringen of via een z.g. collector (poolwisselaar) worden toegevoerd, waardoor ook hier eveneens wisselende magnetische polen ontstaan. Gebruik makend van de eigenschap dat gelijknamige polen elkaar afstoten en ongelijknamige elkaar aantrekken, zal de motor gaan draaien.

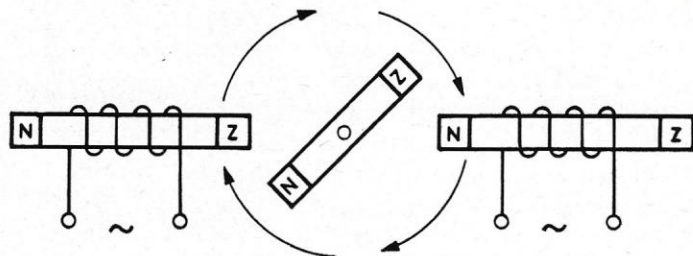


Fig. I-10. Men bereikt het draaien van de rotor (permanente magneet) door de statorpolen afwisselend N en Z te maken.

Het is ook mogelijk geen energie via elektrische geleiders aan de rotor toe te voeren (zie fig. I-10), maar deze van zodanig materiaal te bouwen, dat het draaiend magnetisch veld van de stator in de rotor spanningen induceert, waardoor in de kortgesloten windingen daarvan een elektrische stroom gaat vloeien. In zo'n geval spreekt men van inductiemotoren (zie blz. 53 e.v.). In de rotor van een inductiemotor bevinden zich dus speciale, onderling kortgesloten „windingen”, beter gezegd: koperen of aluminium staven, waarin de stroom gaat vloeien.

Zou men een massief ijzeren kern omwikkelen met een elektrische geleider waardoor men stroom liet vloeien, dan werden ook in dit massieve ijzer stromen geïnduceerd. Deze stromen noemt men hysteresis- of wervelstromen. Om deze tegen te gaan, gebruikt men in de wisselstroomtechniek nooit kernen van massief ijzer, maar bouwt men zo'n kern op uit een pakket dun, geïsoleerd plaatstaal (z.g. dynamoblik – dikte bijv. 0,5 mm). In een dergelijk pakket worden de wervelstromen tot een minimum beperkt (zie ook blz. 164).

### 3. De praktijk van het storingzoeken.

Met een variant op een bekende slagzin kan men zeggen: storingzoeken is eenvoudiger dan u denkt. Dat „u” slaat dan op leken, die vaak het snel diagnose stellen van de vakman als een speciale gave beschouwen – als een kenniselement, dat men niet kan leren, maar dat men van de geboorte af heeft meegekregen.

Het is inderdaad zo dat er mensen zijn, die een wel zeer speciaal ontwikkeld gevoel hebben voor het opsporen van storingen, maar de meeste vaklieden hebben het geleerd door systematisch en logisch te werk te gaan.

Het direct gaan demonteren van een apparaat waarvan de klant zegt: „Hij doet het niet”, kan al het begin van de moeilijkheden zijn. Hoe vaak hoort men niet van een leerling-reparateur: „Ik heb geen fout gevonden, maar nu ik het apparaat gemonteerd heb, werkt het weer normaal”. Men zit dan figuurlijk gesproken met de stukken. Omdat het toestel weer normaal werkt, heeft men geen mogelijkheid meer om de storing op te zoeken en is men dus gedwongen het toestel als „gerepareerd” aan de eigenaar terug te bezorgen. Men loopt nu een grote kans – omdat de eigenlijke oorzaak van de storing vermoedelijk niet is opgeheven – dat deze klant met een enigszins geschokt vertrouwen het apparaat na korte tijd opnieuw ter reparatie komt aanbieden.

Wil men dergelijke herhaalde klachten voorkomen, dan zal men letterlijk bij het begin moeten beginnen, d.w.z. dat men degene, die achter de toonbank het defecte toestel van de klant aanneemt, instrueren moet de klacht van de klant nauwkeurig te noteren. Als de klant niet duidelijk is, dan zal men door vragen te stellen achter de aard van de storing moeten komen.

De praktijk heeft wel uitgewezen, dat klachten over storingen aan huishoudelijke toestellen met beweegkracht, bijna altijd echte storingen zijn. In ons vak hebben wij bijna geen last van de onhebbelijkheden van elektronische toestellen (radio- en televisieapparaten), waar de storing plots weer verdwenen kan zijn. Zoiets als de verdwenen kiespijn in de wachtkamer van de tandarts. Bovendien kunnen hierbij storingen van

buitenaf optreden, omdat voor een goede ontvangst niet alleen elektriciteit nodig is, maar ook het uitgezonden signaal van de geluid- en/of beeldzender ongestoord moet zijn. Voor het functioneren van toestellen, aangedreven door een motor, is alleen de elektrische energie uit het lichtnet nodig. Uit ervaring is nu gebleken, dat de klant niet gauw een toestel als „defect” zal afgeven, wanneer de huisinstallatie de schuldige is. De instelling van de man achter de toonbank dient dus de juiste te zijn, nl. veel luisteren en niet denken: „Daar heb je die vervelende klant alweer, het zal wel niets wezen”. Hij moet ervan uitgaan dat het apparaat werkelijk defect is, en moet de goede service-mentaliteit hebben om te begrijpen dat de reparateur van hem verwacht, dat hij aan de werkplaats service verleent door de klacht juist te noteren.

Behalve dit noteren, zal hij ook soms de klant moeten geruststellen en — hetgeen nog belangrijker is — hij zal de klant niet ongerust moeten maken. Hij zal woorden als „defect” en „fout” moeten vermijden en bij voorkeur spreken van een storing. Vooral het woord „fout” kan later bij het aanbieden van de rekening veel moeilijkheden veroorzaken. De klant denkt dan al gauw aan fabrieksfouten en meent — ofschoon hij door de koop de fabrieksgarantiebepalingen van het betreffende produkt heeft geaccepteerd — dat een fabrieksfout altijd „als service”, d.w.z. kosteloos, moet worden gerepareerd. Dat service-verlening gepaard gaat met kosten, die na het verstrijken van de fabrieksgarantietermijn voor rekening van de opdrachtgever zijn, schijnt zelfs de man te vergeten, die een uur tevoren zijn in garantie lopende auto met een flinke rekening voor een inspectiebeurt van de garage heeft gehaald.

Na dit — belangrijke — begin komt de reparateur. Deze moet, na de klacht gelezen te hebben, het toestel via een wattmeter (minder mooi, maar wel bruikbaar: via een ampèremeter) aansluiten op de juiste netspanning (voltage). Dit is vooral van belang als de storing moet worden gezocht bij een particulier thuis aan apparaten als koelkasten en wasmachines. De vereiste spanning is af te lezen op het typeplaatje, dat op elk toestel is aangebracht.

Bij klachten als: „Start niet”, dient men na inschakeling van het apparaat allereerst de netspanning te meten. Hoewel in ons land de elektriciteitsvoorziening op een kwalitatief zeer hoog peil staat, komt het in afgelegen plaatsen met bovengrondse netten nog wel voor, dat de voedende spanning (te) laag is; speciaal in perioden, dat van de netten zeer veel energie wordt afgenomen (bijv. oogst- en dorsttijd in landbouwstreken). Vooral de koelkastmotor moet bij het aanlopen een grote trekkracht ontwikkelen om de pomp tegen de compressiedruk in te starten. Het is zo, dat de van een motor voorziene huishoudelijke toestellen nog normaal

functioneren (of moeten functioneren), als de voedende spanning plus of min tien procent afwijkt van het getal dat op het typeplaatje staat vermeld.

Elke seriemotor heeft een zeer hoog aanloopkoppel, ontwikkelt dus bij het aanzetten onmiddellijk grote kracht, zodat startmoeilijkheden ten gevolge van onderspanning bij dit motortype niet optreden. Maar zelfs toestellen die bij een te lage spanning nog goed starten, kunnen van deze afwijking blijvende schade ondervinden. Dit geldt speciaal voor door een seriemotor aangedreven vloerwrijvers. Het ontwikkelde koppel zal immers bij vollast veel geringer zijn, zodat de vloerwrijver met een verlaagd toerental gaat werken. Dit betekent eveneens een sterke achteruitgang van de luchtopbrengst van de koelwaaier op de ankeras, zodat de motor — ondanks de lagere spanning — te heet wordt. Dit heet worden betekent een toename van de ohmse weerstand van de motor, met als gevolg een nog verdere daling van het motortoerental en grote kans op verbranding van het anker.

Hoe vreemd het dus ook klinkt: bij elektrische huishoudelijke toestellen is in het algemeen onderspanning gevaarlijker dan overspanning.

Het aansluiten op de juiste netspanning behoeft geen probleem te zijn, wanneer men in de service-werkplaats beschikt over een z.g. variac (transformator met continu regelbare spanning). Moet deze nog worden aangeschaft, kies er dan een met gescheiden primaire en secundaire wikkeling (voor elektrisch schema, zie fig. VI-5, blz. 145). Hierbij heeft de voedende spanning geen verbinding met de aarde, zodat er bij het in aanraking komen met de secundaire spanning geen stroom door het menselijk lichaam kan vloeien. De reparateur loopt dan, bij een toestel waarvan de aanraakbare delen door een storing onder spanning staan, nooit de kans om door de elektrische stroom getroffen te worden. In een werkplaats is de aansluiting van de te onderzoeken toestellen via zo'n scheidingstransformator absoluut noodzakelijk, omdat de reparateur in zijn onmiddellijke nabijheid vaak goed gearde metalen delen van soldeerbout, meetinstrumenten, werktafels e.d. heeft.

Vertrouw nooit de aardleiding, die bij sommige verplaatsbare huishoudelijke toestellen aanwezig moet zijn. Deze kan onderbroken zijn of nog erger: de huisvader kan getracht hebben de storing te vinden en hiervoor de contactstop hebben geopend, de draden losgemaakt en weer vastgemaakt, maar verwisseld. Gevolg: de volle netspanning staat juist op de delen die uit veiligheidsoverwegingen gearde moesten zijn!

Als het toestel in het geheel niet functioneert, dan zal men de storing moeten gaan zoeken vanaf „het begin”, d.w.z. de aansluitleiding. Vooral als het gaat om apparaten die in normaal bedrijf veel worden verplaatst (stofzuigers, vloerwrijvers, koffiemolens e.d.), is de kans op een onder-

breking in een van de aders hiervan niet denkbeeldig. Dikwijls kan men door de aansluitleiding heen en weer te bewegen (vooral bij de contactstop, bij de toestelcontactstop en/of het punt waar de vaste leiding uit het toestel komt) het apparaat even aan het lopen krijgen. De storing is dan gelokaliseerd en vlug verholpen door inkorten van de leiding.

Natuurlijk moet men ernaar streven om herhaalde klachten te voorkomen. Men realiseer zich dat, als zo'n leiding aan één zijde een onderbroken ader heeft, de kans groot is dat ook aan de andere zijde de leiding een onderbreking zal gaan vertonen. Ook aan de (nog) goede zijde dus inkorten. Betreft het een onderbroken drieadrige leiding, dan moet men deze na de reparatie — terwijl men de leiding heen en weer beweegt! — doormeten ter controle van de aardader. Als de aansluitleiding er niet best meer uitziet, bewijst men zijn klant een grote dienst door de leiding geheel te vervangen. In dit geval is er maar één goed antwoord op de vraag, hoe te handelen: voorzie het toestel van een Drakaflex-snoer. De aangevulcaniseerde contactstoppen zijn veilig en hebben een zeer lange levensduur. De klant zal dankbaar zijn als de vakman hem — met een duidelijke toelichting — deze iets duurdere, maar ook veel veiliger en duurzamer aansluiting levert. Het is aan hem om zijn klanten van de betere kwaliteit te overtuigen.

Onnodig te zeggen, dat bij elke reparatie veiligheid en snelheid voorop dienen te staan (arbeidsloon is hoog en vakbekwame technici zijn schaars!). Het publiek wil wel iets meer betalen, als er dan ook maar het vertrouwen is dat tegenover deze hogere kosten een betere veiligheid of langere levensduur staat. Een goede voorlichting is ook van groot belang om een vaste klantenkring op te bouwen. Eén klant, die meent „genomen” te zijn omdat werd vergeten een verklaring van een hogere dan verwachte rekening te geven, is een anti-reclame die niet goed gemaakt kan worden door de fraaiste advertentie in het plaatselijke dagblad.

Is men er zeker van dat de aansluitleiding in orde is, door met een voltmeter op het klemmenbordje in het toestel geconstateerd te hebben dat er aan het einde van het snoer spanning is, dan moet controle volgen van de eventueel ingebouwde schakelaar en van de bedrading naar de motor.

Men zij erop bedacht dat een schakelaar mechanisch in orde kan zijn en elektrisch defect. Ook hier geldt dus: *meten is weten* — of de schakelaar in uitgeschakelde stand doormeten met een ohmmeter of met een voltmeter constateren of achter de schakelaar in ingeschakelde stand nog spanning is.

Is ten slotte door meting bewezen dat er wel spanning op de weiger-

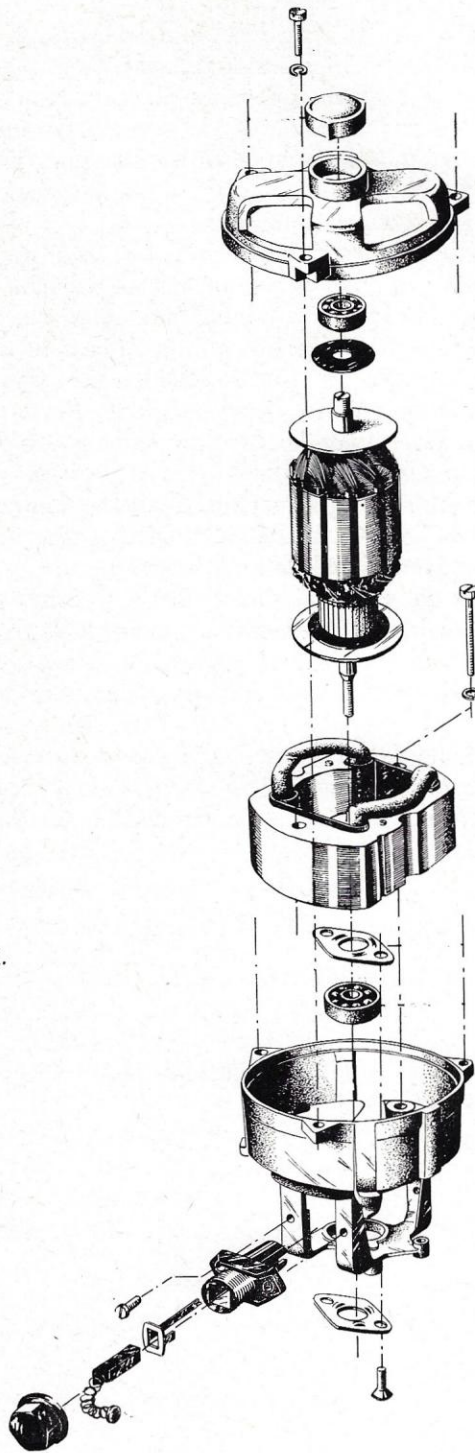
achtige motor komt, dan eerst moet hierin de storing worden gezocht.

Bij een toestel dat volledige sluiting maakt, dient men zich te realiseren dat niet alleen de bedrading daarvan de oorzaak behoeft te zijn. In geval van een seriemotor kan ook de over de motor geschakelde ontstoringscondensator (ter onderdrukking van stoorspanningen op radio- en televisiefrequenties) defect zijn. Vaak kan men dit reeds aan de buitenzijde van de condensator zien.

Een ontstoringscondensator bestaat uit twee door papierisolatie gescheiden rollen aluminiumfolie in een metalen of pertinax buitenkoker, welke aan de voor- en achterzijde is afgesloten met een gietmassa (vroeger compound, tegenwoordig vaak Araldit-giethars). Raakt de papierisolatie nu defect, dan treedt ergens een geleidende verbinding op tussen de beide rollen aluminiumfolie. Gevolg: sluiting. Er ontwikkelt zich dan in het inwendige van de condensator kortstondig een zeer grote hoeveelheid energie, waardoor het defect raken vaak gepaard gaat met een explosie. De klant hoort dan een knal, ziet soms blauwe vlammen, terwijl de gietmassa gedeeltelijk naar buiten wordt geslagen. Zo'n defecte condensator is dus gemakkelijk te herkennen.

Naast meten is het dus zaak dat men met deskundige ogen goed kijkt. Ga niet in het wilde weg demonteren, maar denk goed na. Denk echter niet: „Ik heb nu al drie van zulke gevallen gehad, het zal ook wel „dat” zijn.” Het kan dan wel eens gebeuren dat het net „dit” is.

In de volgende hoofdstukken zullen de motoren die in de huishoudelijke sector worden aangetroffen de revue passeren, waarbij dan tevens de meest voorkomende storingen en de daarbij toe te passen reparatiemethoden worden besproken.



## Hoofdstuk II

### DE SERIEMOTOR

#### 1. Algemeen.

Onder de seriemotor verstaat men een elektromotor, waarbij de statorspoel(en) en het anker in serie zijn geschakeld (fig. II-1). Het is vooral dit type motor dat in steeds grotere aantallen in de huishouding wordt toegepast. Elektrisch en mechanisch kan deze motor zodanig worden ontworpen, dat hij zowel op wisselstroom als op gelijkstroom goed functioneert (z.g. universele seriemotor). Vooral vroeger, toen in vele grote steden in de oude stadskern nog het gelijkstroomnet bestond uit de beginperiode van de levering van elektriciteit aan particulieren, was dit van groot belang. Thans is de elektrische energie landelijk geheel gestandaardiseerd tot wisselstroom en komt gelijkstroom alleen nog op schepen voor.

De seriemotor gaf aanvankelijk aan de fabrikanten nogal wat hoofdbrekens. Immers zijn karakteristiek — in het bijzonder zijn koppeltoerengrafiek — is zodanig dat in onbelaste toestand de motor neiging vertoont „op hol te slaan”, d.w.z. een zeer hoog toerental te ontwikkelen. Bij belasting zakt het toerental direct aanzienlijk (zie ook blz. 84).

Tot in de jaren 1940 moesten de constructeurs het bedrijfstoerental beperken tot maximaal 8 à 10 000 omw/min, omdat bij hogere bedrijfstoerentallen het nullasttoerental zo hoog zou worden, dat de centrifugaalkracht de wikkelingen van het anker naar buiten zou slingeren. Dit probleem heeft men momenteel veel beter onder de knie, nu men overal een impregneermethode toepast met moderne gietharsen. Door deze wijze van impregneren wordt van het anker één massief geheel gemaakt, zodat de centrifugaalkracht niet in staat is de wikkelingen naar buiten te slingeren, terwijl bovendien het fabricageproces aanzienlijk kon wor-

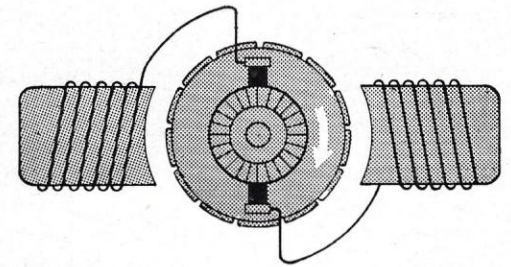


Fig. II-1. Schematische voorstelling van een seriemotor.

den versneld. Voor nullasttoerentallen van 20 à 25 000 omw/min is de constructeur dan ook tegenwoordig niet meer bang. Juist deze hoge toerentallen in onbelaste of bijna onbelaste toestand en het gedrag bij belasting maakt dit type motor in de huishoudelijke sector zeer geschikt voor toepassing in stofzuigers en in elektrisch handgereedschap voor amateurs.

De elektrische stroomdoorgang van de stator- naar de ankerwikkelingen vindt bij dit type motor plaats via z.g. koolborstels. Aangezien uit het gedrag van deze koolborstels bij draaiende motor zeer vaak is af te leiden welke storing de seriemotor heeft, zullen wij nog in een tweetal afzonderlijke paragrafen de koolborstels en hun speciale service-problemen bespeken.

Aan de hand van fig. II-2 willen wij nagaan, waarom de seriemotor zowel op gelijk- als wisselstroom kan werken en hoe zijn gedrag is bij aansluiting op deze stroomsoorten.

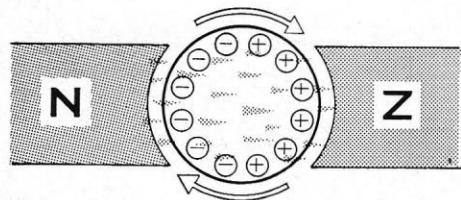


Fig. II-2. Het ontstaan van rotatiekrachten bij een seriemotor.

in één bepaalde richting vloeit en in de andere helft in tegenovergestelde richting. (In de figuur is dit aangeduid met een min- en een plus-teken). Aan een zijde van het anker ontstaat nu volgens de z.g. linkerhandregel een opwaartse kracht, aan de andere zijde een neerwaartse kracht. Deze beide, aan de buitenzijde van het anker aangrijpende krachten vormen samen het koppel dat het anker doet ronddraaien.

Sluit men de seriemotor op *wisselstroom* aan, dan zal eveneens een koppel ontstaan. Immers, de stroom in het anker wisselt  $100 \times$  per seconde van richting (bij aansluiting op het besproken wisselstroomnet met een frequentie van 50 Hz), maar ditzelfde vindt ook plaats in de stator. Dientengevolge wisselt ook de magnetische krachtstroom voortdurend van richting. Aangezien deze wisselingen zowel in het anker als in de stator wat betreft de tijd in fase – dus gelijktijdig! – plaatsvinden, ontstaat eveneens een koppel dat voortdurend wisselt ( $100 \times$  per seconde van nul tot maximum) in dezelfde richting als bij aansluiting op gelijk-

stroom. Dit voortdurend wisselend koppel resulteert in een gemiddeld koppel dat het anker doet ronddraaien.

Vervolgens wijzen wij op de veel voorkomende misvatting dat de eigenschappen van de universele seriemotor bij gelijk- en wisselstroom gelijk zouden zijn.

Eerst willen wij het gedrag nagaan bij aansluiting op *gelijkstroom*. In een gelijkstroomcircuit is bij een bepaalde aangelegde spanning de grootte van de stroom (ampèrage) afhankelijk van de weerstand (zui-ver ohmse weerstand).

Bij aansluiting op *wisselspanning* wordt de grootte van de stroom bepaald door de impedantie van het circuit, d.i. de ohmse weerstand vermeerderd met de weerstand veroorzaakt door de zelfinductie. Alleen bij een op wisselspanning aangesloten seriemotor is er altijd sprake van zelfinductie.

Door deze zelfinductie (extra weerstand dus) wordt de spanning over het anker (d.i. de spanning tussen de koolborstels) kleiner, zodat bij een bepaald voltage het toerental van de motor op wisselspanning lager is dan op gelijkspanning, m.a.w. tijdens het draaien van de motor op wisselspanning is de effectieve waarde van de spanning over het anker geringer dan bij aansluiting op gelijkspanning.

Natuurlijk is het, gezien het wisselend rotor- en/of statorveld, noodzakelijk dat bij een seriemotor zowel stator als anker is opgebouwd uit het reeds eerder vermelde dynamoblik (zie ook fig. II-3), waardoor de hysteresis- of werelstroomverliezen bij gebruikmaking van wisselstroom tot aanvaardbare waarden blijven beperkt.

Mocht men in de praktijk geconfronteerd worden met een klacht over een seriemotor, waarvan de koolborstels op gelijkspanning sneller zouden slijten dan op wisselspanning, dan overtuige men zich terdege of hier sprake is van een normaal verschijnsel. Wij immers hebben uiteengezet dat bij gelijkspanning de spanning over het anker groter is dan bij aansluiting op een wisselstroomnet. Deze grotere spanning over het anker betekent, dat ook de spanning tussen de collectorlamellen (lamelspanning) groter is. Een grotere lamelspanning resulteert altijd in merkbaar grotere koolborstelslijtage.

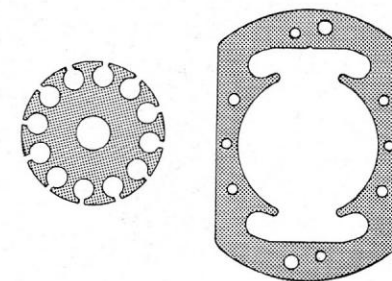


Fig. II-3. Rotor- en statorblik van een seriemotor.

## 2. De mechanische opbouw.

De huidige zeer hoge bedrijfstoerentallen vereisen een mechanisch zeer stevige opbouw van deze motoren. Ondanks hun vaak betrekkelijk klein volume zijn zij juist door hun hoge toerentallen toch in staat een behoorlijk vermogen (tot 1 pk) af te geven. Voor de legering van de ankeras worden dan ook meestal kogellegers gebruikt. Deze bevinden zich in de motorschilden, welke bestaan uit constructies van plaatstaal of zijn gegoten uit een bepaalde staal-, lichtmetaal- of zinklegering.

De gegoten of gespoten motorschilden hebben op enige plaatsen nog draaibewerkingen moeten ondergaan: allereerst de pasrand, waarmee het schild aan de buitenzijde moet passen op het statorpakket of op het

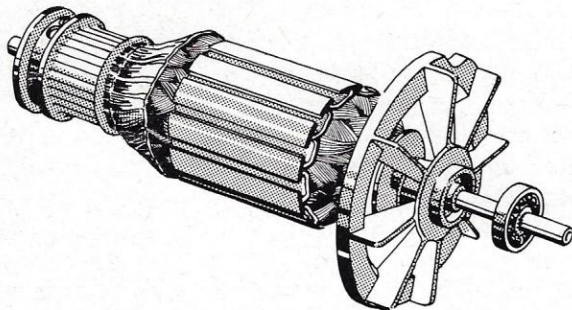


Fig. II-4. Anker van een seriemotor, dynamisch gebalanceerd doordat materiaal uit de koelwaaier is weggenomen en gaatjes zijn geboord in de messing balanceerschijf bij de collector.

andere schild; voorts ook de kogellegerpassingen. Deze moeten zeer nauwkeurig op maat worden gemaakt, omdat anders of verklemming van het precisiekogelleger optreedt of meewalsen van de buitenring van het leger als het anker met grote snelheid draait. De beide draaibewerkingen worden in één opspanning gemaakt, omdat hierdoor de zekerheid ontstaat dat het anker zuiver in het midden van het statorpakket komt te zitten.

Een van de motorschilden, meestal het onderschild, heeft een zodanige vorm dat het uit dynamoblik opgebouwde pakket met de statorwikkelingen hierin kan worden ondergebracht. Zulks gebeurt door inpersen van het pakket of op een conventionele methode door een tweetal bevestigingsbouten.

Voor de goede werking van elke seriemotor is het noodzakelijk dat de luchtspleet tussen anker en stator overal even groot is. Bij de thans in de huishouding toegepaste typen is een luchtspleet van 0,3 mm gebruikelijk.

Deze motoren zijn door hun hoge toerental zeer gevoelig voor zijdelings op het anker werkende krachten, welke zeer gemakkelijk optreden ten gevolge van onbalans in het anker of door onbalans van op de ankeras gemonteerde onderdelen als luchtwaaiers e.d. Het nadelig effect van zo'n ankeronbelans neemt met het toerental kwadratisch toe, zodat alle draaiende delen van de seriemotor perfect gebalanceerd moeten zijn. Moet een anker wegens een elektrisch defect door een gespecialiseerd wikkelbedrijf overgewikkeld worden, dan dient men er zich dus van te overtuigen, dat het anker na het wikkelen en impregneren aan beide uiteinden – bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de legerpassingen – dynamisch is gebalanceerd.

Dit dynamisch balanceren gebeurt op speciale machines, die aangeven op welke plaats(en) men enig materiaal moet weghalen (bijv. een stukje uit de koelwaaier, zie fig. II-4) of toevoegen (bijv. lood in de groeven). Met het toevoegen van materiaal dient men grote voorzichtigheid te betrachten, omdat een analyse van een groot aantal door sluiting defect geraakte ankers heeft aangetoond, dat de sluiting vaak in die groef voorkomt waarin na het overwikkelen het lood is gestoken. Ook is, omdat door de zeer hoge toerentallen grote centrifugaalkrachten op dit lood werken, de kans van eruit slingeren niet denkbeeldig. Dit laatste veroorzaakt bijna altijd blokkeren van het anker, waardoor een nagenoeg volledige kortsluiting op het wisselstroomnet ontstaat. In de korte tijd, voordat de smeltveiligheid in de huisinstallatie gaat werken, wordt dan zoveel elektrische energie in de stator- en ankerwikkeling opgenomen dat verbranding het gevolg is. Zelfs als een motor na zo'n krachtproef wordt gerepareerd, is toch de kans groot dat na korte tijd een wikkelsluiting of een sluiting in het motorhuis (gestelsluiting) zal optreden, omdat de in het anker en de stator toegepaste isolatiematerialen enigszins zijn verkoold.

Wij spraken over „dynamisch” balanceren. Dit is iets geheel anders dan het statisch balanceren. Statisch balanceren kan men met een draaiende schijf doen (bijv. een autowiel). Men brengt dan aan de zijde waar het wiel te licht is een loden gewicht aan. Een zodanig gebalanceerd wiel zal, opgenomen op een vrij draaiende as, geen enkele neiging hebben om steeds met een bepaald punt naar beneden stil te staan, nadat wiel en as in beweging zijn gebracht. Bij voorwerpen die aanzienlijk van de schijfvorm afwijken en dus in draaiende beweging meer de vorm hebben van een cilinder, is dynamisch (dus tweezijdig) balanceren noodzakelijk (zie fig. II-4 en II-5).

Ook constructies, waarbij de motor onderdeel is van een groter geheel (bijv. van het turbine-aggregaat in een stofzuiger, waarbij men twee of meer waaiers op de ankeras heeft gemonteerd), worden door de fabrikant

wel in hun geheel dynamisch gebalanceerd. Dit waarborgt een rustige loop en verschaft de legers een lange levensduur, maar betekent tevens dat, wanneer een anker moet worden overgewikkeld, niet alleen het anker maar ook de waaiers opnieuw moeten worden gebalanceerd. Men

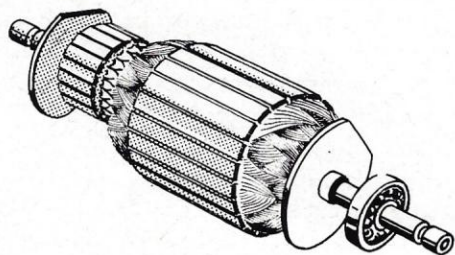


Fig. II-5. Anker van een seriemotor, voorzien van twee plaatstalen balanceerschijven, door gedeeltelijk afknippen van deze schijven in balans gebracht.

past dit dynamisch balanceren dan ook alleen toe bij kwaliteitsprodukten. Fabrikanten van dergelijke produkten hebben meestal een uitgebreide service-organisatie, waar men voor de installateur de reparatie zal kunnen verrichten ofwel een fabrieksnieuwe ruilmotor voor hem ter beschikking heeft. Wellicht lijkt het of men dan duurder uit is, maar dit is een schijn die de werkelijkheid bedriegt. Men dient zich immers te realiseren dat de urenlonen en de sociale lasten thans zo hoog geworden zijn, dat bij reparaties snelheid en efficiëntie de belangrijkste rol zijn gaan spelen. Vooral de meer ingrijpende reparaties aan elektromotoren kunnen dan ook het snelst, het meest efficiënt en daardoor uiteindelijk ook het goedkoopst door de fabrieksservice-diensten worden uitgevoerd, omdat zij daartoe beschikken over een staf van gespecialiseerd personeel.

### 3. Kritieke punten bij demontage en montage.

#### *Veer- en sluitringen.*

Onder de bevestigingsbouten van de motorschilden en/of het statorpakket treft men vaak verende sluitringen aan. Controleer of ze nog intact zijn (en dus nog veren). Vergeet nooit zo'n veerring weer te monteren.

Onder een veerring komt vaak een normale sluitring voor. Men realiseer zich goed, dat bij de huidige massafabricage op onderdelen van centen wordt gelet: er zit geen onderdeel te veel in de motor. Monteer dus ook deze sluitringen weer; ze zijn niet zonder betekenis. Zelfs de volgorde: boutkop – veerring – sluitring of: boutkop – sluitring – veerring is van belang en mag niet gewijzigd worden.

#### *Kogellegers.*

Dit zijn wonderen van precisie en dus vijanden van een hamer. Maakt de constructie van de ankeras het onmogelijk het leger eraf te nemen

door krachttuioefening op de achterzijde van de binnenring, gebruik dan uitsluitend het in de handel zijnde, speciale gereedschap, de z.g. leger-trekker (zie fig. II-6). Hiermede kan men door middel van een ring met tandjes die precies tussen de kogels vallen, de binnenring van het leger stevig vastklemmen en vervolgens op de as druk uitoefenen, zodat het leger omhoog komt.

#### *Kogellegerdefecten.*

a. Te veel speling. Dit kan een kwestie van normale slijtage zijn. Leger vervangen.

b. Kogelkooibreuk. Dit is altijd een smeringskwestie; het leger heeft bijv. door een foutieve constructie van het motorschild het vet weggeslingerd. De huidige kwaliteit van kogellegers is zodanig, dat nasmering bij seriemotoren niet nodig is. De door de fabriek aangebrachte vetvulling is voor de hele levensduur voldoende. Toch zal men behalve weggeslingerd vet in de praktijk ook tegenkomen, dat ondeskundigen het leger hebben nagesmeerd met olie of een geheel verkeerde vetsoort, met alle gevolgen van dien.

Ook vervuiling van het legervet kan kogelkooibreuk veroorzaken. Let er dus bij het demonteren van een seriemotor zeer goed op of in de kogellegerpassing van het schild door de fabrikant afdichtplaatjes zijn aangebracht. Bij nagenoeg iedere seriemotor strijkt koellucht langs de legers. Als door een foutieve constructie deze stofbevattende koellucht via het leger zelf wordt aangezogen, zal vervuiling van het vet optreden. Dit wordt dan korrelig, verliest zijn smerende eigenschap met als gevolg vastlopen van het leger door kogelkooibreuk.

Constaateert men dus een defect leger met korrelig vet, monteer dan een gesloten kogelleger. Deze vrijwel stofdichte kogellegers zijn in de handel verkrijgbaar. Ze zijn wel iets duurder, maar voorkomen dat men na enige tijd weer voor hetzelfde defect van dezelfde motor komt te staan. In zo'n geval zal de klant zijn installateur beschouwen als iemand die zijn vak niet verstaat. Niet alleen diens naam is er dus mee gemoeid, maar ook zijn geld. Hij zal immers de kosten van zo'n tweede reparatie

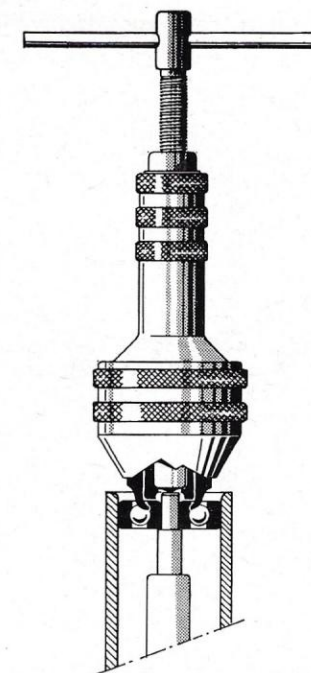


Fig. II-6. Handsgereedschap voor verwijdering van een open kogelleger van een as, z.g. leger-trekker.

voor eigen rekening moeten boeken, omdat de eerste niet deskundig werd uitgevoerd.

### Het monteren van kogellegers.

Moet een kogelleger weer op de as geperst worden, dan verdient het aanbeveling dit ook werkelijk persend te doen. De perskracht moet worden uitgeoefend op de binnenring van het leger, door middel van een

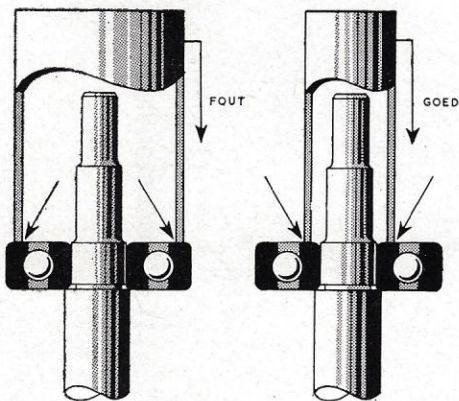


Fig. II-7. Het oppersen van een kogelleger dient met behulp van een buisje met de juiste diameter te geschieden.

de slijtage van de kogelbanen optreedt en het leger een gierend lawaai zal maken. Een zwaar punt zal men wellicht enigszins kunnen verhelpen door op de gemonteerde motor met een plastic hamer te tikken. De legers komen dan soms door „schrikken” in de goede stand. Deze controle op zware punten moet men verrichten nadat de gehele motor is gemonteerd, echter met uitzondering van de koolborstels, omdat het anker hierbij volkomen vrij moet kunnen draaien.

Nog iets over de kogellegers zelf. Wanneer men een nieuw leger bekijkt, ziet men dat het schoon is, d.w.z. stofvrij, en voorzien van een roestwerend vetlaagje. Dit mag men nooit bijv. door spoelen met benzine of een andere vetoplossende vloeistof verwijderen. Bij de montage dient men ervoor te zorgen dat het leger ook schoon blijft; bewaar het in de originele fabrieksverpakking. Vlak voor het oppersen uitpakken en vullen met speciaal – en schoon! – kogellegervet. De uiterste reinheid is bij deze handeling vereist, omdat verontreinigd vet op de duur kogelkooibreuk kan veroorzaken. Ook de astap en de passing in het motorschild moeten bij montage dus zeer goed schoon zijn, zodat het leger

in een werkelijk zuivere omgeving zijn taak kan gaan verrichten. Voorwaarde daartoe is ook een schone werkplaats. Deze dient er uit te zien als een laboratorium van specialisten, waar men onder ideale omstandigheden – schoon en veel licht – en met goed gereedschap kan werken, met open ogen als er iets gemonteerd of gedemonteerd moet worden. Dat getuigt van liefde voor het vak.

En wat nu te doen met oude legers? Schoonmaken in benzine, voorzien van vet en weer monteren? Dit moet men in een service-werkplaats maar niet gaan proberen. Het zou een tijdrovende bezigheid worden (die veel geld zou kosten), terwijl men deze kleine legers, zoals toegepast in seriemotoren, toch niet werkelijk schoon krijgt. Gezien de lage kostprijs is het dus altijd voordeliger – ook voor de klant! – om een nieuw leger te nemen.

Aan het schoonmaken met een vetoplossend middel kleeft nog een ander gevaar. Als men nl. het leger na deze behandeling niet onmiddellijk doopt in een dikke olie en daarna (bijv. met de hand) laat draaien, is er grote kans op roestvorming. Deze roestvorming zal zich ook voortzetten, nadat het leger is voorzien van de voorgeschreven hoeveelheid vet, met de mogelijkheid dat na korte tijd een defect optreedt.

Kort samengevat geldt dus voor de kogellegers van seriemotoren:

1. Tracht geen vervuilde legers schoon te maken; neem steeds nieuwe.
2. Zorg er bij de montage voor dat alles waarmede het leger in aanraking komt, goed schoon is.
3. Breng bij het van de ankeras afnemen of bij het op de as persen nooit kracht via de kogels over; gebruik zonodig een legertrekker (fig. II-6).
4. Pers een leger altijd recht op de as (fig. II-7).

### As- of passingdefecten.

Zijn op de ankeras bijv. waaiers gemonteerd of is er een poelie op bevestigd, dan past men soms om loslopen te voorkomen een bevestigingsmoer met linkse draad toe. Kijk eerst goed of het een linkse dan wel rechtse draad is en draai eerst daarna de moer met een dopsleutel los. Om hierbij meedraaien van de ankeras te voorkomen moet deze (bijv. aan de waaier) worden tegengehouden. Soms is de as voorzien van twee platte kanten (vaak vlak achter de collector) waardoor het vasthouden wordt vergemakkelijkt. Ook treft men tegenwoordig constructies aan, waarbij aan de voorzijde de centerpunt van de as is vervangen door een zeskant gat; daarin past dan een z.g. inbussleutel, waarmee men de as goed kan vasthouden (zie fig. II-8).

Betreft het de as van een dynamisch gebalanceerd anker waarvan de waaier (of een ander groot onderdeel) verwijderd moet worden, breng

dan vóór de demontage met een potloodstreep op as en waaier een merkteken aan. Bij montage is dan precies na te gaan, welke stand de waaier had ten opzichte van de as. Dit is een onmisbaar hulpmiddel als de fabrikant de motor (bijv. van een stofzuigeraggregaat) in samenstelling heeft gebalanceerd.

Komt men een ankeras tegen met een versleten kogellegerpassing, waardoor de binnenring van het kogelleger ten opzichte van de as kan draaien, dan is vervanging door een fabrieksnieuw anker de enige reparatiemogelijkheid.

Het kan ook voorkomen dat de legerpassing in het schild iets te

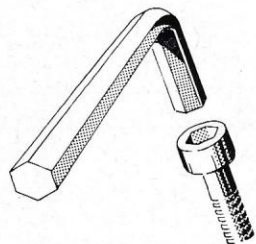


Fig. II-8. Op de inbusbout, waarmee sommige ankerassen zijn uitgevoerd, past een z.g. inbussleutel.

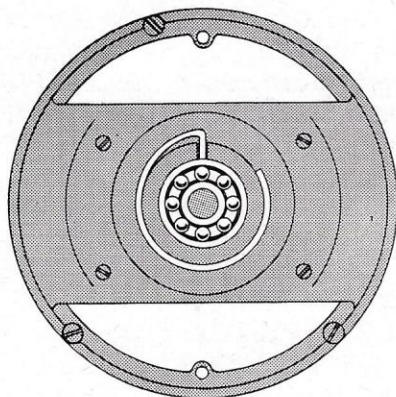


Fig. II-9. Veerconstructie om meewalsen van de buitenring van een kogelleger te voorkomen.

groot is geworden, waardoor de buitenring van het leger ten opzichte van dit schild kan draaien en gaat meewalsen. In tegenstelling tot een versleten astap, die zeer eenvoudig aan de onrondheid is te herkennen, is een meewalsend leger soms alleen maar te constateren door het vet van dit leger te controleren. Heeft de buitenring meegewalst, dan zijn er altijd metaaldeeltjes van het schild in het legervet gekomen; vooral aan de randen is het zwart door verontreiniging met metaaldeeltjes. Dit is dus met het blote oog waarneembaar. Beschikt men in zo'n geval niet over een nieuw schild, dan is de in fig. II-9 getekende oplossing van een veer die drukt op de buitenring van het kogelleger, soms een goede noodoplossing.

#### 4. De elektrische opbouw.

Evenals bij alle wisselstroommotoren is ook van de seriemotor het stator- en rotorpakket, waarin of waarom zich de windingen bevinden, opgebouwd uit dynamoblik (zie fig. II-10). Elektrisch bestaan er enige verschillende uitvoeringsvormen; wij beperken ons echter tot de uitvoering

die in de praktijk het meest voorkomt. Hierbij heeft het statorpakket een zodanige vorm, dat twee veldspoelen (fig. II-11) kunnen worden aangebracht (in kleine handboormachines en mixers heeft het statorpakket soms een hoefijzervorm met één veldspoel). Deze twee veldspoelen zijn met het anker in serie geschakeld (zie fig. II-1).

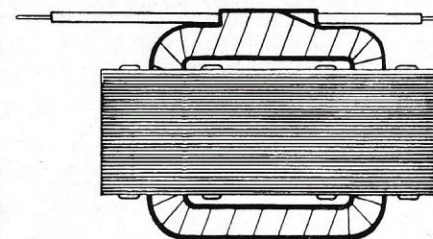


Fig. II-10. Statorpakket van een seriemotor, opgebouwd uit dynamoblik.

#### De veldspoelen.

Veldspoelen bestaan uit normaal wikkeldraad (door een laklaag geïsoleerd koperdraad; men spreekt ook wel van emailledraad). De laklaag vormt een voldoende isolatie om te voorkomen dat de windingen onderling sluiting zouden maken; hij heeft een hoge doorslagspanning. Toch mag men uit veiligheidsoogpunt deze wijze van isoleren nooit als afdoende beschouwen. De isolatie van de spoel t.o.v. de metalen delen van het statorpakket moet dus nog door andere isolatiematerialen tot stand worden gebracht. Meestal wordt daartoe de gehele veldspoel met linnen- of plastic band omwikkeld, waarbij soms nog extra isolatiemateriaal tussen de gebandageerde spoel en het pakket wordt aangebracht. Daarna volgt een behandeling met een speciale harssoort, zodat vocht geen nadelige invloed kan gaan uitoefenen. Vroeger paste men vacuüm-impregneren toe; thans — nu betrouwbare gietharsen ontwikkeld zijn — treft men veelvuldig „ingestroken” windingen aan. Aangezien plastic geen vocht opneemt, kan deze behandeling bij statorspoelen met plastic band ook achterwege blijven.

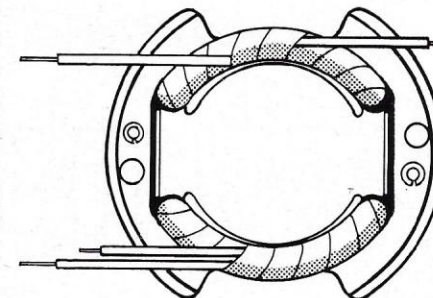


Fig. II-11. Bovenaanzicht van het statorpakket van een seriemotor met twee veldspoelen.

De isolatie tussen veldwikkeling en statorpakket en ook de isolatie tussen rotorwikkeling en rotorpakket noemt men de functionele isolatie. De naam spreekt voor zich zelf: deze isolatie is onmisbaar voor het functioneren van de motor. Zeer terecht stelt men hieraan alleen al uit veiligheidsoverwegingen hoge eisen. Een proefspanning van 1500 V ~ gedurende één minuut moet kunnen worden doorstaan, zowel in normale omstandigheden, als na een duurproef

(denk aan koolstofneerslag van de slijtende koolborstels!), als na een 48 uur durende vochtproef.

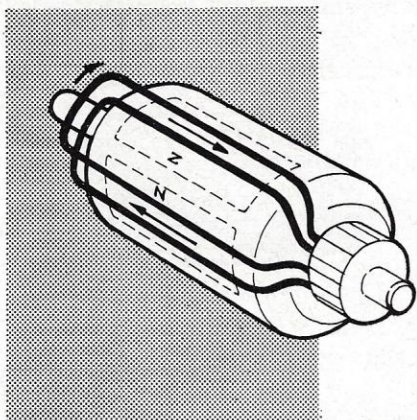


Fig. II-12. Zeer schematische voorstelling van de ankerwikkeling van een seriemotor.

weer tot de werkzaamheden van de vakman behoort. Dient bij de statorwikkeling het impregneren hoofdzakelijk om het indringen van vocht te

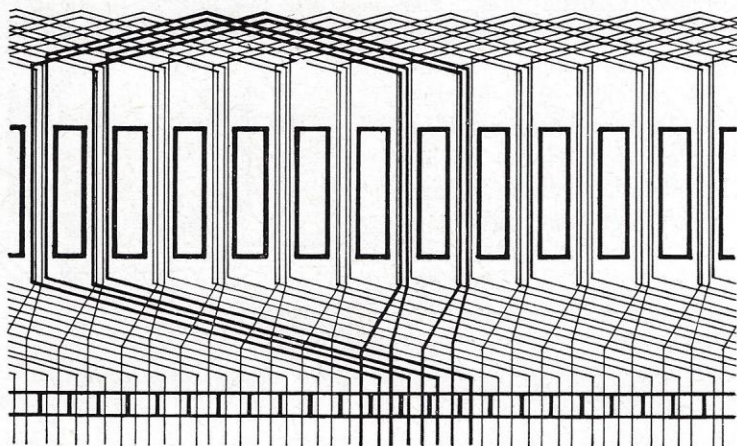


Fig. II-13. Elektrisch schema van het anker van een seriemotor.

voorkomen, bij een ankerwikkeling is impregneren ook noodzakelijk om van het gewikkelde anker één massief geheel te maken, zodat de centrifugaalkrachten niet in staat zijn de wikkelpop ook maar iets naar

### De ankerwikkeling.

Deze wikkeling (zeer schematisch voorgesteld in fig. II-12) is veel ingewikkelder dan die van de veldspoelen. Een anker bestaat uit vele spoelen, die aangesloten zijn op de z.g. collector. Een voorbeeld hoe het schema van deze ankerspoelen zijn kan, wordt in fig. II-13 weergegeven. Het betreft hier het anker van een stofzuigermotor (bedrijfstoerental 23 000 omw/min).

Indien men zich realiseert aan welke enorme centrifugaalkrachten de ankerwikkelingen worden blootgesteld, dan is begrijpelijk dat wikkelen en impregneren hiervan ook

buiten te werken. De werking van de wikkeldraden zou onherroepelijk leiden tot plaatselijk blank worden van de geëmailleerde wikkeldraad, met als gevolg windingsluiting.

Een uit elkaar geslagen wikkelpop zal men zeker bij oudere typen seriemotoren tegenkomen. Hij is zeer gemakkelijk te herkennen, omdat dan

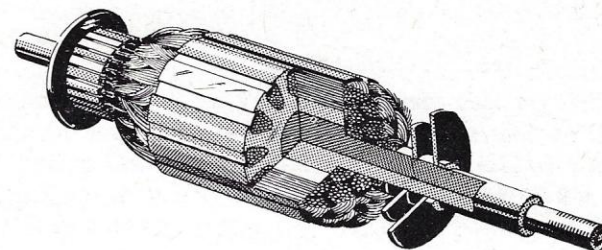


Fig. II-14. Opengewerkt anker van een seriemotor. Het anker is één massief geheel.

de wikkelingen aan de bovenzijde niet meer tegen het isolatiemateriaal rond de ankeras liggen.

De functionele isolatie van een anker werd vroeger gevormd door z.g. combinatiepapier in de groeven. Combinatiepapier bestond uit leerpapier en olielinnen en vormde zo een goed samengaan van mechanische sterkte (het leerpapier) en hoogwaardige isolatiekwaliteit (het olielinnen). Tegenwoordig wordt in de ankergroeven polyesterfolie (een plastic dus) aangetroffen dat – bij een veel geringere dikte – dezelfde mechanische en elektrische eigenschappen heeft.

Men realiseert zich goed, dat ook aan de rotorisolatie de eis gesteld wordt van 1500 V ~ proefspanning voor en na duurproef en vochtproef. De geringere dikte van het isolatiemateriaal nu is een belangrijk winstpunt, omdat daardoor meer ruimte in de groeven beschikbaar is gekomen. Hierdoor heeft men o.m. de draaddiameter van het wikkeldraad kunnen vergroten, hetgeen heeft geleid tot een lagere eindtemperatuur van het onder belasting draaiend anker. Men kan dus de motor zwaarder belasten dan vroeger, zonder dat daarbij een zodanige temperatuurstijging van de ankerwikkeling optreedt, die de isolatie zou aantasten.

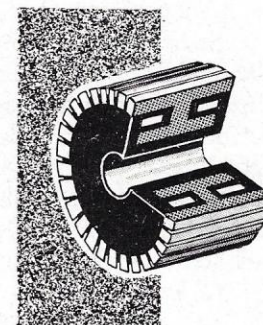


Fig. II-15. De collector van een anker is opgebouwd uit afzonderlijke lamellen.

Door de vereiste impregnatie van het anker is het niet mogelijk bij een collectordefect de wikkelingen los te solderen en een nieuwe collector op te persen. Wij zeiden immers al, dat zo'n zeer snel draaiend anker één massief geheel moet blijven (zie fig. II-14). Een collectordefect (bijv. doordat een lamel iets naar buiten is gewerkt, fig. II-15) betekent dan ook altijd: anker laten overwikkelen of vervangen door een fabrieksnieuw exemplaar.

#### *Het overwikkelen van ankers en stators.*

Hieraan wage men zich niet zelf; dit is werk voor een gespecialiseerd wikkelbedrijf of voor de fabrieksservice-dienst. Vooral deze laatste instantie, die elk bonafide merk zal hebben ter ondersteuning van eigen service-activiteiten, zal snel kunnen helpen, omdat ook in onze branche meer en meer het principe geldt, dat vervanging door nieuwe onderdelen voordeliger is dan reparatie van oude. Overwikkelen van oude veldspoelen of ankers komt vrijwel niet meer voor. De huidige hoge arbeidslonen betekenen nl. dat het slopen van een defecte wikkeling, het opnieuw wikkelen en impregneren (in een veel lager tempo dan zoals dit in massa in de fabriek gebeurt en zonder de goede hulpmiddelen van de fabriek) duurder is dan het leveren van een compleet en fabrieksnieuw anker of statorpakket, die immers met het gespecialiseerde gereedschap en op de gespecialiseerde machines in grote aantallen en tegen een lage prijs kunnen worden gemaakt.

Overwikkelen is ook noodzakelijk, wanneer de seriemotor geschikt moet worden gemaakt voor een andere spanning. Dit kan theoretisch altijd indien het normale netspanningen betreft, dus bijv. van 127 naar 220 V. Overwikkelen naar een spanning van bijv. 24 V, zoals aan boord van binnenschepen voorkomt, is echter niet mogelijk. Soms kan de fabrieksservice-dienst dan voorzien in een nieuwe laagspanningsmotor. Zo'n motor heeft nl. een geheel andere stator- en rotorwikkeling en is voorzien van speciale koolborstels, die geschikt zijn voor het lage voltage en het hoge ampèreage. Deze z.g. koperkoolborstels bevatten veel koper en hebben zeer duidelijk een koperkleur in tegenstelling tot de normale, zwarte koolborstels.

Overwikkelen is dus in theorie door een deskundig wikkelbedrijf nagenoeg altijd mogelijk. Wanneer het echter een oudere motor betreft waarvan ook het mechanisch gedeelte reeds aan slijtage onderhevig is geweest, zal voor de klant een nieuwe motor een betere oplossing zijn. Wij komen hierop nog terug, zie blz. 95 e.v.

#### *Het wijzigen van de motor.*

Bij ombouw van gemeentewege naar 220 V worden door de gemeente-

lijke elektriciteitsbedrijven met de plaatselijke installateurs afspraken gemaakt. Bijna altijd betekent dit, dat de merkartikelen via de vakhandelaar naar de service-dienst van de betreffende fabrikant gaan en aldaar worden gewijzigd.

Nieuwe klanten die pas verhuisd zijn van een plaats met een andere netspanning, moet men goed adviseren of er van gemeentewege tijdelijk een z.g. verhuistransformator van groot vermogen tussen het lichtnet en de huisinstallatie kan worden geplaatst.

Gaat een klant emigreren, dan komt soms een vraag over afwijkende frequentie van de voedende wisselstroom. Tenzij de fabrikant op het typeplaatje iets anders heeft vermeld, zijn de in dit kader besproken seriemotoren geschikt voor frequenties van 40 tot 60 Hz.

In sommige gevallen komt de vraag of de mogelijkheid bestaat de prestaties van de motor (koppel en/of toerental) te wijzigen. Dit zou in het algemeen neerkomen op wijziging van rotor- en statorwikkeling, hetgeen de klant altijd moet worden afgeraden. De research-afdeling van de fabriek heeft nl. precies de meest gunstige combinatie van koppel en toerental ontwikkeld om tot het vereiste afgegeven vermogen te komen. Wijziging leidt nagenoeg zeker tot verkleining van dit motorvermogen. Bovendien kan men zulks meestal niet straffeloos doen, omdat er grote kans bestaat dat dan de koolborstels — elektrisch gezien — niet meer in de neutrale zone staan, zodat zeer waarschijnlijk commutatiemoeilikheden zullen optreden.

Toerenregeling bij dit motortype kan men wel bereiken door het voorschakelen van een of meer weerstanden. Een methode, die dus geen wijziging van de motor zelf met zich brengt. Gebruikt men een continu regelbare weerstand, dan ontstaat ook een continu regelgebied voor het toerental. Bij de behandeling van de koppeltoerengrafiek (blz. 84 e.v.) wordt hierover nog nader gesproken. Men past dit o.m. toe in elektrische naaimachines. In toestellen, waarbij men volstaan kan met een toerenregeling met enige standen, past men wel veldspoelen toe met aftakkingen. Door dan meer of minder wikkelingen op de veldspoelen in te schakelen, ontstaat een trapsgewijze regeling van het motortoerental. Deze uitvoeringsvorm treft men aan bij handmixers.

#### *Het elektrisch schema.*

Ten slotte iets over het elektrisch schema van de seriemotor. Zoals de naam van dit motortype al zegt, zijn de veldspoelen en het anker elektrisch gezien in serie geschakeld. Indien het een normale seriemotor betreft met twee veldspoelen, dan dient men er altijd voor te zorgen, dat de schakeling is als in fig. II-16 weergegeven: veldspoel — anker — veldspoel. Men zou ook de volgorde kunnen nemen: veldspoel — veld-

spoel – anker; op het functioneren van de motor heeft dit geen invloed, wel echter op de grootte van de storing die de motor opwekt. Aangezien nl. van een stilstaand naar een draaiend deel energie moet worden over-

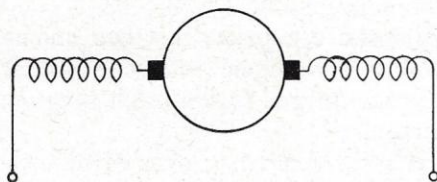


Fig. II-16. Elektrisch schema van een seriemotor met twee veldwikkelingen.

gebracht door middel van koolborstels, is vonkvorming onvermijdelijk. Zoals reeds werd opgemerkt, zorgt de fabrikant voor een zo gering mogelijke vonk bij de collector. Toch worden nog hoogfrequente stoorspanningen opgewekt, die via het elektrische net de ontvangst van radio en/of televisie ernstig kunnen bemoeilijken. Zeer terecht heeft de PTT dan ook voorschriften opgesteld, waarin de maximale grootte van de stoorspanningscomponent bij verschillende frequenties – uiteraard binnen het gebied dat door radio en televisie wordt bestreken – is vastgelegd. Deze waarden mogen niet worden overschreden, waartoe de seriemotoren voorzien dienen te zijn van ontstoringmiddelen. Ook op dit punt komen wij nog terug (zie blz. 89 e.v.). De veldspoelen helpen zelf ook al om deze hoogfrequente stoorspanningen tegen te houden, want zij vormen voor de hoogfrequente stroom zeer grote weerstanden. Schakelt men dus de spoelen zoals in fig. II-16 is aangegeven, dan is tussen elke storingsbron (elke koolborstel) en het net al een grote weerstand voor de hoogfrequente stoorspanningen opgenomen.

### 5. Koolborstels en hun speciale problemen bij service.

Bij de seriemotor moet elektrische energie worden overgebracht van een stilstaand deel (stator) naar een draaiend deel (anker). Elke constructeur kiest bij deze vorm van energieoverbrenging steeds één deel dat weinig slijt en één deel dat noodgedwongen aan meer slijtage onderhevig is. De koolborstel in de seriemotor is het stilstaande deel, dat door de servicetechnicus gemakkelijk kan worden vervangen en dat dus gekozen is als het deel dat het snelst slijt (fig. II-17).

Aangezien de collector bij slijtage een kostbare revisie noodzakelijk maakt of zelfs een algehele vervanging van het anker, tracht men doelbewust een combinatie koolborstel-collector te kiezen, waarbij deze revisie (afdraaien van de collector) pas behoeft plaats te vinden, nadat enige malen de koolborstels door nieuwe exemplaren zijn vervangen.

In de eerste elektromotoren werd gebruik gemaakt van borstels bestaande uit koperdraadjes. Aan de voorwaarde dat het moeilijkst te vervangen of te herstellen onderdeel het minst mocht slijten, was bij deze construc-

tie niet voldaan. Deze borstels veroorzaakten een te grote slijtage van de koperen delen waarop zij liepen. Eén voordeel was er wel, nl. de zeer geringe overgangsweerstand tussen enerzijds de borstel en anderzijds de collector. Bij sommige laagspanningsmotoren, waarbij, ten einde het vereiste vermogen te ontwikkelen, van een zeer hoog ampèrage gebruik moet worden gemaakt, past men dan ook heden ten dage z.g. koperkoolborstels toe. In deze borstels is een hoeveelheid koperpoeder verwerkt (bijv. bij startmotoren voor auto's).

In de werkplaats zal men nog al eens te maken hebben met koolborstelvervanging. De voortschrijdende techniek, die zich bij seriemotoren vooral gemanifesteerd heeft in een grote toename van het motortoerental, maakt het voor de reparateur niet meer mogelijk te experimenteren. Men is gedwongen precies de door de fabrikant voorgeschreven koolsoort, koolafmetingen en veerdruk te gebruiken. Verwaarloost men deze eis, dan moet zeer vaak een zware tol worden betaald in de vorm van onherstelbare schade aan ankerwikkelingen en/of collector. Ten einde de installateur van de noodzaak tot het gebruik van uitsluitend originele fabrieksborstels te overtuigen, wordt allereerst in beknopte vorm iets van de theorie van de commutatie uiteengezet.

### Commutatie.

Beschouwt men weer de eenvoudigste vorm van seriemotor, zoals deze algemeen gebruikt wordt in elektrische huishoudelijke toestellen, dan kan men zich voorstellen, dat de getekende krachtlijnen lopen van de noord- naar de zuidpool (fig. II-18, zie ook fig. II-1).

De ene helft van de spoelen ondervindt de invloed van deze noordpool, de andere helft de invloed van de zuidpool. In de spoelen die zich in horizontale stand bevinden, wordt de grootste elektromotorische kracht (EMK)

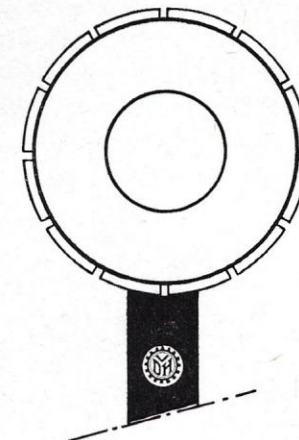


Fig. II-17. Energieoverdracht van stilstaande koolborstel naar draaiende collector, waarbij de koolborstel het snelst slijt.

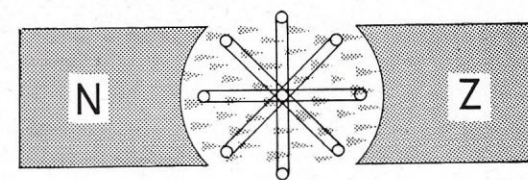


Fig. II-18. De spoelen van de ankerwikkeling van een seriemotor snijden de magnetische krachtlijnen van het statorveld.

door de draaiing opgewekt. Zij snijden nl. met de grootste snelheid de krachtlijnen (aangenomen natuurlijk dat het aantal wikkelingen per spoel gelijk is). Spoelen in de verticale stand daarentegen leveren een minimale EMK, omdat zij de krachtlijnen niet werkelijk snijden, maar er a.h.w. langs glijden. Onafhankelijk van de individuele bijdrage van elke spoel tot het totaal der opgewekte EMK, is de stroom die door elke spoel

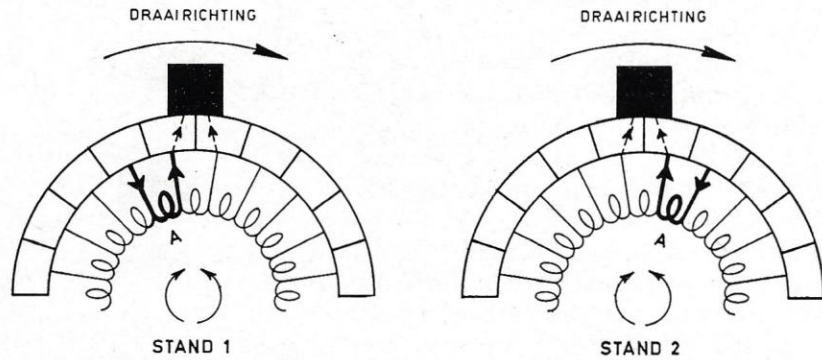


Fig. II-19. De spoelen van de ankerwikkeling van een seriemotor ondergaan de commutatie.

vloeit gelijk, omdat ook de ankerspoelen onderling in serie staan. Met uitzondering echter van de spoelen, die zich onder de borstel(s) bevinden, want daar treedt de commutatie op (zie fig. II-19).

Commutatie (afgeleid van het Latijnse *commutatio*, Engels: *commutation*) betekent letterlijk verwisseling, hier dus verwisseling van stroomrichting in de spoelen van een draaiend anker.

Op een zeker moment bevindt zich een bepaalde spoel in stand 1 (fig. II-19). Stroomrichting in deze spoel is met een pijl aangegeven. Komt de spoel later in stand 2, dan is de stroomrichting andersom. Door de huidige, zeer hoge toerentallen is de tijdsduur waarin de spoel zich verplaatst van stand 1 naar stand 2, natuurlijk zeer gering. De verhoging van het toerental heeft de commutatieproblemen sterk vergroot. Daarbij dient nog in aanmerking te worden genomen, dat elke spoel (geplaatst in het metaal van het anker) zelfinductie heeft. Deze zelfinductie nu maakt het onmogelijk, dat een bepaalde stroom in deze spoel ineens begint, stopt of van richting verandert: voor dit wisselingsproces is tijd nodig. Is het elektrisch schema zodanig ontworpen dat deze stroomwisseling niet kan plaatsvinden binnen de tijdsduur waarin de spoel de commutatie ondergaat, dan ontstaat hevig vonken wanneer de stroom van de borstels overspringt naar de met de verschillende spoelen verbonden collectorlamellen.

### De keuze van de juiste koolborstel.

Een motor wordt ontworpen en daarna wordt de juiste koolsoort uitgezocht. De grote fabrikanten van elektromotoren doen dit in hun eigen laboratoria en duurproefruimten, terwijl ook de fabrikanten van koolborstels — althans die fabrikanten, die ook de kool zelf fabriceren — voor de kleinere motorenfabrikanten genegen zijn proeven te nemen, ten einde een juiste koolsoort aan de motorfabrikant te kunnen adviseren. Komt men in zo'n beproevingsafdeling van een koolborstelfabriek, dan

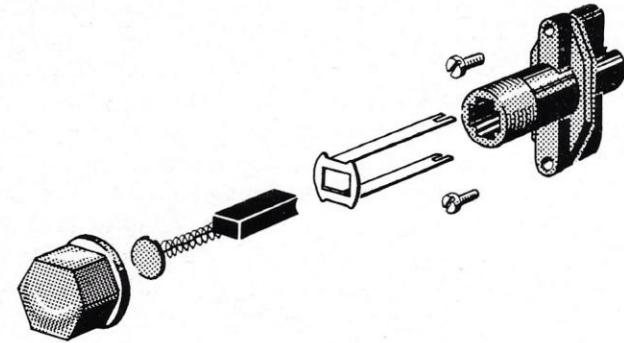


Fig. II-20. Bakelieten koolborstelhouder, zoals wordt toegepast in stofzuigeraggregaten. (Fabrikaat Van der Heem N.V., Den Haag)

treft men daar motoren van allerlei afmetingen en fabrikaten aan, die vaak onder zeer zware omstandigheden worden geduurproefd: hoge en lage toerentallen, zware en lichte belasting, veel of weinig koeling, nominale voedingsspanning of onder- of overspanning, normale atmosferische omstandigheden of tropische of arctische omstandigheden, normale luchtdruk of onderdruk. Dit laatste speciaal voor motoren, die aan boord van vliegtuigen hun werk feilloos moeten verrichten.

De samenstelling van de kool nu, is van al deze factoren afhankelijk en varieert dan ook zodanig, dat een overzicht hiervan buiten het kader van dit boek valt. Bij bepaalde zachte koolsoorten is het mogelijk de koolborstel in het juiste profiel te spuiten. In het algemeen echter worden de borstels voor elektrische huishoudelijke seriemotoren uit koolblokken of -platen gezaagd.

De meeste koolborstels moeten worden voorzien van een litzedraad. Deze litzedraad verzorgt dan de stroomtoevoer, waardoor wordt voorkomen dat de gebruikte drukveer door de stroomdoorgang wordt uitgegloeid, die daardoor zijn veerdruk zou verliezen (zie fig. II-20).

In de eenvoudige koolborstelhouders, zoals toegepast in kleine seriemotoren, heeft de litze nog een tweede functie, nl. het voorkomen — door de juiste lengte — dat de drukveer bij een versleten koolborstel op de collector gaat lopen. Het oppervlak van de collector kan hierdoor zodanig beschadigd worden, dat afdraaien of in ieder geval opzuiveren noodzakelijk wordt.

Het aanbrengen van de verbinding litze-koolborstel moet met bijzondere zorg gebeuren. Een constructiemethode is, het uiteinde van de koolborstel verkoperen en daarna de litzedraadjes in een uitsparing van de gedeeltelijk verkoperde koolborstel solderen. Deze fabricagemethode heeft het nadeel dat, zelfs bij gebruik van zuiver tin (dus hoog smeltpunt), de soldeerverbinding kan losgaan op het moment dat de koolborstel opraaft. Hevige commutatievonken ontstaan dan, doordat de koolborstel het contact met de draaiende collector gaat verliezen. Dit hevige vonken veroorzaakt een zodanige temperatuurstijging dat het tin (of soldeer) smelt, waardoor toch weer de drukveer op het collectoroppervlak kan komen. Tegenwoordig past men dan ook meestal een z.g. stampcontact toe: men boort een gaatje in de koolborstel; de litzedraad wordt hierin gestoken en het gat wordt opgevuld met metaalpoeder. Dit poeder wordt aangestampd, waardoor zowel mechanisch als elektrisch een zeer goede verbinding ontstaat.

#### *Een advies voor de praktijk.*

Het is dus niet de koolborstelfabrikant die genormaliseerde soorten in de handel brengt, maar het is de fabrikant van de elektromotor, die een keus maakt. Betrek dus altijd de koolborstels voor vervanging bij de fabrikant van de elektromotor. Vele van deze fabrikanten voorzien hun koolborstels van hun wettig gedeponeerd fabrieksmerk (niet te verwarren met het handelsmerk), zodat het voor de handel zeer eenvoudig te zien is of de juiste koolborstel wordt geleverd. De aandacht zij erop gevestigd, dat vele fabrikanten van elektromotoren in hun garantiebepalingen de clausule hebben opgenomen, dat alle recht op fabrieksgarantie vervalt als gebruik is gemaakt van niet-originele koolborstels.

Te zachte koolborstels (die dus afwijken van de originele exemplaren) in een seriemotor monteren, kan betekenen dat de wrijving tussen de borstel en het collectoroppervlak zo hoog wordt, dat de ontwikkelde wrijvingswarmte de collectorlamellen zodanig verhit, dat het gebruikte tin (of soldeer) voor het bevestigen van de ankerdraden aan deze lamellen, gaat smelten en er door de middelpuntvliedende kracht wordt uitgeslingerd. Meestal betekent dit een onherstelbaar beschadigd anker, omdat opnieuw solderen en montage van de voorgeschreven koolborstels soms wederom kan leiden tot uitgeslingerd soldeer. Dit is het geval als

de betreffende fabrikant zuiver tin voor het soldeerproces heeft gebruikt. Zuiver tin heeft nl. een hoger smeltpunt dan soldeer, dat bestaat uit een mengsel van lood en tin. Bovendien dient men zich te realiseren, dat de kostprijs van een nieuw fabrieksanker al zeer gauw lager is dan de loonpost, als men in de service-werkplaats langdurig aan het defecte anker moet laten werken.

Bij gebruik van een hardere dan de voorgeschreven borstel, treedt te grote slijtage van de collector op. De gerepareerde motor komt dus snel weer in een service-werkplaats terecht. Als men geluk heeft, kan men dan de ingelopen collector nog afdraaien en opnieuw het mica wegfrezen tussen de lamellen. Is de slijtage echter zeer hevig geweest, dan blijft er na het afdraaien van de collector te weinig „vlees” over, zodat ook dan het gehele anker moet worden vernieuwd.

#### **6. Overmatig vonkende koolborstels en hun oorzaken.**

Het spreekwoord „Een goed verstaander heeft een half woord nodig”, gaat ook bij storingzoekers op, zij het dan met een kleine variatie. Het is meestal de man die goed weet te luisteren (naar het geluid van de draai-

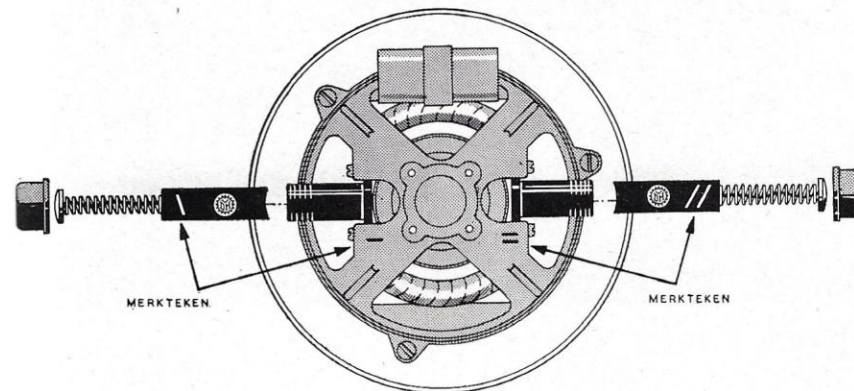


Fig. II-21. Voorzie de koolborstels bij demontage van een merkteken, zodat men ze altijd weer kan monteren in de stand waarbij ze zijn ingelopen op de collector.

ende motor) of goed weet te kijken (naar het vonken bij de collector of de sleefringen), die snel en juist een diagnose kan stellen. In deze paragraaf worden de meest voorkomende oorzaken van overmatig commutatievonken behandeld. Hierbij wordt ervan uitgegaan, dat het onderzoek plaatsvindt aan een motor van gerenommeerd fabrikaat, zodat het overmatig vonken niet kan worden veroorzaakt door een

minder juist ontwerp. Een goed ontwerp moet immers voldoen aan de eis, dat de motor zowel in volbelaste toestand, als in nullast of bij wisselende belasting tussen bepaalde grenzen (aangegeven op het altijd aanwezige typeplaatje), nagenoeg vonkvrij moet functioneren. Ook mag hierbij tijdens het draaien geen schade ontstaan aan het collectorloopvlak. Een collectorloopvlak moet een glanzend zwartgrijze kleur hebben; deze kleur moet op alle plaatsen gelijk zijn. Door gebruik van een of meer stellen koolborstels mag het collectorloopvlak wel iets ingelopen

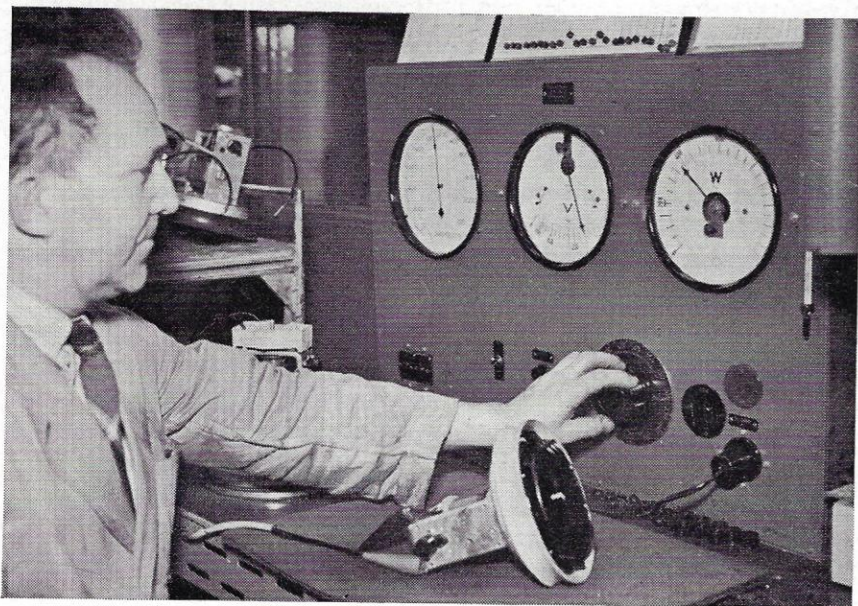


Fig. II-22. Meting van het opgenomen vermogen van een stofzuiger-aggregaat. (Van der Heem N.V., Den Haag)

zijn. Sterke onrondheid van de collector (bij draaiing van de rotor met het oog zichtbaar) wijst bij gebruik van de juiste koolsoort op een mechanisch defect, zoals een uitgelopen leger.

Wil men uit het vonken van de collector een diagnose kunnen stellen, dan moet men de motor dus draaiend inspecteren. Uiterste voorzichtigheid is geboden bij deze draaiende inspectie, omdat abnormaal vonken ook kan worden veroorzaakt door een isolatiedefect in het anker of in de stator. Er moet dus eerst worden vastgesteld of de aanraakbare metalen delen van de motor niet onder spanning staan. Men overtuige

zichzelf door meten of de inspectie kan plaatsvinden zonder gevaar van een dodelijke elektrische schok.

Werk altijd rustig en systematisch: systematisch storingzoeken betekent altijd tijdswinst. Als men koolborstels verwijdert, merk dan met één, twee of meer potloodstrepen de betreffende koolborstel en koolborstelhouder of frame (zie fig. II-21). Na inspectie kan men dan elke borstel weer op zijn juiste plaats en in zijn juiste stand monteren. Doet men dit niet en heeft men de oorzaak van het vonken buiten de koolborstels gevonden, dan moeten de willekeurig ingezette koolborstels opnieuw inlopen, waardoor ze aanvankelijk meer dan normaal vonken.

Breng na inspectie alles weer op de juiste plaats, zorg dat bouten en moeren goed worden vastgezet. Neem ook voor dit werk rustig de tijd. Dit voorkomt een herhaalde reparatie, die men zijn cliënt niet kan berekenen, terwijl deze over dat „half” repareren natuurlijk ontevreden is. Systematisch storingzoeken betekent ook, dat men allereerst de meest voor de hand liggende oorzaken van het overmatig vonken moet nagaan, zoals overbelasting. Bij seriemotoren van een betrekkelijk gering vermogen, zoals hier worden besproken, geeft een wattmeter de beste indicatie (fig. II-22). Denk er hierbij goed om, dat aan de wattmeter zelf ernstige schade kan worden toegebracht door overbelasting, zonder dat de wijzer in de uiterste stand komt. Bij een wattmeter treft men nl. een stroom- en een spanningsspoel aan, die ieder afzonderlijk kunnen worden overbelast.

Behalve overbelasting kan een slechte verbinding in de motor zelf (klemmenbord, verbinding naar veldspoelen en verbinding naar koolborstels) vonken veroorzaken. Let hierbij op of de koolborsteldop goed is vastgedraaid en of de nippel van de koolborstel een goede (schone) verbinding heeft met de metalen delen van de koolborstelhouder.

Ten slotte nog een laatste algemene opmerking: direct na het inzetten van nieuwe originele fabriekskoolborstels ontstaat meer dan normaal vonken, omdat deze borstels nog moeten inlopen op de collector.

Thans volgen enige oorzaken van overmatig vonken van koolborstels van seriemotoren. (Dezelfde problemen kunnen zich ook voordoen bij dynamo's of bij andere typen motoren met koolborstels).

#### *Te veel speling tussen borstel en borstelhouder.*

Dit euvel veroorzaakt een te grote trilling van de borstel met als gevolg iets meer vonkvorming dan normaal (en dus een te snelle slijtage van borstel en collector).

De fabrikanten besteden aan dit punt grote aandacht, maar het is nu eenmaal zo, dat iedereen die denkt verstand van motoren te hebben al

gauw gaat experimenteren met koolborstels en dan soms te kleine gebruikt of te grote „pas” vijlt. Speling is nu eenmaal onvermijdelijk om een goed glijden van de borstel in de borstelhouder te waarborgen. In

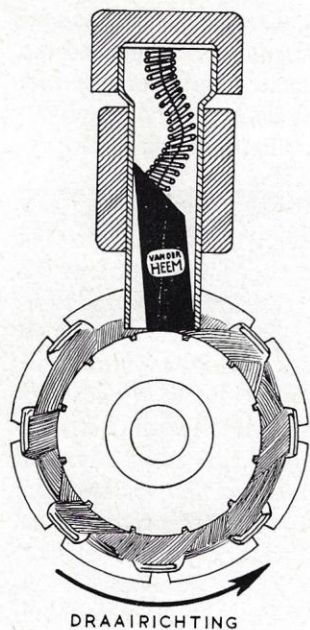


Fig. II-23. Overdreven weergave van de speling tussen koolborstel en -houder. Door de afschuining aan de bovenzijde van de koolborstel wordt deze speling opgeheven en ontstaat een trillingvrije borstel.

Deze te grote speling kan ontstaan doordat de houder is losgeraakt en door de borsteldruk naar achteren is geschoven, of na een revisie waarbij de collector is afgedraaid. De borstel wordt dan te weinig gesteund en kan in een mechanische trilling komen, met als gevolg wat meer dan normaal vonken bij de betreffende koolborstel.

#### *Te geringe veerdruk op de koolborstel.*

Behalve een mechanisch defect aan de borstelhouder, kan ook de veer

dit verband is de constructie van Van der Heem voor kleine huishoudelijke motoren vermeldenswaard: door de koolborstel te voorzien van een schuin bovenvlak, wordt hij „scheef” in de houder gedrukt (in fig. II-23 enigszins overdreven getekend), waardoor men een trillingvrije borstel krijgt.

#### *Te weinig speling tussen borstel en borstelhouder.*

De borstel gaat dan verklemd zitten; de veer is niet meer in staat de vereiste druk tussen borstel en collectorloopvlak te geven, waardoor hevig vonken kan optreden bij de betreffende borstel. Alvorens een gereviseerde machine te monteren, eerst controleren of alle borstels goed glijden: metalen borstelhouders kunnen nl. door de inklemming in het motorframe plaatselijk vervormd zijn, terwijl borstelhouders uit kunststof vervormd raken door te grote hitte (optredend bijv. bij een onderbroken anker).

Natuurlijk nooit de koolborstel pas maken in de defecte houder, maar de houder repareren of vervangen door een nieuwe borstelhouder.

#### *Te veel speling tussen borstelhouder en loopvlak van de collector.*

door stroomdoorgang zijn uitgegloeid (wanneer bijv. de litze van koolborstel naar koolborstelnippel defect is of slecht contact maakt).

Te lage veerdruk kan in combinatie met een niet meer geheel slinger-vrije collector vrij hevig vonken veroorzaken. Bij kleinere seriemotoren komt ook te lage veerdruk voor ten gevolge van het gedeeltelijk niet meer functioneren van de veer, doordat enige windingen beklemd zijn tussen de borsteldop en de borstelhouder.

Te hoge veerdruk ten gevolge van het door een ondeskundig aanbrengen van een niet originele fabrieksveer leidt meestal niet tot overmatig vonken, maar maakt dat de collector ten gevolge van de grote wrijving te heet wordt. Zo'n collector vertoont dan „aanloopkleuren”, terwijl in het ongunstigste geval het tin, waarmee de ankerdraden aan de collector zijn gesoldeerd, uit de collector wordt geslingerd.

#### *Mica boven de collectorlamellen.*

Tegenwoordig worden bijna altijd „zachte” koolsoorten toegepast, die niet in staat zijn het mica tussen de collectorlamellen weg te slijpen in hetzelfde tempo als waarin het collectorloopvlak zelf slijt. Het mica wordt tegenwoordig dan ook zeer vaak tussen de lamellen weggefreed. Een praktijkregel hierbij is, dat de diepte van het wegfreesen minstens gelijk moet zijn aan de breedte van de sleuf. Is het mica niet ver genoeg weggefreed, is plaatselijk een zeer dun reepje mica naast een lamel blijven staan, of is de collector te ver ingelopen, dan ontstaat hevig vonken bij beide borstels, omdat deze dan door het uitstekende mica tijdens het draaien even van het collectoroppervlak worden gelicht.

#### *Niet juiste stand van de koolborstel(s).*

Zijn de koolborstelhouders op een z.g. borstelbrug gemonteerd, dan kan deze borstelbrug losstrillen en iets verschuiven in de draairichting van de motor. De commutatie van elke spoel vindt dan niet meer op het juiste moment plaats, waardoor bij de borstels vonkvorming ontstaat. Meestal gaat dit gepaard met een daling van het toerental.

#### *Collectorslingering.*

Bij beide borstels kan vonken ontstaan door een onronde collector. Nooit mag men een collector – bij draaien op verlaagde spanning – met het oog kunnen zien slingeren. Deze afwijking kan zijn een slingering van het loopvlak t.o.v. de legervlakken van de ankeras, maar ook een slingering van de collector t.o.v. de koolborstelhouder door een kromme as, een defect leger e.d. Bij de huidige zeer hoge toerentallen van de kleine seriemotoren mag een collectorslingering niet meer dan 0,02 mm bedragen. Een minimale slingering is van groter belang voor de goede

werking van de motor dan een volkomen glad (zonder draaigroeven) collectorloopvlak.

#### *Defecte collector.*

Het is mogelijk, dat een lamel iets naar buiten is gekomen. Ook dit veroorzaakt hevig vonken van de beide borstels.

#### *Ankeronbalans.*

Een uit balans zijnd anker kan zodanige trillingen geven, dat meer vonkvorming dan normaal optreedt (gevolg: te snelle slijtage borstels, collector).

#### *Onderbroken anker.*

Dit betekent hevig vonken; soms krijgt men zelfs een „rondvuur” idee. De motor loopt met laag toerental, zeer schokkend, en ook de wattmeter in de toevoerleiding vertoont hevig slingeren. Men ontdekt dan meestal twee naast elkaar liggende lamellen, die hevig zijn ingebrand.

#### *Kortsluiting in het anker.*

Ook hierdoor ontstaat vonkvorming bij de koolborstels. Het toerental is te laag en het opgenomen vermogen is zeer hoog. De motor wordt abnormaal warm.

#### *Defecte isolatie van anker- of statorwikkelingen.*

Dit kan zich openbaren door hevig vonken (het magnetisch veld is niet meer symmetrisch) of door kleine, felle parelvormige vonkjes.

#### *Kortsluiting in een veldspoel.*

Ook hier ontstaan commutatievonken door een asymmetrisch statorveld.

#### *Niet constante luchtspleet.*

Ook bij deze fout, die bijv. kan ontstaan door legerslijtage, kan iets meer dan normaal vonken optreden, omdat het anker zich dan als het ware in een asymmetrisch veld bevindt.

#### *Verkeerde kwaliteit koolborstels.*

Natuurlijk moeten alleen originele fabriekskoolborstels, voorgeschreven voor de betreffende motor, worden gebruikt.

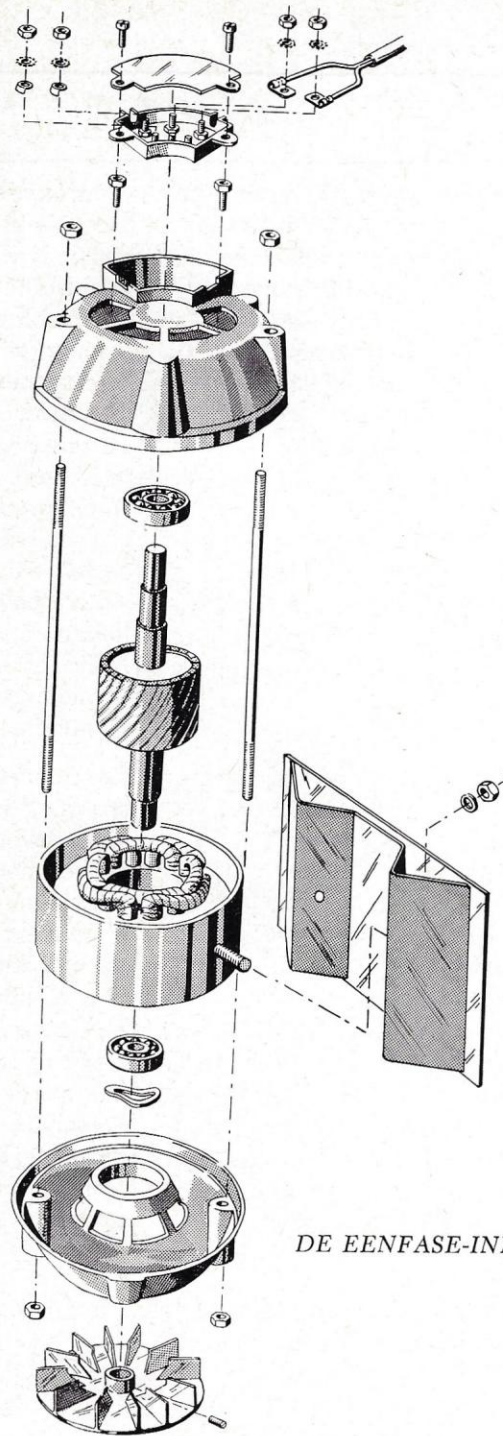
## 7. Service-wenken voor de seriemotor.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing-zoeken en remedie</i>
1. Motor start niet.	Onderbreking in een statorspoel of geen contact tussen de koolborstels en de collector.	Bedrading van statorspoelen met ohmmeter doormeten, nagaan of koolborstels niet versleten zijn of verklemd in koolborstelhouder zitten. Of statorpakket met spoel(en) vernieuwen, òf koolborstels vervangen in combinatie met opzuiveren van collectorloopvlak.
2. Motor draait veel te langzaam en neemt een veel te groot vermogen op.	Sluiting in een statorspoel of in het anker.	Vaak is aan de donkere kleur van verkoold isolatiemateriaal te zien of de stilstaande wikkelingen dan wel de draaiende wikkelingen sluiting hebben, anders met ohmmeter de grootte van de weerstand van de statorspoelen bepalen: is deze gelijk, dan is het anker defect. Anker of statorpakket in zijn geheel vervangen door fabrieksnieuw exemplaar.
3. Motor draait veel te langzaam en onregelmatig en neemt een laag wisselend vermogen op.	Onderbroken ankerwikkeling.	Direct te constateren aan het ingebrand zijn van twee naast elkaar liggende collectorlamellen. Anker vernieuwen.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing- zoeken en remedie</i>
4. Hevig vonkende koolborstels. 5. Motor trilt te veel.	Commutatiemoeilijkheden. Onbalans in het roterend motorge-deelte: òf uitgesleten legers òf een op de motoras gemonteerde koelwaaier, waarvan het gat is uitgeslagen.	Zie blz. 43 e.v.  Als het bijv. een stofzuigeraggregaat betreft, dan na montage van een nieuwe waaier en na vastdraaien van de moer op de rotoras, controleren of alle waaiers goed vastzitten en zich dus niet kunnen verplaatsen t.o.v. de rotoras.
6. Motor maakt lawaai.	Het anker loopt aan in het statorpakket door te grote legerspeling, onbalans van de motor e.d.; bij vloerwrijvers ook: te grote trekkracht van de riem of te grote druk op de aandrijfpoelie en de rubber frictieschijf.	Meestal is de schade aan de motor dermate groot, dat de goedkoopste en beste oplossing is het monteren van een nieuwe motor.
7. Gebroken kogelkooi van het leger (motor is vastgelopen).	Altijd een smeringskwestie.	Nieuw leger monteren volgens de op blz. 30 gegeven aanwijzingen. Als de vastgelopen motor niet snel is uitgeschakeld, dan zijn vaak ook de wikkelingen verbrand of is de isolatie zodanig verkoold, dat een onveilige of niet bedrijfszekere motor na de legerreparatie zal ontstaan. In dat geval is de enige remedie: nieuwe motor.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing- zoeken en remedie</i>
8. Motorhuis (-gestel) staat onder spanning.	Gestelsluiting in een van de statorspoelen of ankerwikkeling. (De ontstoringcondensator kan niet de oorzaak zijn, want die moet bij storingzoeken te allen tijde worden losgenomen).	Controleren met hoogspanningsmeetapparaat waar de gestelsluiting zit. (Een ohmmeter is onvolgende, omdat bij de lage spanning van de ohmmeter de gestelsluiting niet behoeft op te treden). Nooit proberen met een isolatiebandje de gestelsluiting van een statorspoel op te heffen. Altijd òf nieuw anker òf nieuw statorpakket monteren.
9. Motor wordt te heet zonder aanwijsbare oorzaak van sluiting of overbelasting. (Nooit met de hand controleren; t.o.v. de omgevingstemperatuur zijn stijgingen van 60°C van de rotor- en statorwikkelingen nog toelaatbaar).	Over- of onderspanning van het net.	Controleren of netspanning klopt met de aangegeven spanning op het motortypeplaatje. Afwijkingen of schommelingen van de netspanning van plus of min 10% zijn toelaatbaar. Overspanning bij een stofzuiger kan een te hete motor veroorzaken, onderspanning kan dit echter eveneens bij apparaten als een vloerwrijver of mixer.

Voor klachten die een gestoorde radio- of televisieontvangst betreffen, zie men blz. 89 e.v. en blz. 128 e.v.



DE EENFASE-INDUCTIEMOTOR.

### Hoofdstuk III

## DE EENFASE-INDUCTIEMOTOR

### 1. Algemeen.

In het eerste hoofdstuk (zie blz. 16) werd reeds terloops opgemerkt, dat bij dit type motor de in de rotorstaven vloeiende elektrische stroom wordt opgewekt door inductie van het magnetisch veld van de statorwikkeling. Het elektrisch schema van deze motor ziet er dan ook uit als getekend in fig. III-1 en 2.

Het ontbreken van een elektrisch geleidende verbinding tussen rotor- en statorwikkeling wil zeggen, dat koolborstels afwezig zijn. Er is dus geen vonkvorming, waardoor de radio- of televisieontvangst zou kunnen worden gestoord en de bedrijfszekerheid is groot. Alleen al dank zij het feit dat een inductiemotor dus geen nazorg behoeft voor het vervangen van versleten koolborstels, zal men dit motortype in een service-werkplaats minder vaak tegenkomen dan een seriemotor.

Er is echter nog een ander belangrijk punt dat heeft bijgedragen tot de zeer grote bedrijfszekerheid van dit motortype, nl. het feit dat de rotorwikkeling bestaat uit vrij dikke koperen of aluminium staven (gelegen in het rotorpakket), die aan de uiteinden onderling zijn doorverbonden door twee kortsluitringen. Denkt men de rotorblikjes weg, dan vormen deze staven met de beide kortsluitringen een kooi, waardoor men wel spreekt van een kooianker. Ook de benaming kortsluitanker komt men tegen, hetgeen voor zichzelf spreekt als men bedenkt, dat de rotorstaven inderdaad onderling kortgesloten zijn (zie fig. III-3).

In fig. III-4 is het statorblik van de inductiemotor van een wasmachine weergegeven. In de statorgroeven worden met de hand of machinaal de draden van de hoofdwickeling en van de ter verkrijging van het aanloopkoppel aanwezige hulpwickeling gelegd.

### De werking.

In fig. III-5 is een sterk vereenvoudigde, tweepolige inductiemotor ge-

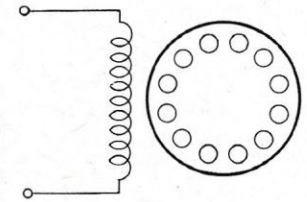


Fig. III-1. Elektrisch schema van een eenfase-inductiemotor. Tussen rotor en stator is geen elektrisch geleidende verbinding.

tekend. Door aansluiting op wisselstroom zullen in het statorblik magnetische krachtlijnen ontstaan, zoals de stippellijnen aangeven. Indien men de werking van het rotorveld wegdenkt, dan is het duidelijk dat het statorveld wel in waarde zal fluctueren, maar zich niet zal verplaatsen. Er is immers geen draaiveld dat de rotor kan meenemen; integendeel: als men de as van een inductiemotor zonder startwikkeling met de hand wil ronddraaien, zal men bij ingeschakelde stroom daarvoor meer kracht nodig hebben, dan wanneer de statorwikkeling stroomloos is.

Fig. III-2. Schema van de statorwikkeling van een tweepolige inductiemotor. Door serie- of parallelschakeling van de beide takken kan men de motor geschikt maken voor 220 V of 110/127 V.

Een eenfase-inductiemotor heeft dus geen aanloopkoppel en moet met hulpmiddelen op gang worden gebracht. Vroeger geschiedde dat veelal met de hand. Een enkele maal zal men zo'n motor, die bij wasmachines een algemene verschijning was, in de service-werkplaats nog wel tegenkomen. Tegenwoordig bereikt men dat een inductiemotor gaat draaien met elektrische hulpmiddelen. Bij het verminderen van de tegenwerkende kracht van het magnetisch veld in de stator speelt de schuimte van de rotorstaven t.o.v. de hartlijn van de rotor-as (in langsrichting gezien) o.a. een belangrijke rol. Aangezien deze rotorschuinte zich tijdens het bedrijf van de motor nooit kan wijzigen, zal men in de service-werkplaats nooit met dit probleem, dat de zorg is voor de motorontwerper, worden geconfronteerd.

Aannemende dat de rotor door hulpmiddelen aan het draaien is gebracht, dan wordt doordat de onderling kortgesloten rotorstaven de magnetische krachtlijnen van het statorveld snijden, een spanning in deze staven geïnduceerd. Deze spanning wekt een rotorstroom op, waardoor ook in de rotor een magnetisch veld wordt opgebouwd. De netspanning en de rotorspanning zijn met elkaar in fase, d.w.z. zij bereiken op hetzelfde moment hun maximale en natuurlijk ook hun nulwaarde. Daar de ohmse weerstand van de

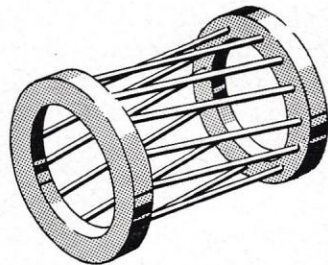


Fig. III-3. Rotor uit de motor van een platenspeler, waarbij de rotorblikjes zijn weggelaten.

rotorwikkeling (onderling kortgesloten dikke staven) zeer gering is en er dus bijna uitsluitend sprake is van de inductieve weerstand, zal de door de inductie ontstane stroom in de rotor bijna  $90^\circ$  naijlen op de spanning. Hieronder verstaat men, dat de stroom pas  $90^\circ$  later dan de spanning zijn maximum bereikt. Er ontstaat zo derhalve een magnetisch rotorveld, dat ook ruimtelijk  $90^\circ$  is verschoven t.o.v. het statorveld. Deze beide velden nu houden — omdat zij dus zowel elektrisch als ruimtelijk gezien  $90^\circ$  t.o.v. elkaar zijn verschoven — de eenmaal op gang gebrachte rotor aan het draaien.

Onnodig te zeggen, dat een inductiemotor alleen op wisselstroom kan functioneren. Bij aansluiting op gelijkstroom zal de motor niet kunnen draaien en zal door de geringe ohmse weerstand van de statorwikkeling een zodanig

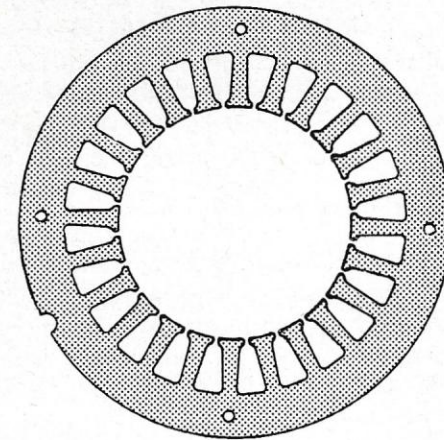


Fig. III-4. Statorblik van een eenfase-inductiemotor.

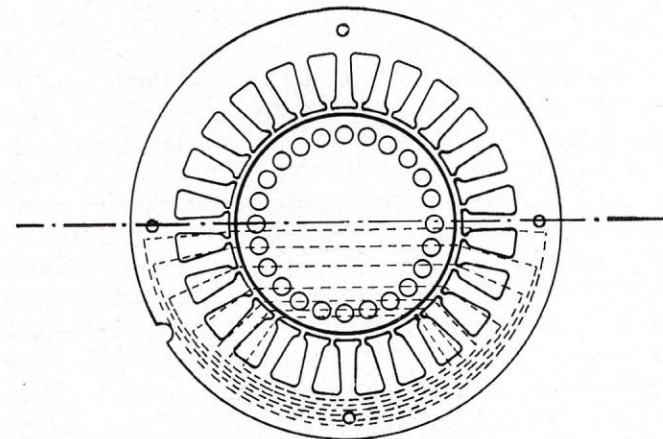


Fig. III-5. Verloop van de magnetische krachtlijnen van het statorveld van een eenfase-inductiemotor.

grote stroom uit het net worden opgenomen, dat verbranding van deze wikkeling spoedig volgt.

### *Het toerental.*

Een logische vraag is, waarom de zeer bedrijfszekere, volkomen storing-vrije en geen „elektrisch” onderhoud behoevende inductiemotor in de huishouding geen monopolie heeft verworven. Het voornaamste bezwaar hiertegen is het beperkte toerental, dat bij elke motor van dit type afhankelijk is van het aantal polen van de statorwikkeling en recht evenredig met de netfrequentie.

De formule voor de rotatiesnelheid luidt:

$$\text{toerental} = \frac{60 \text{ (seconden per minuut)} \times \text{frequentie (Hz)}}{\text{aantal poolparen}}$$

De uitkomst moet dan nog verminderd worden met 5%, veroorzaakt door de slip die de rotor in vollast vertoont t.o.v. de snelheid waarmee het magnetisch veld in de stator fluctueert. Volledig synchroon met de netfrequentie is een inductiemotor dus niet.

Het toerental van een vierpolige inductiemotor (twee poolparen), aangesloten op de normale wisselspanning met een frequentie van 50 Hz is dus:

$$\frac{60 \times 50}{2} = 1500 \text{ omw/min; verminderd met 5\%: } 1425 \text{ omw/min.}$$

Een tweepolige inductiemotor (één poolpaar) heeft dus een vollasttoerental van ongeveer 2850 omw/min. Van vele huishoudelijke toestellen echter (zoals de stofzuiger, de vloerwrijver, het scheerapparaat en de mixer) moet het motortoerental hoger zijn dan dit bij inductiemotoren op een normaal wisselstroomnet van 50 Hz bereikbare maximum. Alleen door een wisselstroomnet met een aantal malen hogere frequentie dan 50 Hz kan voor inductiemotoren nog een hoger toerental worden bewerkstelligd. Dit vereist echter ook weer de aanschaf van kostbare roterende omvormers, zodat men slechts — en dan nog bij uitzondering — in de industrie zo'n hoogfrequent wisselstroomnet aantreft, waarop dan bijv. hoogfrequent handgereedschap kan worden aangesloten.

In de huishoudelijke sector treft men de inductiemotor derhalve alleen aan in apparaten, die kunnen of zelfs moeten functioneren met een bedrijfstoeental van 2850 omw/min of lager. Voorbeelden zijn: de wasmachine, de koelkast en de tafel-, plafond- en raamventilator. Met opzet hebben wij deze voorbeelden gekozen, want hoewel in elk van deze toestellen een inductiemotor de aandrijvende kracht levert, is het daarbij vereiste aanloopkoppel zo verschillend, dat men van diverse hulpmiddelen gebruik moet maken om de motor onder belasting te doen starten.

### *Hulpmiddelen ter verkrijging van het aanloopkoppel.*

Afhankelijk van de gewenste grootte van het aanloopkoppel is de aan-

loopinrichting bij een eenfase-inductiemotor op verschillende wijzen geconstrueerd. Er komen daartoe betrekkelijk goedkope, eenvoudige kortsluitwindingen in de stator voor, maar ook veel duurder hulpwikkelingen met een condensator en een centrifugaalschakelaar. Zelfs bestaan er bewikkelde ankers, voorzien van een collector waarvan de lamellen bij ongeveer 80% van het bedrijfstoeental onderling kortgesloten worden. Door toepassing van zo'n (kostbaar) bewikkeld anker ontstaat bij het aanlopen een seriekarakteristiek, hetgeen betekent dat het aanloopkoppel een veelvoud bedraagt van het onder vollast ontwikkelde koppel. Omdat een inductiemotor aanvankelijk met de hand gestart moest worden, is de toepassing in de huishoudelijke sector lange tijd beperkt gebleven tot toestellen, die slechts af en toe worden gebruikt en waarbij de gebruiker het ongerief van het niet automatisch starten wel accepteerde (wasmachines). Een nadeel daarbij was nog, dat wanneer men na het inschakelen de motor niet ogenblikkelijk startte, de opgenomen stroom zo hoog was, dat of schade aan de statorwikkeling ontstond of de eventueel aanwezige thermische beveiliging de motor uitschakelde. Toen dan ook de hulpmiddelen voor het verkrijgen van het aanloopkoppel steeds meer geperfectioneerd en bedrijfszekerder werden en tegen een aanvaardbare kostprijs konden worden vervaardigd, is het toepassingsgebied van dit motortype sterk uitgebreid. Zo werd ook de wasmachine voorzien van een zelfstartende inductiemotor.

### *Het wijzigen van de motor.*

Een vraag waarmee men wel geconfronteerd wordt als klanten gaan emigreren is: „Kan deze motor op een frequentie van 40 of 60 Hz worden gebruikt?” Tenzij uitdrukkelijk anders op het typeplaatje staat aangegeven, moet men dit afraden. Overwikkelen voor een andere netspanning is echter eenvoudiger, omdat men dan het aantal wikkelingen kan berekenen door omrekening naar het aantal wikkelingen die voor de oorspronkelijke netspanning benodigd waren. Dit zal echter in de praktijk weinig voorkomen, daar de meeste fabrikanten van dit motortype voor de hoofdwikkeling twee stroomcircuits gebruiken (zie fig. III-2). Bij serieschakeling van deze takken is de motor geschikt voor 220 V; bij parallelschakeling voor 110 V. Als men het ontwerp ruim gekozen heeft, kan men als voedende spanning wel 127 V gebruiken in de schakeling 110 V. Op het toerental heeft dit geen invloed en evenmin zal de temperatuurstijging van de statorwikkeling een waarde bereiken, waarbij op de lange duur verkoling van het gebruikte isolatiemateriaal optreedt. De vraag of een bepaald fabrikaat inductiemotor tropenbestendig is, moet men voorleggen aan de betreffende fabrieksservice-dienst. Indien voor het aanlopen in de hulpwikkeling een condensator is toegepast, zal

dan meestal deze aanloopcondensator vervangen moeten worden door een tropenbestendig exemplaar.

In volgorde van grootte van het verkregen aanloopkoppel zullen thans de verschillende typen van eenfase-inductiemotoren de revue passeren.

## 2. De shaded-pole motor.

Dit motortype treft men alleen aan als het gaat om zeer kleine vermogens, zoals bijv. benodigd voor aandrijving van de waaier van tafelfventilatoren. Bij de kleinste typen (d.w.z. met de kleinste waaierdiameter) is het afgegeven vermogen kleiner dan 10 W. Men kan dit ontwikkelde (en dus ook afgegeven) vermogen natuurlijk ook in pk uitdrukken: 1 pk = 736 W. Globaal kan men nu zeggen, dat dit motortype wordt aangetroffen bij een vereist vermogen tot maximaal  $\frac{1}{20}$  pk (= 37 W).

Het aanloopkoppel is zeer gering (iets groter dan het vollastkoppel). Het rendement is slecht, voor de allerkleinste typen zelfs maar 10%.

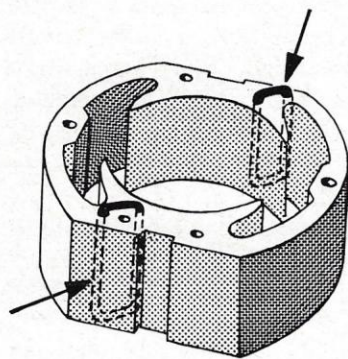


Fig. III-6. De kortsluitwinding om elke pool van de stator in een shaded-pole motor ter verkrijging van het aanloopkoppel.

Tegenover deze niet te onderschatten nadelen staan enige voordelen, waarvan de lage kostprijs en de grote bedrijfszekerheid wel de belangrijkste zijn.

De grote bedrijfszekerheid wordt verkregen door de afwezigheid van collector, koolborstels, sleepringen en centrifugaalschakelaar. De hulpwikkeling voor het aanlopen bestaat nl. slechts uit één ongeïsoleerde kortsluitwinding (meestal vervaardigd van koper), aangebracht om een gedeelte van iedere pool van het statorblik (fig. III-6). Deze permanent kortgesloten winding maakt dat in het door deze winding omsloten deel van de statorpool de magnetische krachtlijnen najlen ten opzichte van de krachtlijnen in de „normale” pool. Op deze wijze

ontstaat een (sterk vervormd) elliptisch draaiveld. Hierdoor gaat het kooiankertje draaien.

Dat dit type motoren vooral toepassing heeft gevonden in tafelfventilatoren is begrijpelijk, omdat elke vorm van onderhoud – afgezien van het af en toe smeren van de meestal aanwezige glijlegers – overbodig is. Doordat noch tijdens het normaal bedrijf noch tijdens het aanlopen commutatie- of onderbrekingsvonken ontstaan, is deze motor volkomen

radio- en televisiestoringvrij. Een onmisbare eigenschap in de samenleving voor apparaten, die in de tropische gebieden de gehele dag (de fabrikant rekent op 20 uur per etmaal!) in bedrijf moeten zijn. Dank zij de geruisloze glijlegers wordt dit motortype ook algemeen toegepast in platenspelers.

De tafelfventilator wordt ook in Nederland steeds meer gebruikt, en wel vooral als middel om een luchtstroom langs de alsmaar groter wordende etalageruiten in stand te houden, waardoor het euvel van beslaan der ruiten bij temperatuur- en/of vochtigheidsverschillen aan weerszijden van de ruit geheel voorkomen wordt. Dit is goedkoper dan elektrische verwarming, omdat het opgenomen vermogen zelfs van grote, oscillerende ventilatoren – ondanks het slechte rendement van dit motortype – vele malen kleiner is dan van een langgerekt verwarmingselement aan de onderzijde van de ruit.

Ook in de moderne ventilerende warmtekachels komt een door dit motortype aangedreven ventilator voor.

Het lage aanloopkoppel is bij een ventilator geen bezwaar, omdat bij het starten alleen maar de legerwrijving behoeft te worden overwonnen.

Men past bij dit type motor wel toerenregeling toe door voorschakeling van een weerstand of smoorspoel. Hierdoor wordt de voedende klemspanning van de motor zo gering, dat de slip van de rotor (dus de afwijking van het bedrijfstoerental t.o.v. het toerental van het magnetisch draaiveld) sterk toeneemt. In deze stand (dus met verlaagde klemspanning) is het toch al lage aanloopkoppel natuurlijk ook evenredig lager, waardoor soms zelfs het wrijvingskoppel van de beide legers niet overwonnen kan worden.

Voor hetzelfde doel werkt men ook wel met inschakelen van een deelwikkeling (zie fig. III-7). Men treft dan ook altijd op de grotere typen tafelfventilatoren een standenschakelaar aan, waarmee men vanuit de nulstand steeds onmiddellijk de stand bereikt met de maximale snelheid (dus met de volle netspanning op de statorwikkeling) en eerst daarna de

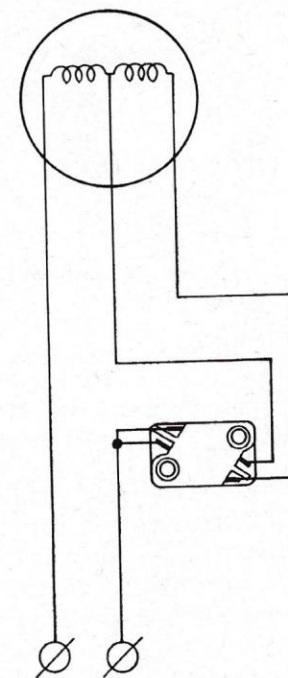


Fig. III-7. Elektrisch schema van de deelwikkeling en de schakelaar voor toerenregeling van een ventilatormotor.

lagere stand(en). Eenzelfde toerenregeling treft men ook aan bij de tegenwoordig veelvuldig toegepaste raamventilatoren.

*De mechanische opbouw van de shaded-pole motor.*

Aangezien geruisloosheid in het algemeen bij dit type motor een eerste vereiste is (denk aan het toepassingsgebied in ventilatoren en afspeel-

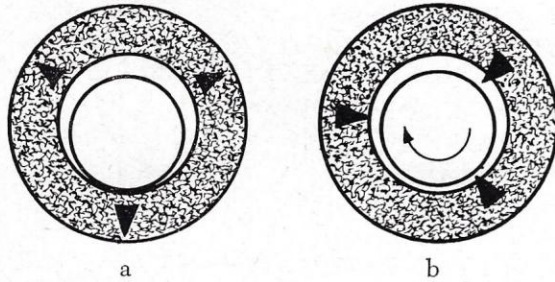


Fig. III-8. De werking van een glijleger. a. Ruststand van de as. b. Door de pompwerking van de draaiende as vloeit smeeroil uit het poreuze legermateriaal toe en ontstaat er rond de as een oliedil.

het legermateriaal een speciale bronslegering toe te passen, waarvan de poreusheid met het blote oog waarneembaar is (fig. III-8). De fabrikant kan zo – rekening houdend met de temperatuur van het leger en het toerental van de rotoras – het leger geheel doordrenken met de olie-soort, die in zijn motor de langste levensduur heeft. Bovendien zijn deze poreuze legers dan nog meestal omgeven door z.g. smeerviltjes, die eveneens met olie doordrenkt zijn.

De kans dat zo'n glijleger bij dit motortype droogloopt, is dus vrij gering. De schade die dit aan de motor zou veroorzaken, is bovendien vrijwel te verwaarlozen, omdat het motorkoppel zo gering is dat de motor ten gevolge van de toegenomen wrijving stopt, voordat de rotorastap door het ontbreken van de oliedil het legermateriaal zou kunnen beschadigen. Ook al zou dit vastlopen (bijv. van een ventilator in een etalagekast) niet onmiddellijk worden opgemerkt, dan zal in de meeste gevallen toch geen verbranding van de statorwikkeling optreden, omdat bij dit motortype het opgenomen vermogen met geblokkeerde rotor slechts 40% groter is dan het vermogen bij vollast.

Hoewel het nasmeren van apparaten, aangedreven door dit motortype, dus toch van tijd tot tijd noodzakelijk blijft, moet men het de klant afraden dit zelf te doen. Ondeskundig nasmeren (met als voornaamste

apparaat), treft men uitsluitend glijlegers aan.

Bij een glijleger moet tussen de as en het legermateriaal altijd een oliedil aanwezig zijn. Door verdamping zal op de duur olieverslies optreden, zodat nasmeren absoluut noodzakelijk is.

Men heeft de tijdsduur tussen elke nasmering aanzienlijk weten te vergroten door voor

euvel een te overvloedig oliegebruik) kan grote schade veroorzaken. Denk bijv. aan een tafelventilator waar de overtollige smeeroil uitdruipt, geplaatst op een kostbaar kleed in een etalage. Hetzelfde geldt voor platenspelers, waarbij men soms nog in de overbrenging naar het draaiplateau een rubber tussenwiel aantreft. Bij het nasmeren komt dit tussenwiel gemakkelijk met de overtollige smeeroil in aanraking, waarna het aangetast raakt en waardeeloos wordt.

Ten slotte dient men zich bij het nasmeren te realiseren, dat de olie tijd nodig heeft om via de smeerviltjes en het poreuze legermateriaal door te dringen tot op de as. Dus niet blijven smeren tot de motor weer wil gaan draaien! (fig. III-9).

Hierboven werd reeds vermeld dat door de motorfabrikant veel aandacht is besteed aan de keuze van de juiste olie-soort, ter verkrijging van een „lange levensduur”. Men kan echter rustig met elke oliesoort nasmeren, mits natuurlijk gebruik wordt gemaakt van een goed merk en mits de viscositeit goed is (moet vrij dun vloeibaar zijn).

Het zal kunnen voorkomen, dat een klant komt met de klacht dat nasmeren niet of slechts korte tijd geholpen heeft. De reden hiervan is, dat door het stilstaan van de motor met spanning op de statorwikkeling, de leger temperatuur opgelopen is. Hierdoor zijn de nog aanwezige olieresten verharst. Bij demontage treft men dan op de astap en in de legers een bruine aanslag aan. Deze is echter eenvoudig te verwijderen d.m.v. petroleum. Brengt men daarna de legers enige tijd in een oliebad, dan zuigt het poreuze materiaal zich dank zij de capillaire werking weer vol olie, waarna men de legers opnieuw kan monteren.

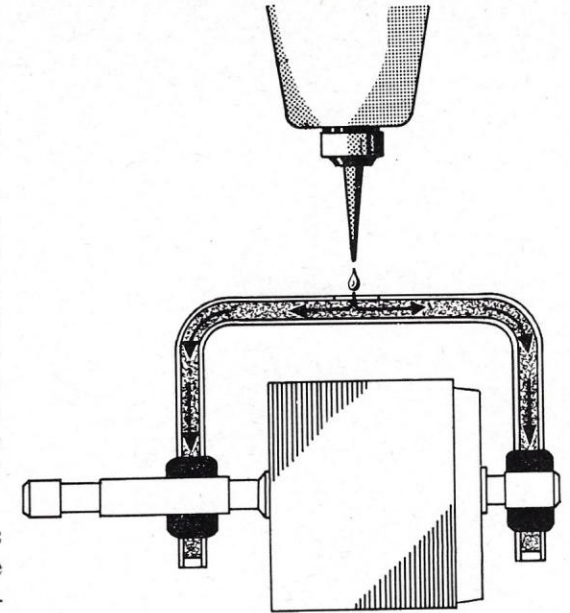


Fig. III-9. Bij nasmering moet de smeeroil vaak een lange weg door het smeerviltje afleggen om de poreuze glijlegers te bereiken. (Motorschilten en statorpakket zijn duidelijkheidshalve weggelaten.)

Demontage van dit kleine motortype geeft meestal geen moeilijkheden. Montage kan echter problemen geven, omdat de op het statorpakket

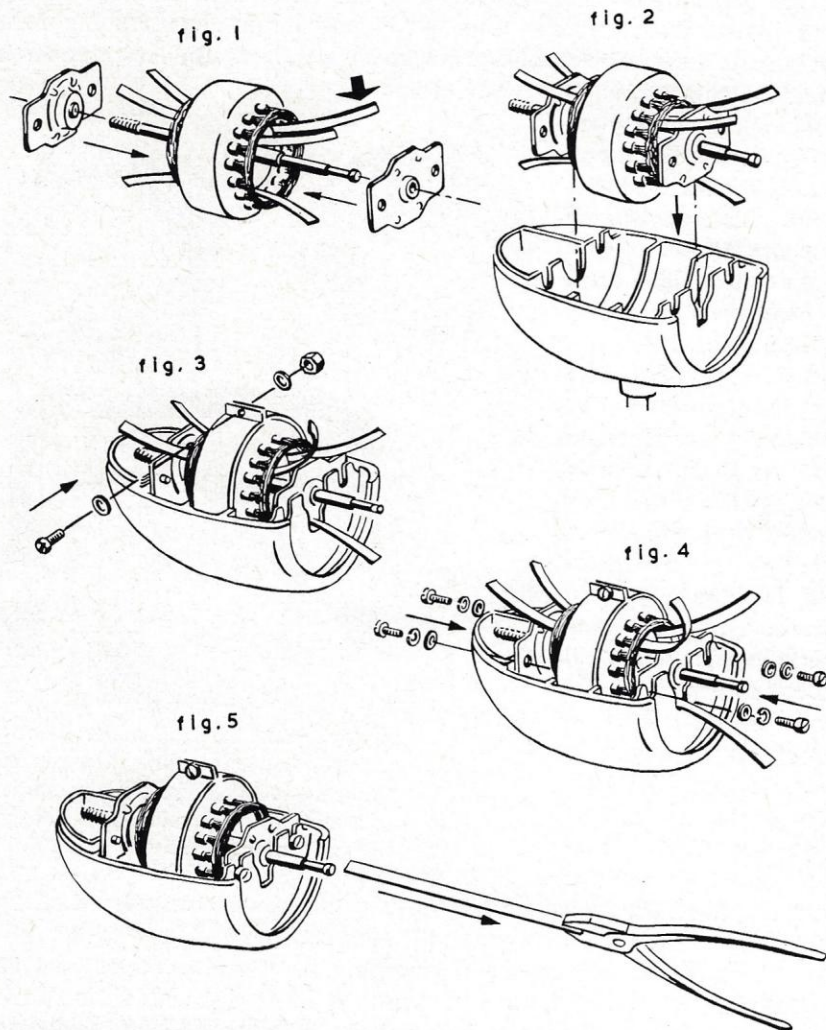


Fig. III-10. Montagemethode van de rotor van een kleine ventilatormotor. De tasters bepalen de plaats van de legerschilden in het motorhuis en worden pas na algehele montage tussen rotor en stator weggetrokken.

rustende legerschilden (soms alleen uitgevoerd als plaatijzeren beugels) geen pasranden hebben, zodat men bij de montage maar moet zoeken naar de juiste stand, waarbij dus de rotor niet in de stator aanloopt. Een

geluk hierbij is, dat de glijlegers van het zelfinstellende type zijn, zodat zelfs bij een wat scheve of excentrische montage van de rotor geen legerverklemming optreedt.

Niettemin dient men bij de montage zeer nauwkeurig te werk te gaan: indien de rotor niet precies in het midden van het statorpakket wordt aangebracht, zal de luchtspleet tussen de rotor en de statorpolen niet overal even groot zijn. Hierdoor ontstaat dan een elektrische onbalans, die kan ontaarden in motorlawaai of een iets onregelmatig toerental. Als men bedenkt, dat bijv. bij afspeelapparatuur kleine toerentalvariaties van de aandrijvende motor een verschrikkelijke geluidskwaliteit opleveren, dan erkent men ook de wenselijkheid van een goede service en draagt men er zorg voor, dat de rotor, ook al ontbreken pasranden aan de legerschilden, precies in het midden wordt gemonteerd.

Een eenvoudig hulpmiddel hierbij is montage met behulp van tasters. Zo'n taster bestaat uit ongeveer 0,2 mm dik metaalfolie en wordt aangewend zoals afgebeeld in fig. III-10 en 11. Tijdens de gehele montagehandeling blijven deze tasters tussen rotor en stator aanwezig. Nadat men de bevestigingsbouten van de legerschilden goed

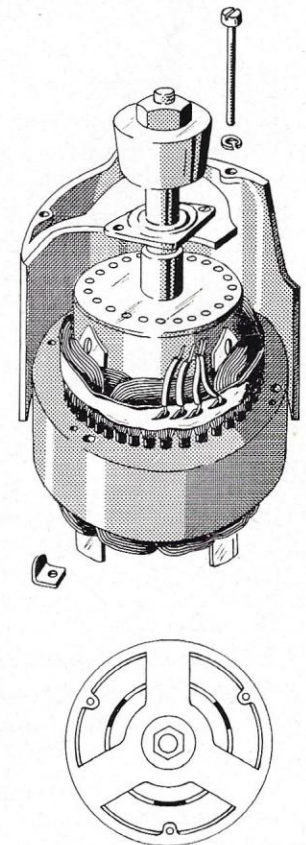


Fig. III-11. Montagemethode van een grote plafondventilator. De tasters (nog juist zichtbaar) bepalen de plaats van het statorpakket in het motorhuis en worden pas na algehele montage tussen rotor en stator weggetrokken.

heeft vastgezet, trekt men de tasters uit de luchtspleet. Daarna geeft men met een kleine plastic hamer een tik op de motor (liefst tegen het statorpakket). Hierdoor zullen de zelfinstellende glijlegers „schrikken” en op de goede plaats gaan zitten. Men dient dit te controleren alvorens men de motor inbouwt, door met de hand de as rond te draaien. Er mag van een zwaar punt geen sprake zijn.

Bij de montage dient men zich voorts te realiseren, dat ook bij dit type mo-

tor de fabrikant niets voor niets heeft aangebracht. Laat dus geen volgringen of verende sluitringen weg, want juist dat ene ringetje kan een herhaalde klacht betekenen.

Bij dit motortype is de rotor zeer eenvoudig: opgebouwd uit dynamoblik van 0,5 mm dikte met aan één zijde of aan beide zijden isolatiemateriaal, is hij eenvoudig op de as geperst. De rotorstaven en de kortsluitringen aan weerskanten kunnen van koper zijn. In de meeste gevallen treft men echter een spuitgegoten rotortje aan, omdat dit in enorme aantallen kan worden vervaardigd.

Doordat men in dat geval de rotorstaven en de kortsluitringen maakt van lichtmetaal (veel

goedkoper dan de grondstof koper), zijn de kosten van de vervaardiging van een dure spuitgietmatrijs verantwoord. Vooral natuurlijk voor die motorenfabrikanten welke over een eigen spuitgietafdeling voor lichtmetaal beschikken (zie fig. III-12).

### 3. Service-wenken voor de shaded-pole motor.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing-zoeken en remedie</i>
1. Motor start niet en neemt geen vermogen op.	Onderbreking in de bedrading of in een van de statorspoelen.	Met ohmmeter de onderbreking opzoeken en zo nodig de defecte spoel of het gehele statorpakket vervangen.

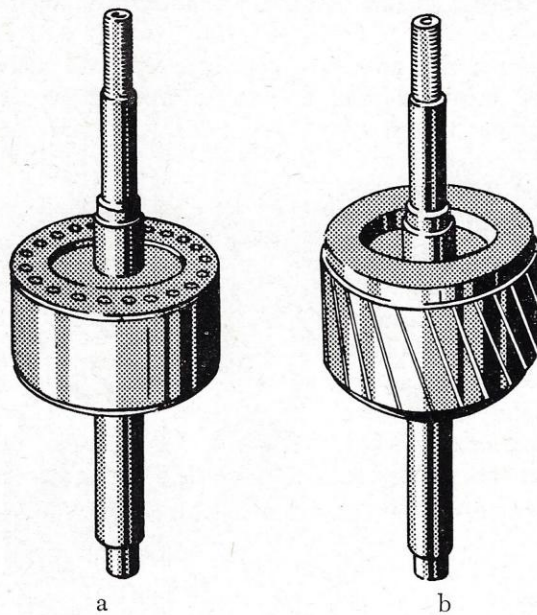


Fig. III-12. Rotortypen.

a. Rotor met koperen staven, gesoldeerd in koperen kortsluitringen. b. Spuitgegoten lichtmetalen rotor, waarbij staven en kortsluitringen één geheel zijn.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing-zoeken en remedie</i>
2. Motor start niet en neemt wel vermogen op.	Mechanisch vastlopen, meestal door gebrek aan smeerolie in de glijlegers.	Zeer voorzichtig (en vooral niet overvloedig) olie toevoegen aan de smeerviltjes om de legers. Indien op de as een kleverige massa is ontstaan, dan de motor demonteren en legers en astappen schoonmaken.
3. Motor draait wel, maar met een te laag toerental (vooral bij afspeelapparatuur storend).	Legerwrijving te hoog door òf gebrek aan smeermiddel òf een niet goed geplaatst zelfinstellend leger.	Of smeren òf na controle of de bevestigingsbouten van de schilden vastzitten, de motor met een plastic hamer een „vaktik” geven, waardoor het zelfinstellende leger op de juiste plaats komt te zitten.
4. Motor broemt (zeer storend bij afspeelapparatuur en tafelventilatoren).	Magnetische onbalans, die (als de kortsluitwindingen intact zijn en als er geen sluiting in een van de statorspoelen is) wordt veroorzaakt doordat de luchtspleet tussen rotor en stator niet overal gelijk is.	De afwijking van de luchtspleet tussen rotor en stator is met het oog waarneembaar. Motor demonteren en met tasters opnieuw monteren. Na montage en verwijdering van tasters met een plastic hamer een „vaktik” geven, waardoor de zelfinstellende glijlegers zich door „schrikken” juist instellen.

Klacht	Oorzaak	Wijze van storing-zoeken en remedie
5. Motor maakt lawaai (er trilt iets méé).	Mechanische afwijking.	Vaak moeilijk te vinden, omdat de oorzaak „alles” kan zijn: loszittend ringetje, loszittend blikje van het statorpakket. Altijd beginnen met alle bevestigingsbouten of -moeren van de schil-den zorgvuldig vast te draaien.
6. Motor draait op een onjuist toerental en stinkt.	Sluiting in een van de statorspoelen.	Meestal te constateren aan de donkere kleur van het isolatiemateriaal van de defecte spoel. Zo niet, dan met ohmmeter de weerstand van de statorspoelen bepalen. Bij een goede motor is deze gelijk.

Ten slotte een algemeen advies over de aansluitingsmogelijkheid op een andere frequentie. Dit wordt nogal eens gevraagd door personen die uit een ander land komen of die naar een (meestal ver) land gaan verhuizen.

Indien het typeplaatje van de motor (of van het apparaat waarin het motortje is ingebouwd) één frequentie aangeeft, dan nooit gaan experimenteren. De motor is dan slechts ontworpen voor die ene frequentie; afgezien van het zich wijzigende toerental zal bij aansluiting op een andere frequentie de temperatuurstijging van de statorwikkelingen te hoog worden.

Indien uitsluitend het wisselstroomteken ( $\sim$ ) op het typeplaatje voorkomt, dan bestaat de kans dat het motortype geschikt is voor frequenties tussen 40 en 60 Hz. In dat geval kan de technische dienst van de betreffende fabrikant nadere inlichtingen verschaffen en wanneer het bijv. afspeelapparaten betreft, een gewijzigde aandrijfpoelie voor de motor-as leveren, waardoor het toerental van de draaitafel goed zal blijven.

In het algemeen kan nog voor dit motortype – dat dus gebruikt wordt in kleine apparaten, die van de ene plaats naar de andere worden meegenomen – de service-tip worden gegeven, dat bij klachten als: „Draait veel te langzaam”, „Trekt niet” of „Wordt veel te heet en bromt”, men zich eerst moet overtuigen of de motor wel wordt aangesloten op de juiste spanning en of de motor geschikt is voor de in ons land gebruikelijke frequentie van 50 Hz.

#### 4. De eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling.

Wanneer vermogens nodig zijn groter dan  $\frac{1}{20}$  pk, past men veelal een motortype toe, waarbij in de statorgroeven twee wikkelingen – een hoofdwikkeling en een hulpwikkeling – zijn aangebracht.

Deze wikkelingen zijn ten opzichte van elkaar ruimtelijk verschoven, nl.  $22\frac{1}{2}^\circ$  bij een vierpolige machine (dus met een bedrijfstoerental van ongeveer 1425 omw/min) en  $45^\circ$  bij een tweepolige motor (bedrijfs-toerental 2850 omw/min).

Elektrisch gezien zijn deze wikkelingen altijd  $90^\circ$  t.o.v. elkaar verschoven. Elektrische graden nl. kan men als volgt definiëren:

Elektrische graden = mechanische graden  $\times$  aantal poolparen van de statorwikkeling.

Bij de besproken seriemotoren kan men de poolparen zeer eenvoudig herkennen, omdat de statorspoelen werkelijk gewikkeld zijn om polen waartussen zich het anker beweegt. Bij een tweepolige seriemotor (het conventionele type) heeft men één noord- en één zuidpool, is dus sprake van één poolpaar. Dezelfde duidelijk te herkennen polen treft men aan bij de op blz. 58 behandelde shaded-pole inductiemotor.

Bij het thans in behandeling zijnde motortype zijn in het statorpakket groeven aangebracht, waarin de hoofd- en eventueel de hulpwikkeling kunnen worden gelegd (zie fig. III-13). Men spreekt nu eveneens van een tweepolige inductiemotor, als de hoofdwikkeling zodanig in de statorgroeven is gewikkeld dat twee polen ontstaan. (Bij vierpolige motoren treft men twee poolparen aan, dus twee noord- en twee zuidpolen.) De rotor bestaat ook bij dit type uit een kooianker, waarin door inductie in de onderling kortgesloten rotorstaven de stroom gaat vloeien. Stator en rotorpakket zijn – zoals bij alle wisselstroommotoren – opgebouwd uit dynamoblik (zie ook blz. 164).

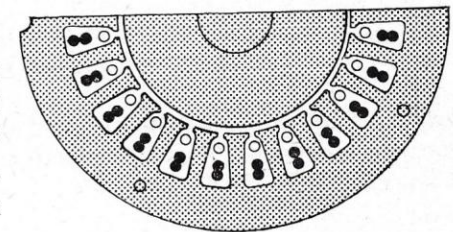


Fig. III-13. De hulpwikkeling van een eenfase-inductiemotor wordt boven in de groeven van het statorblik gelegd.

Het elektrisch schema van de eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling is weergegeven in fig. III-14.

#### *Het uitschakelen van de hulpwikkeling.*

De hoofdwikkeling is de bedrijfswikkeling, die tijdens het normale bedrijf is ingeschakeld. De hulpwikkeling echter, dient uitsluitend ter ver-

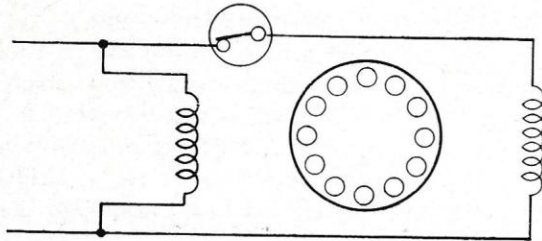


Fig. III-14. Elektrisch schema van een eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling.

krijging van een aanloopkoppel en wordt — meestal nadat de motor op toeren is gekomen — weer uitgeschakeld. Dit kan op verschillende manieren geschieden:

- a. Met de hand d.m.v. een speciale drukknopschakelaar.  
Wanneer men deze knop indrukt, worden beide wikkelingen met het voedende net verbonden, waardoor de motor gaat draaien. Bij het loslaten schakelt men alleen de hulpwikkeling van het net af. Meestal is een tweede drukknop aanwezig, die voor de uitschakeling van de hoofdwikkeling zorg draagt en tevens mechanisch de startknop weer in de oorspronkelijke stand terugbrengt, zodat men de starthandeling opnieuw kan verrichten.
- b. Door een op de rotoras gemonteerde automatische schakelaar.  
Deze treedt bij een toerental van 75 à 80% van het bedrijfstoerental in werking. Hierdoor openen zich contacten (meestal gemonteerd op het in een van de legerschilden aangebrachte klemmenbordje) en treedt afschakeling van de hulpwikkeling op.
- c. Door een z.g. aanlooprelais.  
Zo'n relais kan bijv. bestaan uit een in de stroomkring van de hoofdwikkeling geschakelde spoel met ijzerkern. Deze kern bedient langs mechanische weg een schakelaar voor de hulpwikkeling. De betrekkelijk grote aanloopstroom trekt de kern in de spoel, waardoor inschakeling van de hulpwikkeling plaatsvindt. Bij dalende stroom

door de relaisspoel (dus wanneer de motor op toeren komt) valt het relais af met als gevolg: uitschakeling van de hulpwikkeling.

- d. Door een inrichting, waarvan de werking berust op uitzetting in lengterichting van een draad.

Amerikaanse fabrikanten maken soms gebruik van het feit, dat een draad procentueel een aanzienlijke lengtevergroting ondergaat als de temperatuur stijgt. Dit gebeurt wanneer de hoge aanloopstroom door deze draad gaat.

Dat men verschillende middelen heeft bedacht om de hulpwikkeling bij het op toeren komen van de motor uit te schakelen, vindt zijn oorzaak in het feit dat vooral in de koeltechniek ter verkrijging van de bedrijfszekerheid geheel gesloten motoren (in combinatie met een pomp) gewenst zijn, met als noodzakelijke eis, dat de aan gebruiksslijtage onderhevige contacten buiten de motor worden gemonteerd.

In huishoudkoelkasten trof men vroeger altijd motoren aan met inwendige, d.m.v. een centrifugaalschakelaar bediende contacten voor de hulpwikkeling; via een vertragende V-riem werd de pomp aangedreven. De constructeurs (en ook de service-verlenende instanties) zaten bij deze constructie voortdurend in zorgen, omdat vooral in de zomermaanden bij hoge omgevingstemperaturen de gasdruk van het koelmedium zo hoog opliep, dat lekkage langs de pakking op de pompas optrad. Niet te verwonderen, dat de koelspecialisten als de enige oplossing zagen het toepassen van een gesloten systeem, waarbij pomp en motor op één as zijn bevestigd en waarbij de motor „in het gas” draait. Hiertoe moesten twee problemen worden opgelost:

1. de pomp moest bestand zijn tegen het motortoerental van 1425 omw/min;
2. uitschakeling (en inschakeling) van de hulpwikkeling moest plaatsvinden buiten de motor.

Na deze zisprong, die verduidelijkt waarom men tot een bepaalde constructievorm is gekomen, terug naar ons eigenlijke onderwerp: de motor.

#### *Het onderscheid tussen hoofd- en hulpwikkeling.*

Bij een geopende inductiemotor met hulpwikkeling is het zeer eenvoudig hoofd- en hulpwikkeling te onderscheiden. De hulpwikkeling ligt meestal aan de bovenzijde in de statorgroeven; bovendien is de draaddiameter van de hulpwikkeling het kleinst, omdat hierin een veel hogere stroomdichtheid (stroomsterkte per mm<sup>2</sup>) toelaatbaar is dan in de hoofdwikkeling.

De draaddiameter van de hoofdwikkeling is zoveel groter, omdat bij het

continu onder volle belasting draaien van de motor de temperatuurstijging van deze wikkeling, welke ten nauwste met de draaddiameter samenhangt, een bepaalde grens niet mag overschrijden. Enerzijds omdat de veiligheidskeurinstanties in de diverse landen deze maximale temperatuurstijging hebben vastgelegd (ter voorkoming van brandgevaar en voor de mens te hoge temperatuur van de buitenzijde van de

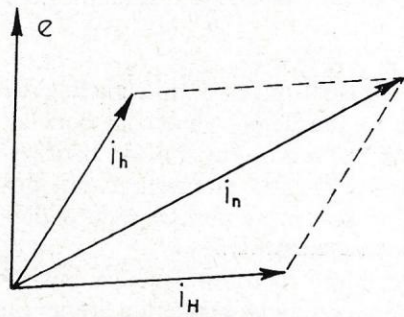


Fig. III-15. Vectordiagram van een eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling.

motor), anderzijds omdat de levensduur van de wikkeling bij een te hoge temperatuur in het gedrang komt (door verkoling van het materiaal waarmee de draad of de statorgroef is geïsoleerd).

In de hulpwikkeling kan men een veel hogere stroomdichtheid toelaten, omdat deze slechts gedurende de aanlooperperiode van de motor in bedrijf is en dus maar weinig warmte kan ontwikkelen. Indien de ontwerper dus weet hoeveel maal de motor per tijdseenheid moet kunnen starten, kan hij de draaddiameter berekenen en door laboratoriumproeven verifiëren.

Betreft het een geheel gesloten motor, dan kan men vaak aan de hand van de bedrading de hulpwikkeling vaststellen (de contacten van het aanlooprelais zijn geschakeld tussen hulpwikkeling en net) of door twee weerstandsmetingen te verrichten, nl. van de hoofd- en van de hulpwikkeling. De grootste ohmse weerstand heeft de hulpwikkeling, wegens de geringe draaddiameter.

Het verschil in ohmse weerstand tussen beide wikkelingen is absoluut noodzakelijk ter verkrijging van het aanloopkoppel. Het voor het starten noodzakelijke draaiveld vereist nl. niet alleen twee statorwikkelingen, die ruimtelijk ten opzichte van elkaar 90 elektrische graden zijn verschoven, maar vereist ook, dat de stromen door beide wikkelingen ook in tijd ten opzichte van elkaar verschoven zijn; m.a.w. de stroom door de hoofdwikkelingen en die door de hulpwikkeling mogen niet gelijktijdig hun maximum bereiken.

Het vectordiagram van deze motor ziet er dan ook uit als in fig. III-15. In dit diagram stelt  $e$  de netspanning voor,  $i_H$  de stroom door de hoofdwikkeling. Deze stroom ijlt na ten opzichte van de spanningsvector, omdat de impedantie van deze wikkeling tamelijk sterk inductief is.  $i_h$  is de stroom door de hulpwikkeling. Deze laatste ijlt — door zijn grotere ohmse weerstand — minder na dan de stroom door de hoofdwikkeling.

$i_n$  is de resultante van  $i_H$  en  $i_h$ , d.w.z. de stroom die uit het net wordt opgenomen gedurende de periode, waarin ook de hulpwikkeling staat ingeschakeld. De grootte van het aanloopkoppel is o.a. evenredig met de sinus van de hoek tussen  $i_H$  en  $i_h$ , met het aantal windingen van de hulpwikkeling en met het produkt van  $i_H$  en  $i_h$ .

De motorontwerper kan de stroom in de hulpwikkeling niet te hoog opvoeren, omdat door de betrekkelijk geringe hoek tussen  $i_H$  en  $i_h$ , de resulterende opgenomen stroom gedurende de aanlooperperiode vrijwel gelijk is aan de som van beide stromen.

De totale opgenomen stroomsterkte moet beperkt blijven tot die waarde waarbij, ook bij veel starten per tijdseenheid, de normale smeltveiligheid in de huisinstallatie niet doorsmelt. Indien nl. een hoog aanloopkoppel wordt vereist en de motor meerdere malen per uur moet starten (en dat is bijv. bij huishoudkoelkasten het geval), dan komt men spoedig in moeilijkheden met een te hoge opgenomen stroom tijdens de startperiode. Speciaal voor de aandrijving van de koelkast-units heeft men dan ook gezocht naar een oplossing van deze moeilijkheden, met behoud van een redelijke opgenomen stroom tijdens het aanlopen. Dit heeft men weten te bereiken door een condensator met de hulpwikkeling in serie te schakelen.

Bij wasmachines — die een geringer aanloopkoppel vereisen dan koelinstallaties — komt dit motortype zonder condensator soms voor in de 220 V-uitvoering. Voor de lagere netspanning van 127 V moet dan wél een condensator worden toegepast, vanwege de bij deze spanning optredende hogere stroomsterkten (zie bijv. het aansluitschema in fig. III-16). Deze eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling en condensatoraanloop zal hierna worden besproken.

### 5. De eenfase-inductiemotor met hulpwikkeling en condensatoraanloop.

Deze motor staat in ons land bekend onder de naam condensatormotor. Dit kan verwarring wekken, omdat er ook eenfase-inductiemotoren bestaan, die twee condensatoren bezitten, nl. een voor het starten en een ingeschakeld tijdens het normale bedrijf. De Engelse benaming „capacitor-start motor” geeft het beste weer, dat bij het hier te bespreken motortype tijdens de aanlooperperiode een condensator is ingeschakeld. Dit motortype is populair geworden na 1930, toen de stand van de techniek de fabricage van een betrouwbare aanloopcondensator tegen een verantwoorde kostprijs mogelijk had gemaakt. Het wordt toegepast, wanneer een niet te hoog bedrijfstoerental in combinatie met een hoog aanloopkoppel vereist is. Dit is bijv. het geval bij koelkasten, wasmachines, centrifuges, kleine luchtcompressoren, motoren bij oliestook-

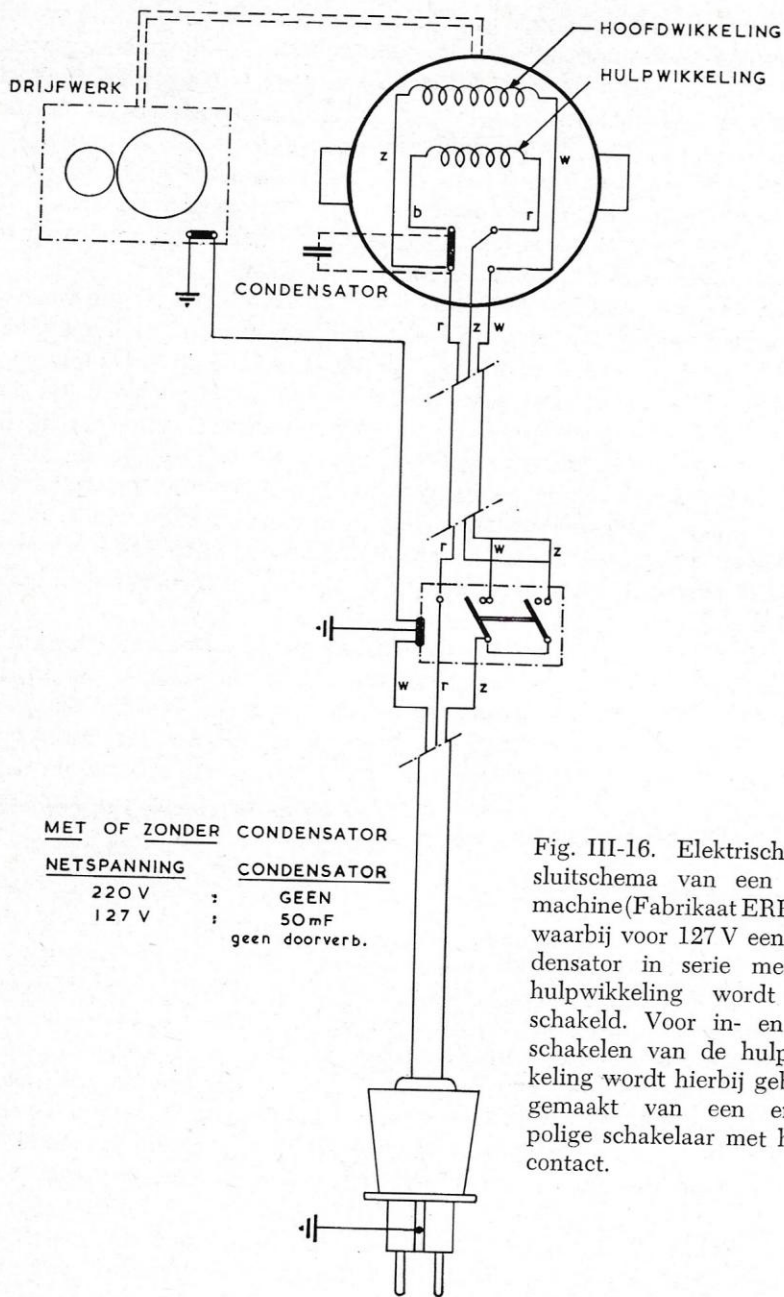


Fig. III-16. Elektrisch aansluitschema van een wasmachine (Fabrikaat ERRES), waarbij voor 127 V een condensator in serie met de hulpwikkeling wordt geschakeld. Voor in- en uitschakelen van de hulpwikkeling wordt hierbij gebruik gemaakt van een enkelpolige schakelaar met hulpcontact.

installaties, plafond-, tafel- en raamventilatoren met grote waaierdiameter e.d.

Hoewel ook thans nog bij storingen aan dit motortype vaak een defecte condensator de oorzaak is, kan toch worden gesproken van verantwoorde bedrijfszekerheid van de thans toegepaste droge elektrolytische condensatoren.

#### De aanloopcondensator.

Op blz. 70 werd in fig. III-15 het vectordiagram getekend van een motor waarvan beide wikkelingen inductief zijn.

Een wikkeling is inductief als bijv. door een spoel waarin een wisselstroom vloeit een magnetisch veld in metaal wordt opgewekt. In een inductieve stroomkring zal de stroom altijd najlen op de spanningsvector, d.w.z. dat de wisselende stroom later zijn maximale waarde bereikt dan de eveneens wisselende spanning.

Schakelt men met een spoel (bijv. de hulpwikkeling) een condensator van voldoende grootte in serie, dan zal de capacatieve invloed hiervan overheersen ten opzichte van de inductie van deze spoel. In een capacatieve stroomkring nu bereikt de wisselende stroom eerder de maximale waarde dan de spanning, zodat men van een voorijlende stroom spreekt. Het vectordiagram van zo'n condensatormotor is dan ook als in fig. III-17 aangegeven. Ook nu is weer  $e$  de netspanning,  $i_H$  de stroom door de hoofdwikkeling en  $i_h$  de voorijlende stroom door de hulpwikkeling.

Het elektrische schema van dit motortype is in fig. III-18 getekend. Ook hierbij is de grootte van het aanloopkoppel o.a. evenredig met de sinus van de hoek tussen  $i_H$  en  $i_h$ , met het aantal windingen van de hulpwikkeling en met het produkt van  $i_H$  en  $i_h$ .

De hoek tussen  $i_H$  en  $i_h$  is groot ten opzichte van die in fig. III-15. Hierdoor is ook de sinus van deze hoek groter dan in het geval zonder condensatoraanloop. Een voordeel van de grote hoek tussen  $i_H$  en  $i_h$  is, dat de motorontwerper nu de stroom  $i_h$  vrij hoog kan kiezen, zonder dat  $i_H$  (de resulterende stroom, die tijdens de startperiode aan het voedende

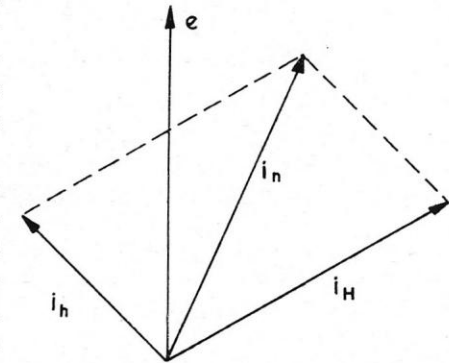


Fig. III-17. Vectordiagram van een eenfase-inductiemotor met een in serie met de hulpwikkeling geschakelde condensator.

net wordt onttrokken) een ontoelaatbaar hoge waarde gaat aannemen. In het geval zonder condensator in de hulpwinding was deze  $i_n$  praktisch gelijk aan de som van  $i_H$  en  $i_h$ . In het geval van een voorgeschakelde condensator is de resulterende opgenomen stroom tijdens de startperiode echter aanzienlijk geringer dan de som van de stromen door de hoofd- en hulpwinding. Uitschakeling van de hulpwinding bij ongeveer 80% van het bedrijfstoerental is ook bij dit motortype noodzakelijk.

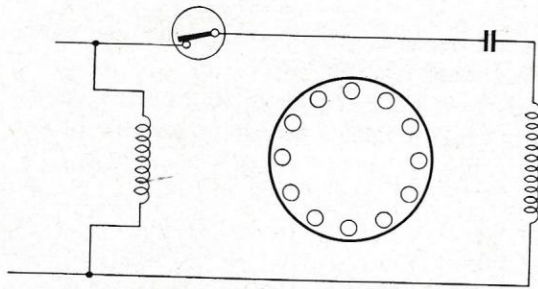


Fig. III-18. Elektrisch schema van een eenfase-inductiemotor met een in serie met de hulpwinding geschakelde condensator.

Indien wij de elektrische schema's van de motor met en zonder condensator in serie met de hulpwinding naast elkaar beschouwen (fig. III-14 en III-18), dan zou men kunnen menen, dat men het aanloopkoppel van de motor van fig. III-14 kan verbeteren door een condensator in serie met de hulpwinding te schakelen. Dit is echter in het algemeen niet mogelijk, omdat bij condensatormotoren deze hulpwinding geheel ontworpen is om gedurende de startperiode in serie met de aanloopcondensator op het net geschakeld te worden. Ook de contacten voor in- en uitschakelen van deze hulpwinding zijn ontworpen om een capacitieve kring te schakelen.

Degenen die ook beschikken over elektronische kennis, weten dat bij serieschakeling van een condensator en een inductief circuit ogenschijnlijk zeer vreemde verschijnselen optreden. Zo is het mogelijk dat de spanning over de condensator en de impedantie van de wikkeling te zien als twee in serie geschakelde weerstanden. Natuurlijk zou in dat geval de klemspanning zich verdelen over de beide „weerstand”, afhankelijk van de grootte van deze weerstanden. In werkelijkheid echter is dus het gedrag van de verdeling van de spanning geheel anders. Aangezien bij het bestellen van elke condensator twee waarden van belang zijn:

1. de grootte van de capaciteit (uitgedrukt in microfarad, afgekort  $\mu F$ , zie blz. 91) en
2. de grootte van de maximaal toelaatbare bedrijfsspanning (uitgedrukt dus in V),

moet men met dit eigenaardige verschijnsel terdege rekening houden. Bij de meeste motoren treft men dan ook condensatoren aan voor een ten minste 25% hogere bedrijfsspanning dan de netspanning. Deze aanloopcondensatoren zijn meestal uitwendig rond. Er komen echter ook speciale uitvoeringsvormen voor, waardoor het mogelijk is de condensatoren in of „om” de motor te bouwen. Zij bestaan inwendig altijd uit twee opgerolde lagen aluminiumfolie, door een isolator van elkaar gescheiden (bijv. papier). Deze isolator is geïmpregneerd met een elektrolytische vloeistof. Het metalen omhulsel van de condensator is vaak eveneens van aluminium, omdat dit betrekkelijk corrosievrij is.

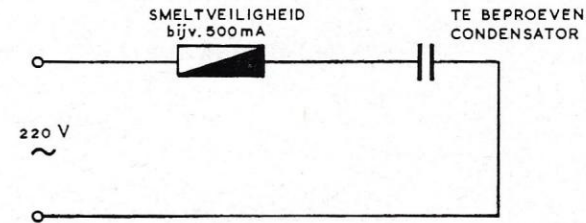


Fig. III-19. Beproevingsschema voor condensatoren in een service-werkplaats.

Natuurlijk kan het inwendige aluminiumfolie onder normale omstandigheden niet in aanraking komen met het omhulsel. Deze constructiebeschrijving dient men als schematisch te beschouwen, omdat de fabrikanten niet alleen de bedrijfszekerheid hebben verbeterd, maar ook, door bewerkingen uit te voeren aan het oppervlak van het metaalfolie, in staat zijn geweest in de afgelopen jaren bij gelijkblijvende afmeting en werkspanning de capaciteit te verhogen.

Indien men de lijst raadpleegt van aanloopcondensatoren, dan ziet men dat de keus groot is. Experimenteer echter nooit met de daarin opgegeven waarden en denk bijv. niet, dat door vergroting van de capaciteit het aanloopkoppel te verbeteren is. Kies altijd precies dezelfde grootte en bedrijfsspanning als die van de originele condensator. De controle of een condensator al of niet goed is, was vroeger nogal eens een probleem. Nu men echter ook in de service-werkplaats meer en meer rekening moet houden met elektronisch werkende elektrische huishoudelijke toestellen, moet men zeker beschikken over een meetinstrument om de capaciteit van condensators te meten.

Er bestaat echter ook de mogelijkheid, dat de condensator pas bij aansluiting op de bedrijfsspanning doorslaat. Dit kan men het eenvoudigst controleren door de condensator in serie met een smeltveiligheid op het net te schakelen (zie fig. III-19). Bij een doorslag zal dan de smeltveilig-

heid — die natuurlijk een geschikte lage waarde moet hebben t.o.v. de smeltveiligheid in de betreffende groep van onze werkplaats — doorsmelten. Na deze beproeving de klemmen van de condensator met behulp van een schroevendraaier met geïsoleerde handgreep kortsluiten. Een hevige vonk moet dan overspringen, anders is de condensator „open”, heeft derhalve geen capaciteit en is dus onbruikbaar.

De methode van de proeflamp, dus het in serie met de condensator schakelen van een lamp, kan men helaas niet toepassen, omdat voor wisselstroom een condensator niet een oneindig hoge weerstand heeft, zodat de lamp kan oplichten ook in die gevallen waarbij de isolatie van de condensator tussen de klemmen onderling nog goed is. Gestelsluiting daarentegen kan men wel met een normale proeflamp constateren.

De eenfasemotor met condensator heeft ook weer een kooianker; de onderling kortgesloten rotorstaven zijn òf van koper òf van lichtmetaal.

Overwikkelen van deze motor voor een andere netspanning is theoretisch natuurlijk mogelijk. Men moet dan zowel hoofd- als hulpwikkeling omrekenen voor de gewenste nieuwe spanning. De moei-

Fig. III-20. Elektrisch schema van de toerenregeling van een condensatormotor met behulp van een smoorspoel met aftakkingen.

lijkheid is echter, dat men dan ook een aanloopcondensator van een andere grootte moet kiezen. Moet men bijv. overwikkelen van 127 V naar 220 V, dan moet men ruw genomen de condensator verkleinen tot een kwart van de originele waarde. Beter is echter deze werkzaamheden te laten uitvoeren door de fabrieksservice-dienst. Vaak zal men dan constateren dat deze niet overwikkelt, maar een fabrieksnieuwe ruilmotor verstrekt, waarop men wederom garantie heeft.

Ook bij dit motortype wordt — als het gaat om niet te grote vermogens — toerenregeling wel d.m.v. een smoorspoel toegepast. Het schema van zo'n regeling voor een plafondventilator is weergegeven in fig. III-20. Bij raamventilatoren wordt soms het omkeren van de draairichting bereikt door toepassing van twee stel wikkelingen.

## 6. Service-wenken voor de inductiemotor met hulpwikkeling en condensatoraanloop.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing-zoeken en remedie</i>
1. Motor start niet, broemt hevig en neemt veel vermogen op (wordt dus snel heet).	Bij uitzondering moet de storing worden gezocht in een verbrande statorspoel; meestal werkt de hulpwikkeling niet.	Startcondensator controleren. Indien de benodigde meetinstrumenten hiervoor ontbreken, dan condensator losmaken en een nieuwe provisorisch monteren. Controleer of de schakelaar resp. het startrelais voor de hulpwikkeling niet onderbroken is. Ten slotte met ohmmeter de hulpwikkeling doormeten. (Let erop, dat de condensator zich niet kan ontladen via de ohmmeter.) Een condensator is meestal zeer eenvoudig te vernieuwen; de automatische of met de hand te bedienen schakelaar voor de hulpwikkeling eveneens. Is de hulpwikkeling defect, dan gehele statorpakket met hoofd- en hulpwikkeling vernieuwen.
2. Motor start slecht, komt niet op toeren en geeft rookontwikkeling.	De motor heeft een te gering aanloopkoppel door doorgeslagen condensator. Daardoor blijft de hulpwikkeling op het net aangesloten.	Defecte condensator vervangen. Controleer in hoeverre de isolatie van hulpwikkeling is verkoold. Zo nodig dus de complete stator vervangen om herhaalde klachten te voorkomen.

<i>Klacht</i>	<i>Oorzaak</i>	<i>Wijze van storing-zoeken en remedie</i>
3. Motor start niet en neemt geen vermogen op.	Onderbreking in bedrading of hoofdwikkeling. Sommige motoren bevatten een in- of aangebouwde z.g. Klixonbeveiliging. Ook deze op de temperatuur werkende beveiliging kan defect zijn en „open” blijven staan.	Of statorpakket vervangen of Klixonbeveiliging vernieuwen.
4. Motor maakt zeer veel lawaai en komt niet snel genoeg op toeren.	Rotor loopt aan in de stator door een defect aan de legers.	Motor vervangen.
5. Motor start bij zware belasting niet (bijv. bij koelkasten op zeer warme dagen).	De netspanning is te laag (beneden de grens van min 10%).	Netspanning controleren met voltmeter op het moment dat men de motor inschakelt. Deze klacht komt veel voor bij gebruik van een z.g. verhuistransformator van te gering vermogen. De enige remedie is: de oorzaak van de te lage spanning wegnemen (bijv. trafo van groter vermogen monteren).

Zoals reeds beschreven, wordt bij de koelkasten voor pomp en aandrijvende inductiemotor één gesloten unit toegepast. Men kan in dit geval geen reparaties aan het inwendige van de unit verrichten, maar moet een nieuwe unit monteren volgens de aanwijzingen die de service-documentatie bij de betreffende koelkast geeft. Uit onze praktijkervaring blijkt echter, dat men soms te snel tot vervangen van een unit overgaat. Vaak zal men de oorzaak van de klacht van het niet-

starten kunnen vinden in een defect startrelais of in een defecte motorbeveiliging. Dit motortype is nl. door het ontbreken van roterende bewikkelde delen zeer bedrijfszeker. Bovendien geven de meeste fabrikanten in de bij de koelkast behorende service-documentatie waardevolle aanwijzingen, waardoor elektrische storingen, buiten de eigenlijke unit gelegen, snel kunnen worden gelokaliseerd.

### 7. De repulsie-motor.

Dit motortype werd vooral in Amerika reeds omstreeks 1900 in huishoudelijke apparaten toegepast. Moest men nl. de beschikking hebben over een hoog aanloopkoppel in combinatie met een bedrijfstoerental van ongeveer 1425 omw/min, dan was dit het enige type eenfasemotor dat in aanmerking kwam. Na 1930 is dit motortype geleidelijk aan verdrongen door de inductiemotor met een condensator in de hulpwikkeling.

De repulsie-motor is ook een inductiemotor: het draaien van de rotor ontstaat door inductie. Inductie dus weer van de statorwikkeling, die op het lichtnet wordt aangesloten (fig. III-21). Deze wikkeling ligt in de groeven van het statorpakket, juist zoals bij inductiemotoren met een kooianker. Bij de repulsie-motor is echter de rotor voorzien van bewikkelde groeven (zie fig. III-22) en een collector. Op de collector bevinden zich twee of vier koolborstels, die onderling of twee aan twee doorverbonden zijn. Ook bij dit motortype zou men dus kunnen spreken van een kortsluitanker. Alleen betreft het nu geen rotorstaven die permanent onderling kortgesloten zijn, maar een seriewikkeling op het anker waarvan de spoelen, alleen wanneer zij via de collector de doorverbonden koolborstels passeren, kortgesloten zijn.

De karakteristiek van deze repulsie-motor is gelijk aan die van de serie-motor, besproken op blz. 84 e.v. Dit motortype komt ook in de industrie voor, maar dan voor veel grotere vermogens dan die beschreven in dit boek.

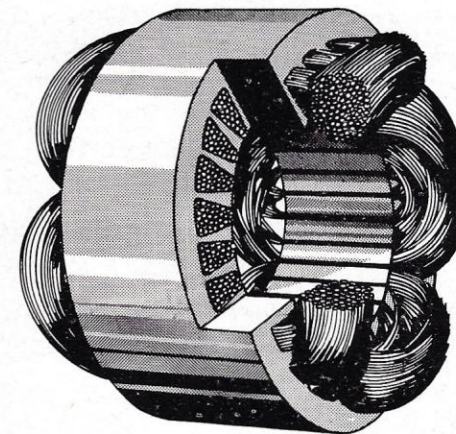


Fig. III-21. Opengewerkte stator van een vierpolige repulsie-motor.

sing omdat de draairichting zeer gemakkelijk te veranderen is. Om dit te verduidelijken moet allereerst antwoord gegeven worden op de vraag: waarom gaat een repulsiemotor draaien? Omdat er bij aansluiting op het voedende wisselstroomnet twee magnetische velden ontstaan, ondanks het ontbreken van een elektrisch geleidende verbinding tussen stator- en rotorwikkeling.

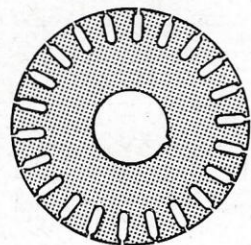


Fig. III-22. Rotorblik van een repulsiemotor.

Geschiktheid voor een wisselstroomnet houdt in, dat zowel stator- als rotorpakket moet zijn opgebouwd uit eenzijdig geïsoleerd dynamoblik. In beide pakketten bevinden zich groeven, die – na isolatie – worden voorzien van wikkeldraad. Het wikkelen van de stator kan bijv. zo geschieden, dat een twee- of een vierpolige motor ontstaat, d.w.z. met een of twee poolparen. In fig. III-23 is schematisch een zodanige statorwikkeling weergegeven, dat één noordpool en één zuidpool ontstaat. De rotorwikkeling kan precies gelijk aan die van een universele seriemotor worden uitgevoerd.

Dat ondanks het ontbreken van een directe verbinding tussen rotor- en

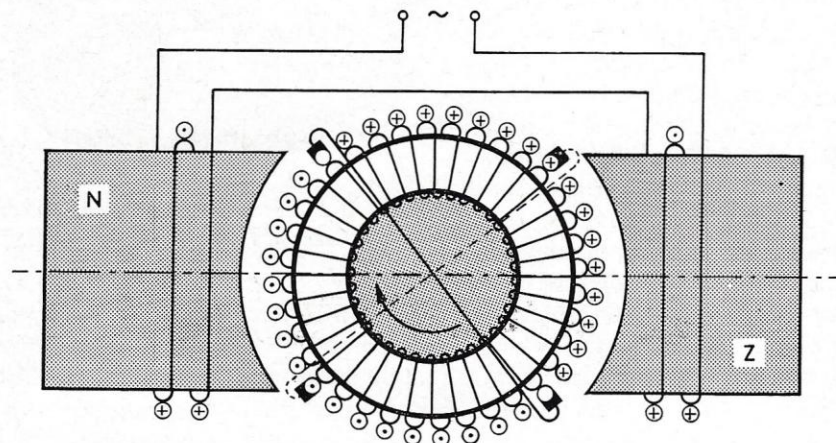


Fig. III-23. Schematische voorstelling van een tweepolige repulsiemotor.

statorwikkeling een rotorstroom kan gaan vloeien, wordt veroorzaakt door het feit, dat de onderling kortgesloten koolborstels op hun beurt rotorwikkelingen kortsluiten. In deze kortgesloten wikkeling of wikkelingen kunnen door de door het statorveld geïnduceerde EMK stromen gaan vloeien. De onderling kortgesloten koolborstels vormen nu een hoek

van bijna  $20^\circ$  met de hartlijn door de statorpolen. De stroomrichting in de in serie geschakelde rotorwikkelingen is in de figuur aangegeven met  $\oplus$  en  $\ominus$ . Door een van de statorwikkelingen ontstaat de noordpool, door de andere wikkeling de zuidpool. Uit de tekening volgt duidelijk, dat de rotor in de richting van de pijl zal gaan draaien. Bij de hoek van  $20^\circ$ , die de koolborstels dus vormen met de hartlijn door de polen, ontstaat het grootste aanloopkoppel in combinatie met de gunstigste commutatie-eigenschappen, d.w.z. met de minste vonkvorming.

Zou men de onderling kortgesloten borstels een stand geven die samenvalt met de besproken hartlijn, dan startte de motor niet. Zou men echter de koolborstels in de gestippelde stand plaatsen, dan ontstond wederom een maximaal aanloopkoppel met de gunstigste commutatie-eigenschappen, waarbij echter de motor linksom zou gaan draaien. Door dus eenvoudig de borstelbrug waarin de borstels zijn ondergebracht over een hoek van  $2 \times 20^\circ$  t.o.v. de stator te verdraaien, kan men de motor links- of rechtsom laten lopen.

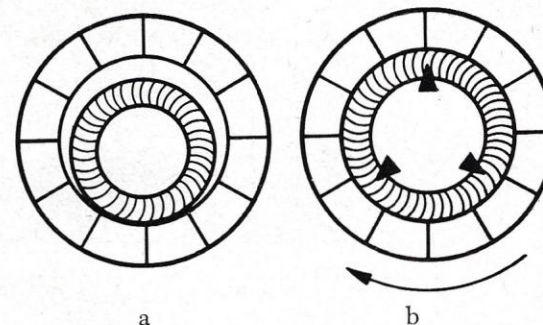


Fig. III-24. Het inwendige van een collector van een repulsiemotor.

a. Ruststand. b. Bij ongeveer 75% van het vollasttoerental gaan door de centrifugaalkracht de gewichtjes naar buiten, waardoor de koperen kortsluitring tegen de collectorlamellen gedrukt wordt.

In de huishoudelijke sector werd een van deze motor afgeleid type vroeger veel toegepast om via een vertragende riemoverbrenging de pomp van een koelaggregaat aan te drijven. Om te voorkomen, dat bij het bereiken van het bedrijfstoerental, dit toerental aanzienlijk zou schommelen (afhankelijk van de belasting door de compressor), was hierbij de collector voorzien van een inrichting, die bij ongeveer 75% van het bedrijfstoerental van het draaiveld alle collectorlamellen onderling kortsluit. De meest voorkomende constructie om de collectorlamellen kort te sluiten bij een bepaald toerental is getekend in fig. III-24. In dergelijke motoren van Amerikaanse oorsprong trof men ook collectoren aan, waarvan het loopvlak loodrecht staat op de rotoras. In het inwendige van deze collector zijn een soort koperen hamertjes aange-

bracht, die eveneens na het bereiken van een bepaald toerental de collectorlamellen onderling kortsloten. Dat men een dergelijke abnormale collector heeft toegepast, vindt zijn oorzaak in het feit dat de repulsie-motor met normale collector en kortsluitinrichting onvoldoende geruisloos was voor een koelkast. Een onder de koolborstels draaiende, ingezaagde collector geeft nl. een zeer hinderlijke vrij hoge toon, die niet te accepteren is in een huishoudkoelkast. De constructeurs hebben toen besloten een zodanige inrichting aan te brengen, waardoor na onderlinge

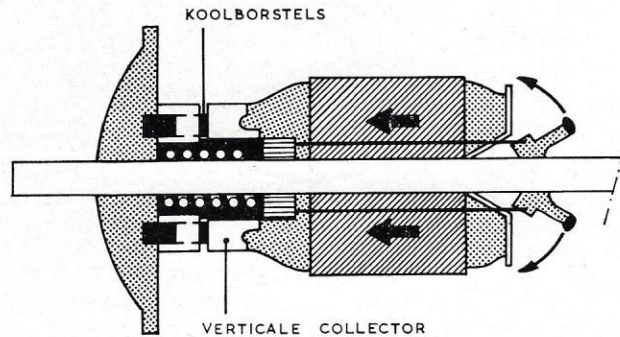


Fig. III-25. Schematische voorstelling van een repulsie-motor, voorzien van een verticale collector. Door de centrifugaalkracht worden de gewichten (rechts op de rotoras) naar buiten geslingerd, waardoor via een stangstelsel de koolborstels van de reeds kortgesloten collector worden gelicht.

kortsluiting van de lamellen van de verticale collector, de koolborstels van het collectorloopvlak worden afgelicht. Geen eenvoudige opgave, maar het is ondanks de ingewikkelde constructie gelukt een bedrijfszekere motor in massa te maken (zie fig. III-25).

Ook bij de normale horizontale collector heeft men gezocht naar een oplossing om het koolborstellawaai bij het vollasttoerental te voorkomen. Een Nederlandse fabrikant heeft de oplossing gezocht in een meedraai-inrichting van de koolborstels, gemonteerd in de plaat ter bevestiging van de koolborstelhouders. Deze plaat werd bij een bepaald toerental „ontkoppeld”, waardoor de wrijving van de vier koolborstels op de collector voldoende was om de koolborstels en de plaat mee te laten draaien met de collector. Verminderde het bedrijfstoerental, dan werd de koolborstelhouderplaat door een pal, bevestigd in het legerschild, weer in de goede stand vastgezet. Een probleem vormde de slijtage van deze opvangpal. De constructie zou echter zeker het stadium van massa-

fabricage hebben kunnen bereiken, als op dat tijdstip niet de eenfase-inductiemotor met kortsluitanker en condensatoraanloop fabricagerijp was geworden. Dit laatste type heeft nl. een koelaggregaat mogelijk gemaakt in de huidige, algemeen toegepaste vorm van één gesloten unit, waarbij lekkage van het koelmedium langs de pompas niet mogelijk is en aan sterke gebruiksslijtage onderhevige delen, zoals koolborstels, niet aanwezig zijn.

## Hoofdstuk IV

### KENMERKENDE BIJZONDERHEDEN VAN EENFASE-ELEKTROMOTOREN

#### 1. De koppel-toerengrafiek.

De in dit boek besproken motoren zijn natuurlijk slechts hulpmiddelen om iets aan te drijven. Of dit „iets” nu is de waaier van een tafelventilator, de waaiers van een stofzuigeraggregaat of de compressor van een koelkast, altijd zal de ontwerper van het aan te drijven gedeelte gegevens van de motorontwerper willen hebben. Het belangrijkste gegeven dat deze laatste hem kan verschaffen, is meestal de lijn die het verloop van het koppel bij de verschillende toerentallen aangeeft: de z.g. koppel-toerengrafiek.

#### *De koppel-toerengrafiek van de seriemotor.*

In fig. IV-1 treft u deze grafiek aan voor een seriemotor, aangesloten op wisselstroom. Op de basislijn van de grafiek is uitgezet het koppel in kgcm, op de verticale lijn het toerental in omw/min. Deze grafiek is karakteristiek voor elke seriemotor, dus ook voor de gelijkstroomseriemotoren van groot vermogen, zoals deze bijv. in de locomotieven en treinstellen van de Nederlandse Spoorwegen worden toegepast.

Uit de grafiek kan men twee belangrijke eigenschappen van de seriemotor gemakkelijk afleiden:

1. het zeer hoge aanloopkoppel (dus het koppel bij stilstand);
2. de neiging om in onbelaste toestand op hol te gaan, d.w.z. een toerental te krijgen dat hoger wordt dan het maximaal toelaatbare.

Bovendien ziet men duidelijk uit de grafiek, dat een betrekkelijk geringe variatie van de belasting van de motor vrij grote toerentalvariaties ten gevolge heeft. Aan deze eigenschappen kan dus de motorontwerper niets veranderen, zodat de seriemotor lang niet voor elk huishoudelijk apparaat als aandrijvende energiebron kan worden gekozen.

Van twee toepassingsgebieden, die men in de werkplaats veelvuldig zal tegenkomen, zullen wij verklaren waarom juist de seriemotor de aangeezene motor is.

Allereerst de stofzuiger. In elke huishoudstofzuiger bevindt zich een

aggregaat, dat bestaat uit een combinatie van een seriemotor met direct op de as gemonteerde waaiers, draaiende in een turbinehuis. Behalve de luchtstroom, die wordt vereist om het stof naar de stofverzamelruimte te transporteren, ontwikkelt de stofzuiger hiermede eveneens een vacuüm, dat bijv. noodzakelijk is om diepliggend stof uit hoogpolige tapijten te verwijderen. Bij een vastgestelde vorm van de waaiers in het

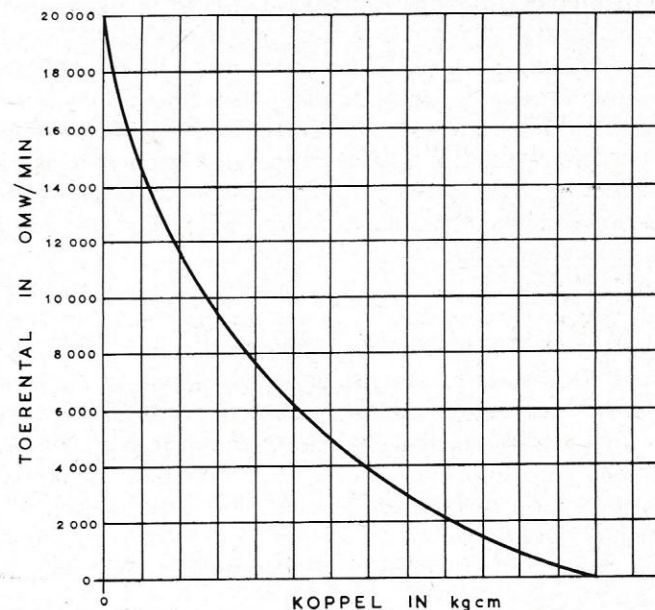


Fig. IV-1. Koppel-toerengrafiek van een seriemotor.

turbinehuis is dit vacuüm evenredig met de tweede macht van het toerental. Plaast men nu het zuigmondstuk van de stofzuiger op een dik hoogpolig tapijt, dan kan er betrekkelijk weinig lucht via het kleed in het mondstuk komen: de aandrijvende seriemotor wordt minder zwaar belast. Gezien de karakteristiek van deze motor gaat nu het toerental aanzienlijk omhoog, met als resultaat een verhoogd vacuüm: juist wat men nodig heeft om uit een dik tapijt diepliggende vuildeeltjes te verwijderen. Van op hol gaan bij onbelast draaien kan geen sprake zijn, omdat de op de as gemonteerde waaiers — ook al draaien zij in een luchtverdunding — altijd een voldoende belasting vormen om te voorkomen, dat een voor het mechanisch gedeelte van motor en rotorwikkeling ontoelaatbaar hoog toerental optreedt.

Het tweede voorbeeld is het elektrisch handgereedschap, dat een steeds grotere rol ook in de particuliere huishouding gaat spelen nu er z.g.

hobbysets op de markt zijn. Deze bevatten als basisset een handboormachine, die tevens gebruikt kan worden als krachtbron voor een eenvoudige boorstandaard, een houtdraaibankje of zaagmachine. Doordat deze handboormachines thans ook dubbelgeïsoleerd kunnen worden geleverd en door de elektrotechnisch adviseur bij de arbeidsinspectie goedgekeurd zijn voor gebruik op de normale tweepolige wandcontactdozen, zal dit amateurgereedschap ook in ons land snel populair worden.

Bij een boormachine is de omtrekssnelheid van de boor van groot belang. Er is nl. een optimum te vinden bij welke omtrekssnelheid de beste boorresultaten worden bereikt. Overschrijding van deze optimale omtrekssnelheid, zowel naar boven als naar beneden, zal de boorresultaten nadelig beïnvloeden. Natuurlijk moet men hierbij uitgaan van een bepaalde kwaliteit van het materiaal van de boor. Bij een kleine boordiameter wordt de seriemotor slechts zwak belast, met het gevolg dat het toerental zo hoog oploopt, dat desondanks de omtrekssnelheid van de boor voldoende is. Zet men in de boorkop een boor van grotere diameter, dan betekent dit een zwaardere belasting voor de boormachine, omdat het boren van een groter gat in dezelfde tijdsduur natuurlijk ook een groter koppel vereist. Gezien de karakteristiek van de aandrijvende seriemotor gaat het toerental aanzienlijk omlaag, waardoor toch ook bij deze grote boordiameter de omtrekssnelheid van de boor niet te hoog wordt.

Wil men bij een seriemotor toerentalregeling toepassen (zie ook blz. 37), dan kan men in serie met de motor een voorschakelweerstand in het circuit opnemen. Deze serieweerstand verlaagt de klemspanning op de motor, zodat de krachtsontwikkeling van de motor zwakker is geworden, waardoor dus bij gelijkblijvende belasting het toerental, afhankelijk van de grootte van de voorschakelweerstand, meer of minder verlaagd wordt. Bij elektrische naaimachines past men o.a. een met de voet regelbare voorschakelweerstand toe. Als bijkomend voordeel verkrijgt men dan ook een bij het starten met de voorgeschakelde maximale weerstand tamelijk laag aanloopkoppel, waardoor het starten iets „kalmer” verloopt: een onmisbare eigenschap bij een naaimachine. Van het voorschakelen van een weerstand heeft men ook gebruik gemaakt in sommige seriemotorenconstructies, waarbij het met bepaalde hulpmiddelen gelukt is om bij een zeker toerental (bijv. 4000 omw/min) een enigszins vlak lopende koppel-toerengrafiek te krijgen. Daardoor blijft dus bij belastingvariaties binnen bepaalde grenzen het toerental constant. Het hulpmiddel is hier een door de centrifugaalkracht bediend contact, dat bij toenemend toerental de voorschakelweerstand inschakelt, bij dalend toerental deze weerstand uitschakelt. Het openen en sluiten van deze hulpcontacten voor de voorschakelweerstand gebeurt vele malen per tijdseenheid.

### De koppel-toerengrafiek van de inductiemotor.

In fig. IV-2 is de karakteristieke grafiek getekend van de in de koelkasten met een compressor toegepaste inductiemotor met condensatoraanloop. Ook hier is weer op de horizontale as het koppel uitgezet (in kgcm) en op de verticale as het toerental (in omw/min). Gekozen is een vier-

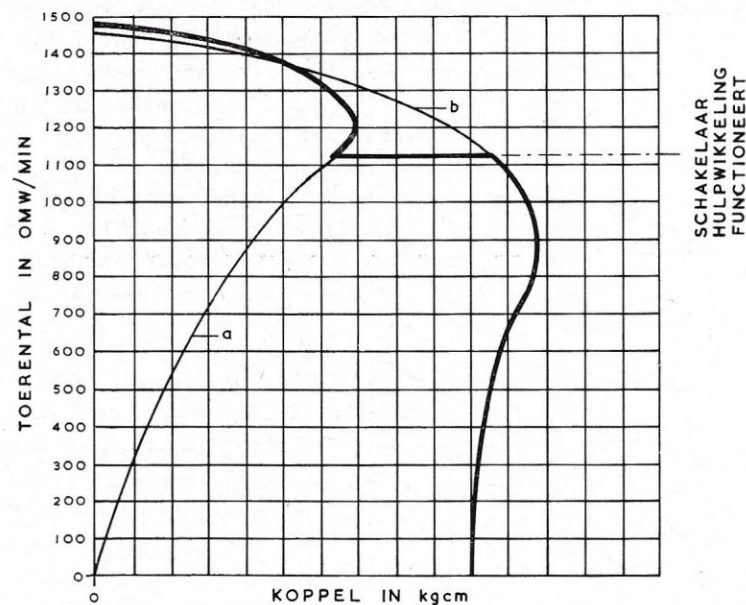


Fig. IV-2. Koppel-toerengrafiek van een eenfase-inductiemotor met condensatoraanloop. a. Zonder hulpwikkeling. b. Met blijvend ingeschakelde hulpwikkeling.

polige motor, waarvan dus het nullasttoerental bij aansluiting op een 50 Hz wisselstroomnet ongeveer 1480 omw/min bedraagt.

In de figuur geeft de lijn a het koppel-toerenverloop van een eenfase-inductiemotor zonder hulpwikkeling weer. Twee belangrijke eigenschappen van dit motortype zijn aan de hand van deze grafiek te herkennen:

1. geen aanloopkoppel (om te starten zijn dus mechanische of elektrische hulpmiddelen noodzakelijk);
2. in het bedrijfsgebied een vrij vlak verlopende grafiek, dus een betrekkelijk constant toerental onafhankelijk van de belasting.

Uit de grafiek leest men ook, dat wanneer men de motor gaat overbelasten de motor plotseling tot stilstand komt. Het koppel dat maximaal

ontwikkeld kan worden, ligt nl. bij ongeveer 80% van het synchrone toerental van het draaiveld. Dit maximale koppel noemt men het koppel. Het Engelse woord „breakdown-couple” geeft o.i. nog beter weer, wat er gebeurt als men een inductiemotor zonder extra aanloopwikkeling gaat overbelasten.

De lijn b in fig. IV-2 geeft het koppel aan, dat wordt ontwikkeld indien de hoofdwikkeling is gecombineerd met een hulpwikkeling. Het maximale aanloopkoppel is dus bij deze wijze van aanlopen hoger dan het koppel.

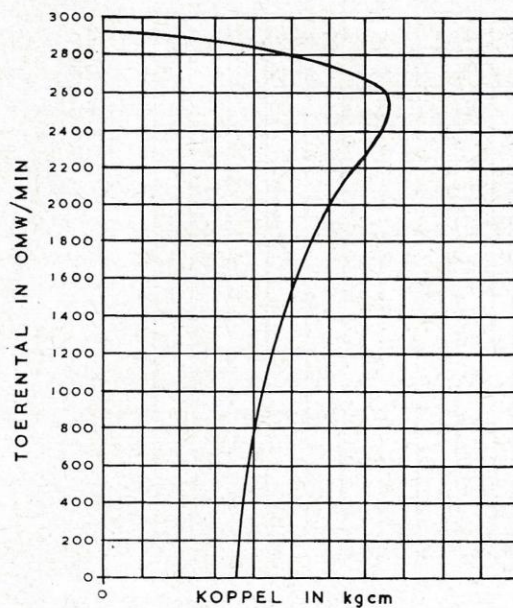


Fig. IV-3. Koppel-toerengrafiek van een shaded-pole motor.

de beschrijving van de theorie van dit motortype (blz. 68 e.v.) werd reeds uiteengezet, dat de hulpwikkeling na het op toeren komen van de motor moet worden afgeschakeld, omdat deze wikkeling door de zeer hoge stroomdichtheid in de draad slechts korte tijd in bedrijf kan zijn.

Uit de grafiek van fig. IV-2 volgt ook nog, dat de combinatie hulp- en hoofdwikkeling bij het bedrijfstoerental een slechtere motorprestatie oplevert dan de hoofdwikkeling alleen. Deze koppel-toerengrafiek is ideaal voor de compressor van een koelkast. Het grote aanloopkoppel, gecombineerd met de vlak verlopende koppel-toerenlijn bij een bedrijfstoerental van 1425 omw/min, is juist hetgeen men nodig heeft in de huidige koelkasten. Doordat men compressor en motor in één unit heeft samengebracht, zijn de overbrengingsverliezen tussen motor en com-

pressor geëlimineerd (vroeger een energiekostende riemoverbrenging), waardoor het vermogen van de aandrijvende motor thans niet meer wordt bepaald door het vereiste vollastkoppel, maar door het aanloopkoppel dat vooral in de warme dagen door oplopende gasdruk van het koelmedium zeer hoog moet zijn.

Ten slotte geeft fig. IV-3 de koppel-toerengrafiek aan van een shaded-pole motor (besproken op blz. 58), welke bijv. wordt toegepast in ventilatoren, platenspelers en -wisselaars. De grafiek geldt voor een tweepolige motor, aangesloten op een wisselstroomnet met een frequentie van 50 Hz; bedrijfstoerental ongeveer 2850 omw/min.

Uit deze karakteristiek blijkt, dat de shaded-pole motor alleen maar te gebruiken is, als hetgeen moet worden aangedreven een lager aanloopkoppel vereist dan het koppel, dat onder vollast ontwikkeld moet worden. Dit is dan ook de reden waarom deze zeer bedrijfszekere motor (door de afwezigheid van elektrische contacten, koolborstels e.d.) niet voor de aandrijving van koelkasten kan worden gebruikt. Bovendien zou bij een koelkast het zeer slechte elektrisch rendement een niet te verwaarlozen rol gaan spelen.

## 2. Het ontstoren van elektromotoren.

Die elektromotoren, waarbij elektrische energie d.m.v. een geleider wordt overgebracht van een draaiend naar een stilstaand gedeelte of andersom, veroorzaken storingen in de radio- en televisieontvangst, tenzij er gebruik wordt gemaakt van speciale ontstoringsmiddelen. Voor een goed begrip van deze vonkstoringen volgt hier in het kort de theoretische achtergrond.

Storingen die de draadloze overdracht van beeld en/of geluid nadelig beïnvloeden, zijn ongewenste energiehoeveelheden, die of worden uitgestraald door een storingsbron of zich via leidingen vanaf de bron voortplanten. Het betreft hier nagenoeg altijd vonkstoringen, die ontstaan bij de koolborstels van een draaiende seriemotor. Zij vormen hoogfrequente storingsbronnen, die meestal een breed frequentiegebied bestrijken. In Nederland heeft de PTT eisen opgesteld, waarin de grootte van de maximale stoorspanning bij bepaalde frequenties is vastgelegd. Bij huishoudelijke apparaten die worden aangedreven door een seriemotor (zoals bijv. stofzuigers, vloerwrijvers, centrifuges, koffiemolens, scheerapparaten, schrijf- en telmachines, handgereedschap), moet een klacht over radio- en/of televisiestoring dus worden gezocht in de commutatie (abnormaal vonkende borstels ten gevolge van een elektrisch defect of een mechanische fout van de motor: onronde collector, te veel legerspeling, te geringe druk op de koolborstels) of in de ontstorings-

condensatoren zelf. Elke seriemotor moet nl. van deze ontstoringsmid- delen voorzien zijn om te voorkomen dat de commutatievonken de radio- en televisieontvangst zullen beïnvloeden.

Omdat bij inductiemotoren een geleidende verbinding tussen rotor en stator ontbreekt, zijn deze motoren in dit opzicht volkomen storingvrij. Bij huishoudelijke apparaten, voorzien van dit motortype (bijv. tafel- ventilatoren, koelkasten, wasmachines, afspeelapparatuur) zal dus een klacht van gestoorde radio- of televisieontvangst moeten worden gezocht in een slecht contact in het motorcircuit of in het eventueel aanwezige startrelais. Zo'n slecht contact, waardoor dus de elektrische stroom inter- mitterend wordt onderbroken of waardoor de stroom intermitterend meer weerstand ondervindt, veroorzaakt evenals de koolborstel van een seriemotor vonkstoringsen.

Het brede frequentieterrein, dat door de vonkstoringsen wordt bestreken, stelt hoge eisen aan de ontstoringsmiddelen. Mede omdat de sterk toe- genomen televisieontvangst deze eisen voor bepaalde frequenties heeft verzwaaard, ziet men thans in de door een seriemotor aangedreven huis- houdelijke apparaten zwaardere ontstoringscondensatoren toegepast dan vroeger. Vaak zijn meerdere condensatoren gecombineerd in één huis ondergebracht. Omdat de ongewenste hoogfrequente energie zich op twee wijzen voortplant (door straling en door geleiding), moeten de ont- storingsmiddelen altijd zo dicht mogelijk bij de storingsbron worden aangebracht en met een zo kort mogelijke bedrading. De grootte van de door commutatie opgewekte storingsen is in de huishoudelijke sector ge- lukkig zodanig beperkt, dat tegen de straling daarvan geen (kostbare) afschermingsmaatregelen noodzakelijk zijn. Tegen voortplanting door de elektrische geleidingen worden dus maatregelen met condensatoren en/of smoorspoelen genomen.

#### *De ontstoringscondensator.*

Om de werking hiervan duidelijk te maken allereerst in het kort iets over de gedragingen van een spoel en een condensator, aangesloten op wisselspanning. Een spoel bestaat uit een of meer draadwindingen, aan- gebracht om een ijzerkern. De statorspoelen van een seriemotor zijn daarvan een voorbeeld.

Sluit men zo'n spoel op gelijkstroom aan, dan gedraagt de stroom zich geheel en al volgens de wet van Ohm, d.w.z. dat de grootte van de stroom is te berekenen door de spanning over de spoel te delen door de weerstand van de spoel. Bij aansluiting op wisselspanning echter blijkt de spoel een hogere weerstand te hebben dan bij aansluiting op gelijk- stroom, doordat nu ook de zelfinductie van de spoel een rol is gaan spelen. Omdat wisselspanning een wisselende spanning is die voort-

durend varieert van een maximum naar nul, wordt bij elke wisseling van de spanning het magnetisch veld in de spoel opgebouwd en weer afgebroken. Hiervoor is energie nodig, waarvan de hoeveelheid dus o.a. afhankelijk is van het aantal wisselingen van de spanning, m.a.w. recht evenredig met de netfrequentie: hoe hoger deze frequentie is, des te groter dus ook de zelfinductie en daarmee de weerstand van de spoel. De zelfinductie van een spoel wordt uitgedrukt in henry (afkorting H). Joseph Henry was een Amerikaans natuurkundige, die leefde van 1797 tot 1878. Ook de eenheden m (milli) H  $\left( = \frac{1}{1000} \text{ H} \right)$  en  $\mu$  (micro) H  $\left( = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ H} \right)$  komen voor.

Bij een seriemotor vormen dus de statorspoelen een hoge weerstand voor de hoogfrequente stoorenergie. Het is daarom noodzakelijk, dat altijd de op blz. 38 beschreven schakeling wordt toegepast. Hierbij bevinden zich de statorspoelen symmetrisch t.o.v. de storingsbronnen (de beide koolborstels) en is hun hoge hoogfrequentweerstand dus ge- schakeld tussen de koolborstels en het net. Toch is echter voor de hoog- frequente stoorspanning de weerstand van de statorspoelen alléén on- voldoende om de vereiste storingvrije radio- en televisieontvangst te verkrijgen. Er moeten extra hulpmiddelen als condensatoren worden toegepast.

Een condensator is eigenlijk een reservoir voor elektriciteit. Men spreekt dan ook van zijn capaciteit, welke men uitdrukt in farad (afkorting F). Michael Faraday, Engels natuurkundige, leefde van 1791 tot 1867.

Ook de eenheden  $\mu$  (micro) F  $\left( = \frac{1}{1\,000\,000} \text{ F} \right)$  en  $\mu\mu$  (micro-micro) F  $\left( = \frac{1}{1\,000\,000\,000\,000} \text{ F} \right)$  komen voor. Voor  $\mu\mu\text{F}$  wordt ook de afkorting p (pico) F gebruikt.

De termen capaciteit en reservoir duiden erop, dat bij aansluiting op een elektrische energiebron een condensator wordt opgeladen. In de service-praktijk moet met dit verschijnsel terdege rekening worden ge- houden, want zo'n opgeladen condensator kan zich dus ook ontladen, bijv. over de ohmmeter, tijdens het zoeken naar een onderbreking in het circuit. De ohmmeter kan hierdoor onherstelbaar worden beschadigd. Het gedrag van een condensator op gelijkstroom is zeer eenvoudig: een condensator vormt voor gelijkstroom een volkomen blokkering. Bekijk men de opbouw van een condensator, dan is hieruit dit gedrag verklaar- baar. Elke condensator bestaat nl. uit twee onderling geïsoleerde ge- leiders. Ontstoringscondensatoren hebben steeds de vorm van rolcon- densatoren, die bestaan uit twee door hoogwaardig papier gescheiden

metaalfolies. Voor wisselstroom vormt een condensator geen blokkering, maar een weerstand waarvan de grootte omgekeerd evenredig is met de frequentie van de stroom. Voorziet men dus een seriemotor van condensatoren volgens de schakeling in fig. IV-4, dan vormen deze voor de normale wisselstroom van 50 Hz een grote weerstand. Voor de hoogfrequente storingsenergie betekenen de condensatoren echter praktisch een kortsluiting, waardoor deze vernietigd wordt. Bij een juiste keuze

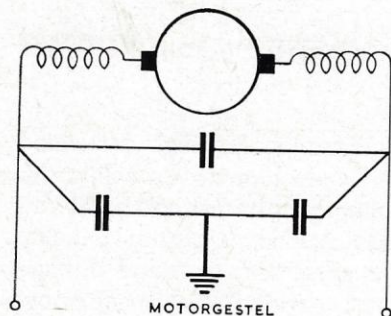


Fig. IV-4. Elektrisch schema van de schakeling van ontstoringscondensatoren voor een seriemotor, waarbij zowel de symmetrische als de asymmetrische stoorspanningscomponent wordt onderdrukt.

stoorspanningen tussen enerzijds de aansluitdraden en anderzijds het motorgestel.

Uit veiligheidsoverwegingen is de grootte van de tegen het motorgestel geschakelde condensator(en) beperkt tot ongeveer 2500 pF. Bovendien moeten zij gedurende één minuut bestand zijn tegen een proefspanning van 1500 V ~. Doorslag van zo'n condensator zou nl. een overbrugging van de functionele isolatie betekenen, waardoor dus de veiligheid van de gebruiker in gevaar wordt gebracht. Indien men bedenkt dat de isolatie in een ontstoringscondensator slechts uit papier bestaat, dan is duidelijk dat men in enkelgeïsoleerde apparaten (alleen voorzien van een functionele isolatie) deze condensatoren nooit tegen het motorgestel mag aanbrengen. Bij enkelgeïsoleerde apparaten is nl. het motorgestel aanraakbaar, hetgeen betekent dat tussen de gevaarlijke netspanning van 220 V en de gebruiker slechts een dun papiertje als „beveiliging” is geschakeld. Bovendien zal deze netspanning met een frequentie van 50 Hz ook door de condensatoren vloeien (ook al ondervindt een wisselstroom met zo'n lage frequentie daarin dus een zeer hoge weerstand),

van de grootte van de condensatoren en bij een juiste schakeling zal de radio- en televisieontvangst dus niet worden gestoord. De juiste schakeling is van belang, omdat zowel een symmetrische stoorspanningscomponent als een asymmetrische component moet worden onderdrukt. Er moeten dus condensatoren tussen de aansluitdraden worden geschakeld en tussen enerzijds de aansluitdraden en anderzijds het motorgestel.

Onder symmetrische stoorspanningscomponent verstaat men de door de vonkvorming van de koolborstels opgewekte stoorspanning in de beide netaansluitdraden; onder de asymmetrische component verstaat men de de aansluitdraden en anderzijds het

waardoor de gebruiker — als hij goed geard is — wel degelijk een geringe stroom door het lichaam kan krijgen.

Enkelgeïsoleerde produkten zal men in de service-werkplaats nog tegenkomen in de vorm van handboormachines voor amateurs. Al sinds geruime tijd is het gebruik van dit handgereedschap door de elektrotechnisch adviseur bij de arbeidsinspectie verboden in werkplaatsen e.d., maar er zijn grote aantallen amateurs, die deze verouderde machines nog gebruiken. Dit gereedschap is terecht van fabriekswege niet voorzien van ontstoringsmiddelen, omdat het — tegen de voorschriften in — maar al te vaak wordt gebruikt zonder deugdelijke aarding van de aanraakbare metalen delen. Zo'n niet-ontstoorde handboormachine stoort natuurlijk erg de radio- en televisieontvangst. Dit is des te hinderlijker, omdat amateurs juist in de avonden aan het werk gaan. Bouw nooit ontstoringsmiddelen in zo'n apparaat in. Dit zou allereerst een deugdelijke en extra zichtbare aardleiding vereisen, waarvan het gebruik onzeker blijft, ook al wordt dit door de klant verzekerd. Vergeet niet, dat de leek soms iets geheel anders onder „deugdelijk” verstaat dan de vakman. Men dient in zo'n geval de klant te wijzen op het feit, dat er momenteel ook voor amateurs dubbelgeïsoleerde handboormachines in de handel zijn, waarvan het gebruik op het normale lichtnet zonder aarding van de aanraakbare metalen delen door de arbeidsinspectie is goedgekeurd. Dit dubbelgeïsoleerde handgereedschap is van fabriekswege wél voorzien van een ontstoringsmiddel, dat voldoet aan de eisen van de PTT. Onder dubbelgeïsoleerde apparatuur verstaat men of geheel geïsoleerde toestellen (dus zonder aanraakbare metalen delen) of toestellen, die behalve een functionele isolatie voorzien zijn van een extra beschermende isolatie. Deze laatste moet in combinatie met de functionele isolatie zo ontworpen zijn, dat er bij een defect nooit spanning op de aanraakbare metalen delen kan komen.

#### *De keuze van de condensatorgrootte en het meten van de stoorspanning.*

De grootte van de condensator kan men niet zelf bepalen, maar moet van fabriekswege worden vastgesteld. Reeds werd opgemerkt, dat de grootte van de tegen het motorgestel geschakelde condensator uit veiligheidsoverwegingen is beperkt. De grootte van de condensator tussen de netaansluitdraden is o.a. afhankelijk van de grootte van de motor en van de grootte van de commutatievonken (veel collectorlamellen betekent geringer vonkvorming).

Omdat door het toegenomen gebruik van televisietoestellen de ontstoringseisen voor bepaalde frequenties verzwakt zijn, kan het voorkomen dat men komt klagen dat een apparaat wel goed is voor radio-ontvangst, maar niet afdoende ontstoorde voor televisieontvangst. In dat geval kost

zelf experimenteren te veel tijd en geld, zodat men dan het beste even de technische dienst van de betreffende fabriek om advies kan vragen. Vaak zal dan een z.g. doorvoercondensator (fig. IV-5) worden geleverd, die aan de ene zijde twee aansluitingen heeft voor de netspanning, aan

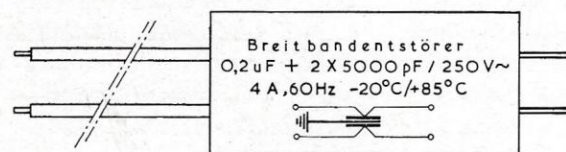


Fig. IV-5. Doorvoerontstoringcondensator voor een breed frequentiegebied.

de andere zijde twee draden voor verbinding met de motor en zodanig is opgebouwd, dat ook nog gebruik gemaakt wordt van de smoorspoelwerking van de opgerolde condensator zelf. Vooral op de hogere frequenties werkt deze aanvullende smoorspoelwerking zeer gunstig. Het metalen omhulsel van dit type condensator moet geleidend verbonden worden met het motorgestel. Als men deze verbinding via een bevestigingsbout tot stand brengt, dient men niet te vergeten onder de kop van de bevestigingsbout een veerring te monteren. Tijdens het bedrijf van de snellopende seriemotor zou deze bout bij lostrillen zeer ernstige schade kunnen veroorzaken, als hij bijv. in de koelwaaier of tussen het anker en de stator terecht zou komen. Het elektrische aansluitschema voor zo'n doorvoercondensator vindt men in fig. IV-6; voor de montage, zie blz. 128 e.v.

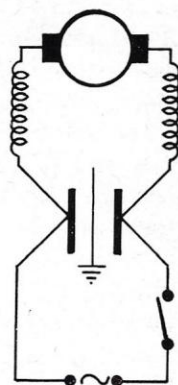


Fig. IV-6. Elektrisch aansluitschema van een doorvoerontstoringcondensator. Bij de aanwezigheid van twee statorwikkelingen dient deze symmetrisch t.o.v. de koolborstelhouders te worden geschakeld.

Voor het meten van stoorspanningen beschikken fabriekslaboratoria en keuringsinstanties over meetinstrumenten, die zowel in staat zijn de bron van de storing op te sporen als ook de grootte van de stoorspanning bij verschillende frequenties te bepalen. Meestal hebben dergelijke instrumenten een frequentiebereik van 0,15 tot 3 MHz. Wil men echter een hoogfrequente stoorspanning meten, dan moet men deze eerst gelijkrichten. Hierdoor wordt het meetinstrument veel te kostbaar voor een normale service-werkplaats, waar nooit de nauwkeurige grootte van de stoorspanning behoeft te worden vastgesteld, maar het alleen gaat om de hoor- en/of zichtbaarheid. Als men nu weet, dat zo'n meetinstrument

eigenlijk een radio is (het heeft zelfs vaak een luidspreker om de storing hoorbaar te maken), dan realiseren men zich dat ook met een gewoon radiotoestel (televisietoestel) de stoorspanningen hoorbaar (zichtbaar) zijn te maken. Bij klachten over optredende vonkstorings bij radio- en/of televisieontvangst is dan ook ons advies: controleer voor en na reparatie van het apparaat dat de storingsbron vormde, de grootte van deze storing met behulp van een radio- of televisietoestel.

### 3. Het wikkelen van rotors en stators.

Dat in dit boek het onderwerp wikkelen nog eens afzonderlijk wordt behandeld (zie ook blz. 36 e.v.), is niet zozeer om de lezer met deze moeilijke materie geheel en al vertrouwd te maken, maar meer om hem een idee te geven van de gespecialiseerde kennis en de kostbare machines, die nodig zijn om de huidige snellopende huishoudelijke motoren een goede bedrijfszekerheid te kunnen verschaffen.

De wikkelproblemen zijn zowel bij serie- als repulsiemotoren het grootst bij het roterende motorgedeelte. Vooral het anker van de seriemotor stelt zware eisen aan het vakmanschap van het wikkelbedrijf en aan de inrichting van dit bedrijf. Zelfs bij een eenvoudige handmixer, waarvan het anker uit kostprijsoverwegingen is gelegd in glijlegers, zijn toerentallen van 15 000 omw/min normaal. De elektrische huishoudelijke toestellen als stofzuigers, vloerwrijvers en handboormachines, waarbij meestal een kogellegering wordt toegepast, hebben toerentallen van 20 à 25 000 omw/min. Deze hoge toerentallen heeft de fabrikant gekozen, omdat bij elke elektromotor het afgegeven vermogen recht evenredig is met het toerental. Bij gelijk blijvende afmetingen en gewicht kan men dus door het opvoeren van het toerental beschikken over een groter afgegeven vermogen. Omgekeerd kan men ook bij gelijk blijvend toerental het motorgewicht verminderen. Dit werkt niet alleen kostprijssparend, maar is ook van groot belang bij apparaten die tijdens normaal bedrijf in de hand moeten worden gehouden. Vooral bij het elektrisch handgereedschap dat in de industriële sector veel wordt toegepast, zal men dus zeer hoge bedrijfstoerentallen aantreffen.

Aangezien de centrifugaalkrachten evenredig zijn met het kwadraat van het toerental, wordt dus de rotorwikkeling aan enorme krachten blootgesteld. Deze krachten treden juist bij seriemotoren zeer plotseling op, omdat dit motortype door zijn grote aanloopkoppel zeer snel op toeren komt.

Vroeger trof men dan ook — ondanks de veel lagere toerentallen — in de service-werkplaats nogal eens ankers aan, waarvan de wikkelkop iets naar buiten was geslagen. Dit werken van de wikkelkop had beschadigingen van de draadisolatie ten gevolge, waardoor sluiting van de wik-

keldraden van een spoel optrad of een sluiting tussen de verschillende spoelen onderling. Om dit te voorkomen werden van fabriekswege vaak tussen de wikkelbossen onderling schijfjes olielinnen aangebracht. De wikkelkop werd hierdoor echter vrij hoog, waardoor „afglijden” van bossen draad veelvuldig voorkwam.

#### Wikkelen.

In fig. IV-7 is een duidelijk aanzicht van het anker van een seriemotor getekend, het elektrisch schema is erbij aangegeven (zie ook fig. II-13). Het betreft hier het anker van een stofzuigeraggregaat, waarvan het

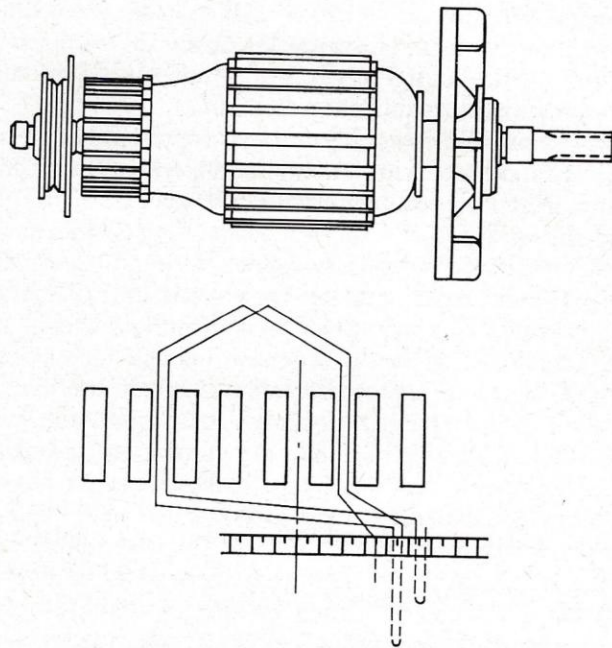


Fig. IV-7. Anker van een stofzuigermotor (seriemotor) met elektrisch schema.

toerental in nullast (dus tijdens het vacuüm-zuigen) ver boven de 20 000 omw/min komt. Ondanks dit hoge toerental wordt bij deze ankers uitsluitend gebruik gemaakt van door een emaille laklaag geïsoleerd koperdraad. Dit wikkeldraad wordt met een zekere mechanische spanning in de anker-groeven aangebracht door het anker zeer snel te laten ronddraaien. Het aantal ronddraaiingen van het anker bepaalt het aantal windingen, waaruit een spoel bestaat.

In fig. IV-8 is een volautomatische wikkelmachine afgebeeld. Pas als de (hier opengeslagen) beschermkap is neergelaten en tussen de wikkelaarster en het wentelende anker is geschoven, kan de machine worden gestart. Om te voorkomen dat spoelen een of meer windingen te veel zouden krijgen, remt de machine na wikkeling van elke spoel zichzelf zeer snel af. Het automatische remmechanisme is aangebracht om

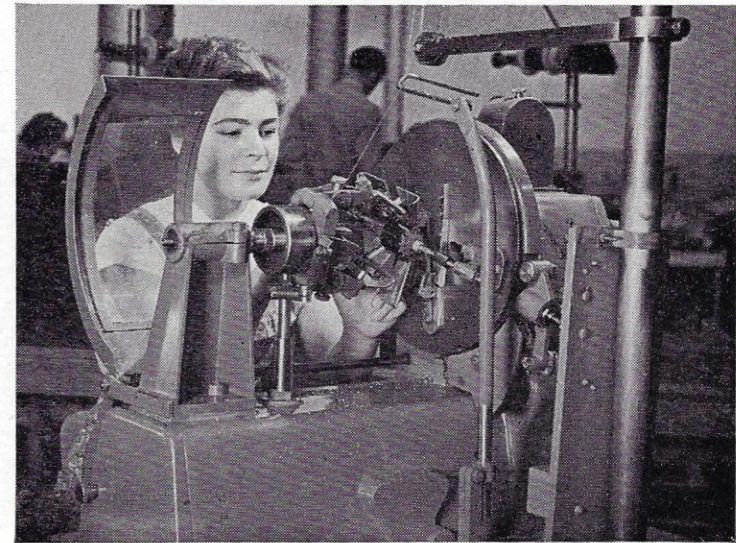


Fig. IV-8. Wikkelmachine (Fabrikaat MICAFIL) voor ankers van kleine seriemotoren.

de grote schijf, waaraan het anker is bevestigd. Boven de wikkelmachine ziet men nog een gedeelte van het z.g. afloopraam, waar dus de emaille-draad wordt gespannen. De wikkelspanning moet voor elk type motor, voor elke soort draad en voor elke draaddiameter anders worden ingesteld. Dit luistert zeer nauw, want als de draadspanning te hoog is, wordt de vaak zeer dunne koperdraad te veel uitgerekt, de isolerende laklaag kan deze rek niet volgen en gaat dan voor het oog onzichtbare scheuren vertonen, die echter later de oorzaak kunnen worden van een wikkelsluiting. Bij een te lage wikkelspanning zal de wikkelmachine door een te slap staande draad niet goed functioneren en ontstaan anker-groeven die te vol worden, zodat later de afsluitspie niet kan worden aangebracht (of alleen met geweld en dus met beschadiging van de draadisolatie). Aangezien de groefvulling (het aantal mm<sup>2</sup> koperdraad in één groef t.o.v. het aantal mm<sup>2</sup> van de uitsparing in het rotorblok

zelf) door de fabrikant zo hoog mogelijk wordt gekozen, zal bij het wikkelen met een iets te lage wikkelspanning het euvel van te volle groeven spoedig optreden. Aan welke hoge eisen de inrichting die de wikkelspanning regelt moet voldoen, begrijpt men pas als men ziet hoe snel de afgebeelde automatische wikkelmachine van stilstand op toeren komt. Door dit snelle starten zou een plotselinge ruk aan de wikkeldraad fataal zijn.

#### *Solderen.*

Na het wikkelen en het oppersen van de collector volgt het aansluiten van de draden aan de collectorlamellen. Fig. IV-9 laat duidelijk zien hoe

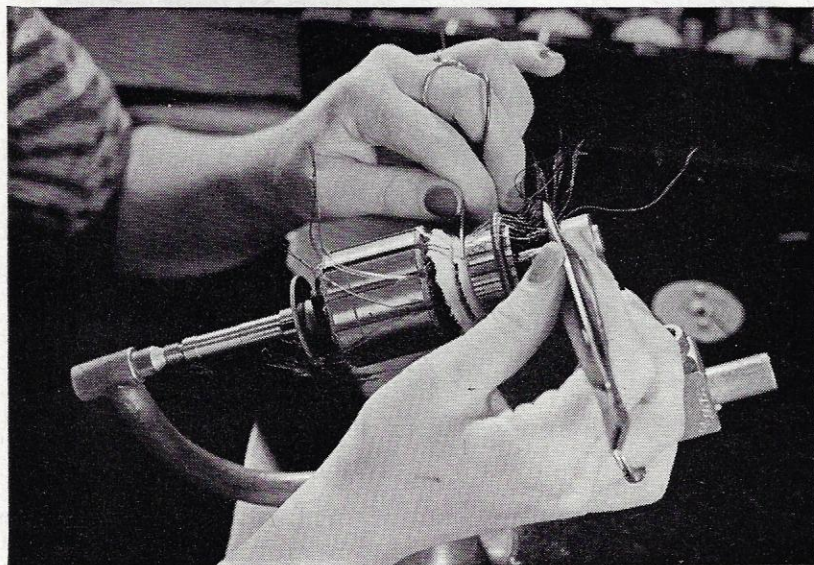


Fig. IV-9. Montage van de uitlopers van de ankerspoelen in de zaagsnede van elke collectorlamel.

dit aansluiten kan worden vereenvoudigd d.m.v. een spiraalveer om de collector, waarin de uitlopers van de bedrading tijdelijk kunnen worden vastgeklemd.

Bij ankers met een zeer geringe draaddiameter — in het algemeen dus bij motoren met een gering vermogen — wordt soms de dunne wikkeldraad gesoldeerd aan een dikkere uitloper, die op zijn beurt in de zaagsnede van de collectorlamel wordt vastgesoldeerd. Deze constructie kan bij dit soort ankers noodzakelijk zijn om de mogelijkheid uit te sluiten

dat — mede door het aanbrengen van de noodzakelijke touwbandage — de mechanische kracht op de dunne wikkeldraad te hoog wordt en er dus kans op breuk ontstaat (onderbroken anker vlak achter een collectorlamel), hetgeen de motor in een service-werkplaats zou doen belanden.

Het solderen van de draden in de collectorlamellen geschiedt meestal met zuiver tin, omdat hiervan het smeltpunt hoger is dan van soldeer (een alliage van lood en tin). De soldeerbewerking kan geschieden door onderdompeling van collector en ankertap in vloeibaar tin. Deze bewerking moet zeer zorgvuldig geschieden, omdat het niveau van het tinbad nooit zo hoog mag komen dat er vloeibaar tin (of tinspetters) tot achter de collector doordringt. Bovendien moet dan de collector nog van een speciaal type zijn, dat bestand is tegen deze kortstondige onderdompeling. De astap wordt hierbij voor het tin gevrijwaard door papier of een houtblokje.

Het feit dat veel fabrikanten zuiver tin gebruiken houdt in, dat men niet een anker, waarvan het tin uit de collector is gevlogen, met een bout kan solderen. Men zou dan immers soldeer moeten gebruiken, terwijl de fabrikant met opzet tin heeft gekozen, omdat hij weet dat bij ongunstige belasting van de motor (denk aan de overvolle zak van een stofzuiger: hoog toerental, geringe koeling) het smeltpunt van soldeer te laag is om weerstand te kunnen bieden aan de hoge collectortemperatuur. Hoe spijtig het dan ook is voor de klant, die door zelf koolborstels van een vreemd fabrikaat te monteren de collectortemperatuur te hoog heeft laten oplopen, toch zal men hem in zo'n geval een fabrieksnieuw anker moeten leveren. (Wil men althans een klant hebben, die tevreden blijft — ook na de reparatie.)

#### *Impregneren en afwerken.*

Na het solderen en het aanbrengen van bandage en spieën in de rotor-groeven volgt het impregneren. Dank zij de huidige Araldit-gietharsen is dit proces sterk in tijd bekort. Het verwerken van deze giftige Araldithars en de daarbij behorende z.g. harder vereist speciale vakkennis en speciale hulpmiddelen.

Het impregneren maakt van het anker één massief geheel, waardoor de centrifugaalkracht niet in staat is de wikkeling naar buiten te bewegen en waardoor ook geen vocht kan binnendringen in het anker. Met vocht moet in ons land rekening worden gehouden, omdat de koellucht die tijdens bedrijf in grote hoeveelheden langs het anker strijkt een groot percentage waterdamp kan bevatten.

Na de impregnering wordt de collector afgedraaid, soms ook wordt daarna nog het mica tussen de collectorlamellen gedeeltelijk wegge-

freesd, waarna ten slotte het anker (op zeer kostbare machines) wordt gebalanceerd. Zoals reeds eerder is opgemerkt, vond dit balanceren vroeger vaak plaats door lood in bepaalde groeven te steken of ook wel door gaatjes in het blikpakket te boren. Wil men echter gegarandeerd zijn van een lange levensduur van de kogel- of glijlegers, dan moet balan-

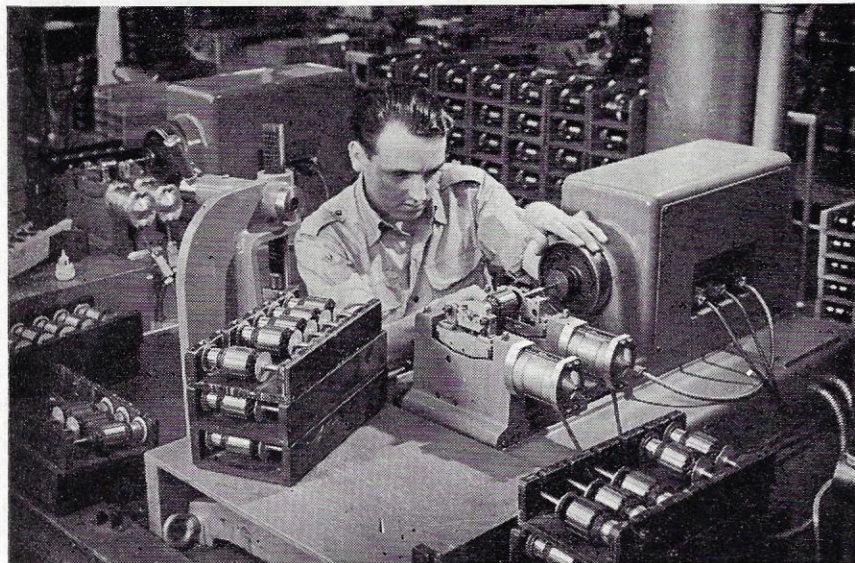


Fig. IV-10. Balanceermachine voor snellopende ankers van kleine seriemotoren.

cering plaatsvinden vlak bij de plaats waar deze zich bevinden. In fig. IV-10 ziet men een balanceermachine. De ankers zijn voorzien van metalen schijven, waaruit stukjes kunnen worden geponsd om een eventuele onbalans op te heffen. Bij een aantal van de afgebeelde ankers is dit reeds gebeurd.

De rotor van de op blz. 79 e.v. besproken repulsiemotor kan op dezelfde wijze worden gewikkeld als die van een seriemotor. Gaat het om repulsiemotoren van vrij groot vermogen (boven 1 pk), dan kunnen de rotorspoelen op een mal worden gewikkeld en daarna – al of niet na algehele omwikkeling met een isolerende tape – met de hand in de rotorgroeven worden gelegd.

De problemen van het balanceren van zo'n repulsiemotor zijn niet zo groot, dank zij het vrij lage toerental (1425 omw/min bij een vierpolige, 2850 omw/min bij een tweepolige machine, aangesloten op 50 Hz).

### De wikkeling van stators.

Het wikkelen van statorspoelen of het bewikkelen van het statorpakket stelt minder hoge eisen, omdat deze wikkelingen niet roteren en er dus tijdens het bedrijf geen mechanische krachten op worden uitgeoefend.

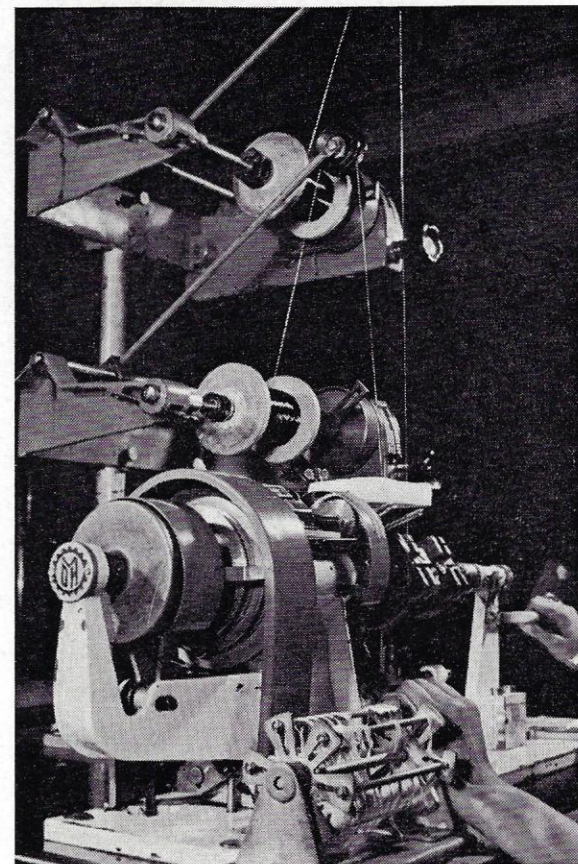


Fig. IV-11. Gelijktijdig wikkelen van twee statorspoelen met behulp van houten of kunststof mallen.

In fig. IV-11 ziet men het gelijktijdig wikkelen van twee statorspoelen voor een seriemotor op houten mallen. Ook hier wordt als wikkeldraad uitsluitend emaille draad gebruikt.

Bij seriemotoren werd(en) vroeger de statorspoel(en) voorzien van een jaconetband-omwikkeling, daarna werd(en) deze in het statorpakket aangebracht (ook nu nog wordt vaak tussen de omwikkelde spoel en

het statorblik leerpapier als isolatie toegevoegd) en ten slotte werd dit samengestelde statorpakket geïmpregneerd om te voorkomen dat de luchtvochtigheid corrosie teweeg kon brengen. Thans treft men in seriemotoren vaak statorspoelen aan, die omwikkeld zijn met polyestertape. Dit plasticband is in elektrisch opzicht zeer hoogwaardig en laat boven-

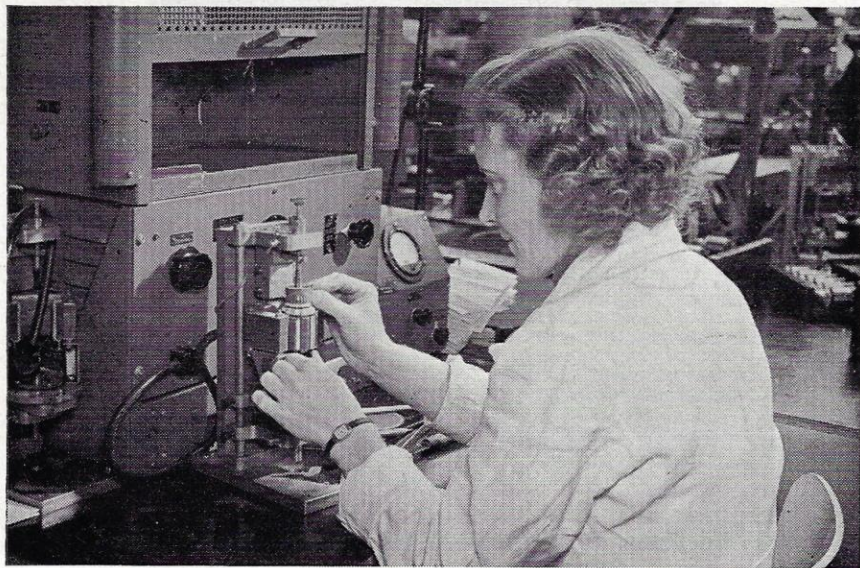


Fig. IV-12. Meetapparaat voor ankers. (Fabrikaat Van der Heem N.V., Den Haag)

dien geen vocht door, zodat impregneren in een beschermende lak niet meer nodig is.

Ook de statorwikkelingen van een inductiemotor (dus de hoofd- en eventuele hulpwikkeling) kunnen op houten mallen worden gewikkeld en daarna met de hand in de statorgroeven worden gelegd. Automatisch inleggen van dit soort wikkelingen in de statorgroeven komt ook voor.

Als men nu bedenkt, dat de controle van een rotor- of statorwikkeling ten slotte eveneens speciale meetapparatuur vereist en dat op deze kwaliteitsmeting nog een hoogspanningsproef moet volgen (met gedurende één minuut 1500 V ~ tussen enerzijds de wikkeling en anderzijds het metalen pakket), dan is ons advies om dit werk niet zelf te doen voldoende verduidelijkt. In fig. IV-12 ziet men een speciaal meetapparaat voor de controle van een anker op wikkelsluiting, wikkel-

onderbreking, een verkeerd aantal windingen op een van de spoelen of een verkeerde aansluiting van een draad aan een collectorlamel. Boven dit meetapparaat is nog net zichtbaar een z.g. hoogspanningskooi (zie ook blz. 150), waarin men ankers (of stators) kan onderwerpen aan de noodzakelijke hoogspanningsproef. Om de collector van het anker dat hier gecontroleerd wordt, is nog net een reepje papier zichtbaar. Dit is om de bovenzijde van de collector aangebracht, om te voorkomen dat tijdens de onderdompeling in het tinbad de collectorlamellen geheel van een laagje tin zouden worden voorzien. Natuurlijk zou men dit ook wel bij het afdraaien van de collector kunnen verwijderen, maar dat zou een verspilling van tin betekenen, die bij massafabricage dient te worden vermeden. Het is hierbij toch vaak juist de optelsom van deze kleinigheden, die de kostprijs van een onderdeel gunstig beïnvloedt.

Uiteindelijke conclusie: Het (over)wikkelen van rotors en stators dient te geschieden door een gespecialiseerd wikkelbedrijf. Zijn deze gecompliceerde motoronderdelen defect, dan kan de elektrovakhandelaar ze ook direct doen vervangen door de service-dienst van het betreffende fabriek.

## Hoofdstuk V

### VEILIGHEID

#### 1. De veiligheidsvoorschriften.

Aangezien over het hoe en waarom van veiligheidsvoorschriften nog vaak een verkeerd denkbeeld heerst, heeft het zin deze wat nader te bezien.

Reeds in de beginperiode van de leverantie van elektrische energie aan particulieren erkenden de Nederlandse energiebedrijven het belang van de veiligheid en bedrijfszekerheid van de op hun netten aan te sluiten elektrische toestellen. Ter bevordering hiervan kwamen zij gezamenlijk tot de oprichting van een keuringsinstituut, de nog steeds bestaande „N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen” (KEMA) te Arnhem, waaraan fabrikanten en importeurs hun produkten ter keuring kunnen voorleggen. De onderdelen waarvoor door het Nederlands Normalisatie-instituut in Den Haag nog geen definitieve (N- of NEN-bladen) of voorlopige (V- of Ontwerpbladen) keuringsvoorschriften zijn vastgesteld, keurt de KEMA volgens eisen, opgesteld door de Commissie van Bijstand, waarin o.m. vertegenwoordigers van de industrie zitting hebben. Na goedkeuring worden deze materialen opgenomen in het z.g. Oranje-boekje (een lijst die de KEMA jaarlijks uitgeeft met per kwartaal een supplement). De materialen die bij de keuring aan de hoogste eisen voldeden, krijgen het recht om het KEMA-keur te voeren en worden periodiek en steekproefsgewijze gecontroleerd; ook voor de afnemers bestaat de gelegenheid om monsters van deze materialen gratis bij de KEMA te laten controleren.

Het is een verheugend verschijnsel, dat het Oranje-boekje in de loop der jaren steeds dikker is geworden. Dit wijst er immers op, dat steeds meer fabrikanten de morele plicht van deze vrijwillige veiligheidscontrole zijn gaan inzien, die de afnemers tegen een ongeval door een onveilige constructie beschermt. Overigens worden de door de KEMA gehanteerde veiligheidsvoorschriften voor steeds meer artikelen wettelijk verplicht; ook voor huishoudelijke elektrische apparaten wordt deze wettelijke verplichting binnen afzienbare tijd verwacht.

In sommige van de ons omringende landen zijn de nationale veiligheidsvoorschriften op dezelfde wijze ontstaan. Er zijn echter ook landen, waar vooral de brandverzekeringsmaatschappijen bij de totstandkoming van deze

voorschriften een rol hebben gespeeld. Daardoor vertonen zij onderling vrij grote verschillen. Reeds voor de tweede wereldoorlog heeft men door een internationale „Installations Fragen Kommissie” op te richten getracht deze schadelijke verscheidenheid tegen te gaan. Na de oorlog werd opgericht de „Commission on rules for the approval of Electrical Equipment” (CEE), waarbij thans vele landen — ook van achter het ijzeren gordijn — middels nationale commissies zijn aangesloten. In een Nederlandse commissie hebben zitting: vertegenwoordigers van de regering, van de elektriciteitsbedrijven en van de industrie, d.w.z. van fabrieken, die apparaten of materialen vervaardigen waarop de veiligheidsvoorschriften van toepassing zijn. De CEE tracht d.m.v. Frans- en Engelstalige publikaties de dikwijls uiteenlopende nationale veiligheidsvoorschriften op internationaal niveau te normaliseren. Daarbij wordt ernaar gestreefd de ontwikkeling van de techniek zo weinig mogelijk te belemmeren. Men stelt dus slechts veiligheidsvoorschriften op en schrijft bijv. niet bepaalde constructiedetails voor. Aan alle aangesloten landen wordt geadviseerd hun veiligheidsvoorschriften aan te passen aan de door de CEE opgestelde internationale eisen. Zo bestaat in Nederland sedert kort de mogelijkheid dat men de in dit boek besproken huishoudelijke toestellen laat keuren op basis van het internationale veiligheidsvoorschrift, de CEE-publikatie nr. 10. Bij goedkeuring is men dan verplicht het KEMA-keur te voeren, om regelmatige controle mogelijk te maken.

Het is duidelijk dat deze internationale normalisatie van de veiligheidsvoorschriften grote voordelen biedt, niet alleen voor de fabrikant die bij zijn export naar bij de CEE aangesloten landen vrijwel uniforme veiligheidsbepalingen ontmoet, maar ook voor de vakhandelaar die materiaal van allerlei aard en herkomst in handen krijgt. Het Oranje-boekje zal hem daarbij een onmisbaar hulpmiddel zijn.

#### 2. Aardingsproblemen.

Aarding wordt in de elektrotechniek toegepast, zowel ter beperking van aanrakingsgevaar als ter beperking van brand- en ontploffingsgevaar. In dit boek wordt alleen het aanrakingsgevaar behandeld, aangezien brand- en ontploffingsgevaar bij verplaatsbare huishoudelijke toestellen die door een elektromotor worden aangedreven, nagenoeg afwezig is. Onder aanrakingsgevaar verstaat men het gevaar, dat ontstaat wanneer de aanraakbare delen van een toestel door een defect een voor mens of dier gevaarlijke spanning ten opzichte van de aarde gaan aannemen. Voor de mens zijn gevaarlijk en soms zelfs dodelijk alle wisselspanningen hoger dan 42 V; voor sommige diersoorten kunnen spanningen vanaf 24 V al dodelijk zijn. Aarden, d.w.z. het maken van een geleidende verbinding tussen de aanraakbare metalen delen die door een defect

onder spanning kunnen komen en de aarde, is dus een mogelijkheid om het aanrakingsgevaar te beperken bij verplaatsbare huishoudelijke toestellen. Indien deze aarding dus goed functioneert, treedt afschakeling van het net op vóórdat ergens uitwendig op het apparaat een hogere spanning dan 42 V komt.

Een goede aarding moet voldoen aan de eis, dat er een zeer geringe overgangswaerstand is tussen de aanraakbare metalen van het betreffende toestel en de aarde zelf. Alleen bij een overgangswaerstand van geringe waarde (lager dan  $1 \Omega$  soms) kan de stroom van het lichtnet, die via het toestel met een gestelsluiting en de aarde terugvloeit naar de eveneens geaarde wikkeling van de netstroom leverende 220 V-transformator, zó groot zijn dat de tussengeschakelde smeltveiligheid ineens doorsmelt. Vroeger waren dergelijke lage aardingsweerstand in onze woningen meestal te verkrijgen door gebruik te maken van het gemeentelijk metalen drinkwaterbuizenet. Aangezien ook hier de kunststoffen hun intrede hebben gedaan, zijn er al vele gemeenten in ons land waar aarding op de waterleidingbuizen niet meer toegestaan is. In die gemeenten zal men dus aarding moeten bereiken door het zó diep in de grond drijven van een staaf, dat de vereiste lage aardingsweerstand wordt bereikt. Dat betekent bijv. in droge zandstreken een zeer kostbare voorziening. Daar bovendien een regelmatige controle op de aardingsweerstand van de in de woonhuizen aangebrachte aardleiding meestal uitblijft, heeft men vooral na de tweede wereldoorlog huishoudtoestellen op de markt gebracht, waarbij de aanraakbare metalen delen door een defect niet meer onder spanning kunnen komen. Om dit doel te bereiken hebben de fabrikanten verschillende constructies toegepast, die vaak worden samengevat onder de duidelijke, maar niet altijd juiste naam van dubbele isolatie. Aangezien er echter naast de dubbelgeïsoleerde produkten, nog vele z.g. enkelgeïsoleerde produkten voor de huishouding worden vervaardigd, verdient het probleem van het al of niet toepassen van een aardleiding de volle aandacht.

#### *Beperking van het aanrakingsgevaar.*

Vroeger was een elektrische handboormachine ondenkbaar zonder aardleiding; thans kent men reeds handgereedschap van een zodanige constructie, dat de elektrotechnisch adviseur bij de arbeidsinspectie het heeft goedgekeurd voor gebruik op sterkstroomnetten zonder dat de aanraakbare metalen delen moeten worden geaard. Het is dus, gezien deze nieuwe constructies, begrijpelijk dat een commissie van het Nederlands Elektrotechnisch Comité (NEC) de opdracht heeft gekregen, om na te gaan aan welke principiële eisen toestellen moeten voldoen voor een gebruik zonder aarding. Aangezien de commissie haar conclusies

reeds in een adviserend rapport heeft vastgelegd, kunnen wij onze lezers een goed inzicht in de problemen geven. Alleen immers als men de achtergronden van een probleem kent, kan men zijn klanten goed van advies dienen.

In dit boek wordt uitsluitend gesproken over huishoudelijke toestellen, aangedreven door een eenfase-elektromotor. In de zin van de veiligheidsvoorschriften zijn dit verplaatsbare stroomverbruikende toestellen, die via een verplaatsbare leiding op een wandcontactdoos moeten worden aangesloten. Er bestaan naar Nederlandse opvattingen (overeenkomstig het genoemde rapport van de NEC-commissie) vier methoden om het aanrakingsgevaar zo klein mogelijk te houden. Deze kunnen onafhankelijk van elkaar worden toegepast:

1. Het toepassen van een voor de mens, onder de omstandigheden waaronder stroomverbruikende toestellen plegen te worden gebruikt, ongevaarlijke spanning. Dit is het geval bij de z.g. klasse III-toestellen.
2. Het toepassen van een zodanige isolatie tussen onder spanning staande en aanraakbare metalen delen, dat de kans op een stroomovergang bij aanraking van het toestel, ook op de duur praktisch nihil is (klasse II-toestellen).
3. Het door toepassing van aarding beperken van de kans van het onder spanning geraken van aanraakbare metalen delen bij gebruik van het toestel op plaatsen waar de weerstand tussen het menselijk lichaam en de aarde klein is. Dit betreft de klasse I-toestellen bij gebruik in z.g. gevaarlijke ruimten (waarin geleidende vloeren, metalen wanden of veel met de aarde in verbinding staande objecten aanwezig zijn, zodanig opgesteld dat de mogelijkheid van een gelijktijdige aanraking van toestel en object geenszins uitgesloten is).
4. Het beperken van het gebruik van een elektrisch toestel tot plaatsen waar de weerstand tussen het menselijk lichaam en de aarde groot is (zoals in z.g. ongevaarlijke ruimten met isolerende vloeren, waarin zich bovendien geen met de aarde verbonden objecten bevinden, tenzij zodanig geplaatst dat de mogelijkheid van een gelijktijdige aanraking van toestel en object vrijwel uitgesloten mag worden geacht).

De eerste twee van de genoemde vier methoden tot beperking van het aanrakingsgevaar behoeven nog een nadere toelichting:

1. Ongevaarlijke spanning voor de mens. Internationaal wordt een wisselspanning van ten hoogste 42 V als voldoende ongevaarlijk aangemerkt. Gezien de betrekkelijk grote elektrische vermogens die tegen-

woordig in de huishoudingen worden gebruikt, is het toepassen van deze ongevaarlijke spanning voor huishoudelijke doeleinden vrijwel niet mogelijk.

2. Een zodanige isolatie, dat zelfs bij een defect de aanraakbare metalen delen niet onder spanning kunnen komen. Dit betekent in het algemeen dat men twee isolaties moet toepassen, nl. de functionele isolatie (zoals bijv. de isolatie van de statorwikkelingen t.o.v. het statorblikpakket) en een extra beschermende isolatie. Indien de beide isolaties aan zodanige proeven voldoen, dat mag worden aangenomen dat zij na lange gebruiksduur nog in goede staat zullen verkeren, kan aarding van aanraakbare metalen delen achterwege worden gelaten en een zodanige contactstop worden toegepast, dat het toestel kan worden gebruikt in ongevaarlijke ruimten (wandcontactdozen zonder randaarde) of in gevaarlijke ruimten (wandcontactdozen met randaarde). Een duidelijk voorbeeld hiervan is het moderne elektrisch handgereedschap, dat zodanige isolatie(s) bezit, dat het in alle ruimten zonder aarding mag worden gebruikt.

#### *De klasse-indeling.*

Ten einde de vakman een goed inzicht te geven in de noodzaak van het al of niet toepassen van een aardleiding, volgt thans de klasse-indeling welke van toepassing is op verplaatsbare elektrische toestellen. Deze indeling is gebaseerd op de aangewende constructie ter voorkoming van een voor de mens gevaarlijke spanning op uitwendige metaaldelen.

*Klasse III:* Toestellen waarvan de nominale voedingsspanning en de nominale spanning van mogelijk aanwezige, uitwendige elektrische circuits, gevoed door het toestel, niet meer dan 42 V bedraagt. Zoals reeds eerder vermeld (zie blz. 36) komt dit type toestel in de normale huishoudelijke sector niet voor. Hoogstens zal men bij reparaties een dergelijk toestel tegenkomen, dat aan boord van een schip wordt gebruikt, doch in de huishoudingen op de vaste wal is in ons land de genormaliseerde voedingsspanning 220 V.

*Klasse II:* Toestellen die van een zodanige isolatie zijn voorzien, dat zij (ook bij het optreden van een defect) geen gevaar van ontoelaatbare stroomovergangen naar het menselijk lichaam kunnen opleveren.

*Klasse I:* Toestellen met uitsluitend een functionele isolatie, voorzien van een toestelcontactdoos met aardcontact of van een drieadelige aansluitleiding en contactstop met randaarde.

*Klasse 0:* Toestellen met een vast verbonden tweeadelige aansluitleiding en een contactstop zonder aardcontact. Hieronder valt nog:

*Klasse 0-I* (met aardklem en met vastaangesloten tweeadelige aansluitleiding).

Het feit, dat juist bij verplaatsbare toestellen de aarding via de aansluitmiddelen (contactstop en aansluitleiding) moet plaatsvinden, betekent dat de klasse I-toestellen in de praktijk onveiliger zijn gebleken dan men aanvankelijk vermoed had. De oorzaken hiervan zijn: breuk aardingsader, verwisseling fase- en aarddraad in de contactstop bij ondeskundige reparatie en onderbroken verbinding tussen aarddraad en aardcontact in contactstop, waarbij het losgekomen eind van de aardingsader in aanraking komt met een spanningvoerend deel.

Men heeft dan ook de klasse II-toestellen geïntroduceerd, omdat beveiliging door toepassing van een deugdelijke isolatie principieel is te verkiezen boven beveiliging door aarding. Dit betekent echter, dat aan een goedgekeurd klasse II-toestel naar onze mening de eis moet worden gesteld, dat elke aardingsmogelijkheid ontbreekt. Ons standpunt is, dat een beveiligingsmiddel nooit een nieuw gevaar mag kunnen opleveren. Ook beveiligingsmiddelen kunnen falen, maar dit moet dan betekenen „niet werken” en nooit „een gevaar introduceren”. Door een niet deugdelijk met de aarde verbonden aardleiding (bijv. een losgetrilde contactschroef of een onderbroken verbinding tussen aardingsader en aardcontact, waarbij het losliggende eind van de aardingsader in aanraking is gekomen met een spanningvoerende fasedraad) kunnen aanraakbare metalen toestelgedelen juist onder de volle netspanning komen te staan. De meeste veiligheidskeur bureaus zijn dan ook terecht de mening toegedaan dat een huishoudelijk toestel, hetwelk voldoet aan de klasse II-isolatie, geen enkele mogelijkheid tot aarding van de aanraakbare metalen delen mag hebben. Zo'n toestel mag zonder aarding dus gebruikt worden in gevaarlijke en ongevaarlijke ruimten. Betreft het een toestel met uitsluitend een functionele isolatie (klasse I), dat men wenst te gebruiken in een gevaarlijke (bijv. vochtige of tijdelijk vochtige) ruimte, dan zal wèl een deugdelijke aardleiding moeten worden toegepast. In ongevaarlijke ruimten mogen klasse I-toestellen zonder aarding van de aanraakbare metalen delen worden gebruikt.

De beslissing van al of niet aarden hangt dus geheel af van de klasse-indeling van het betreffende toestel en van de soort ruimte (gevaarlijk of ongevaarlijk) waarin het toestel moet worden gebruikt. Welk toestel men in een bepaald geval moet kiezen, d.w.z. op welke methode ter beperking van het aanrakingsgevaar de keus moet vallen, hangt af van de gevarenkansen. Het is heel goed denkbaar, dat in bepaalde industrie-

en het gebruik van dubbelgeïsoleerd handgereedschap ontoelaatbaar is, omdat beschadigingen van aansluitleidingen door scherpe voorwerpen er normaal zijn. In het betreffende geval moet dus de keuze wel op 42 V-gereedschap vallen.

Het kiezen voor een aardleiding is ook om een andere reden niet zo veilig als men vroeger wel heeft gedacht. Men kan er nl. nooit zeker van zijn — zelfs als de drieadrige aansluitleiding ogenschijnlijk in goede staat verkeert — of de aanraakbare metalen delen ook werkelijk geaard zijn. Analyseert men het (gelukkig zeer geringe) aantal dodelijke ongelukken in de huishouding ten gevolge van elektriciteit, dan komt men tot de conclusie, dat een gedeelte hiervan niet zou hebben plaatsgevonden als de (op het moment van het ongeluk ondeugdelijke) aardleiding geheel afwezig was geweest.

### 3. Aansluitleidingen en contactstoppen.

Bij een verplaatsbaar toestel moet de eventuele aarding plaatsvinden via de aansluitleiding en de contactstop. Aangezien echter bij klasse II-toestellen juist via de contactstop verhinderd moet worden dat de gebruiker de eventueel aanwezige aanraakbare metalen delen kan aarden, zijn er meerdere typen contactstoppen in omloop. Om verwisseling te voorkomen maakt men tegenwoordig aansluitleidingen en contactstoppen vaak tot één onverbreeklijk geheel, omdat voor de leek-gebruiker de juiste combinatie van contactstop en wandcontactdoos (de contactstop „past” of „past niet”) zijn enig aangrijpingspunt is.

Voor de vakman, die geacht wordt de Installatievoorschriften (NEN 1010) te kennen, zijn bovendien de begrippen „gevaarlijke” en „ongevaarlijke” ruimten (met betrekking tot aanrakingsgevaar) duidelijk; voor de leek-gebruiker echter is de beveiliging alleen maar te vinden in de toepassing van een zodanig stelsel van contactstoppen en wandcontactdozen, dat een voor aarding ingericht toestel bij aansluiting op een wandcontactdoos in een gevaarlijke ruimte gedwongen geaard wordt. Het Nederlandse systeem van wandcontactdozen met randaarde in de gevaarlijke ruimten voldoet volledig aan deze eis.

Het is dus de zorg van de fabrikant van een verplaatsbaar huishoudelijk toestel, dat moet kunnen worden gebruikt in een gevaarlijke ruimte (bijv. de wasmachine in de keuken) dit ook werkelijk te voorzien van een drieadrige aansluitleiding met een contactstop met aardcontact. Deze contactstop moet volgens voorschrift ook passen in een normale wandcontactdoos in ongevaarlijke ruimten. In dat geval vindt dus geen aarding plaats van de metalen delen.

Hoewel men tegenstander moet zijn van het zonder enige vakkennis verrichten van „doe het zelf”-werkzaamheden aan elektrische toestellen,

kan men begrijpen dat een gebroken contactstop nu eenmaal door de huisvader zal worden vervangen. Dit impliceert bij toestellen die gebruikt worden in gevaarlijke ruimten een groot gevaar: men koopt een verkeerde contactstop, men sluit verkeerd of slordig aan (bijv. doordat men de litzedraadjes niet vertint) met later kans van ernstige ongelukken. De enige veilige methode is dan het gebruik van een aangevulcaniseerde contactstop. De leek zal niet gauw wijzigingen aanbrengen in deze „mooie” leiding. Bovendien is de bedrijfszekerheid zeer groot: de contactstop kan niet kapot vallen en ook leidingbreuk treedt niet snel op, omdat de overgang van de stijve steker naar de soepele leiding niet ineens plaatsvindt, maar geleidelijk verloopt door het toepassen van een aangevulcaniseerde tulle met een van dik naar dun verlopende wanddikte. Voorts kunnen in het inwendige geen contactschroeven lostrillen; iets dat bij een bakelieten contactstop met aardcontact een dodelijk ongeluk kan veroorzaken.

De fabrikant zal, vrijwillig of op aanwijzing van de N.V. tot Keuring van Electrotechnische Materialen (KEMA) te Arnhem, zijn toestellen ongetwijfeld voorzien van de juiste contactstop. De taak van de vakhandelaar is echter bij elke reparatie erop toe te zien, dat de aansluitleiding niet in slechte staat verkeert en dat er geen wijzigingen in zijn aangebracht. Mocht zulks het geval zijn, dan is vervangen door een goede aansluitleiding met de goede aangevulcaniseerde contactstop de enige juiste remedie. Onze ervaring heeft geleerd, dat er te veel installateurs zijn die dit punt volkomen verwaarlozen met de gedachte: „Zo'n door de klant niet gevraagde reparatie doe ik niet, want ik krijg toch later moeilijkheden om het geld voor deze reparatie te ontvangen.” Aangezien men dan echter door verwaarlozing van de veiligheid met mensenlevens spot, is er maar één juist standpunt: liever een boze klant wegens een rekening over een ongevraagde reparatie, dan moreel verantwoordelijk voor een dodelijk ongeval.

De verplaatsbare toestellen, die geen aardingsmogelijkheid hebben en waarvan het gebruik dus beperkt moet blijven tot de ongevaarlijke ruimten, moeten voorzien worden van een contactstop zonder aardcontact. Deze mag dus niet passen in de wandcontactdozen met randaarde in de gevaarlijke ruimten. De eerder genoemde NEC-commissie tekent hierbij terecht aan, dat de mogelijkheid blijft bestaan, dat de gebruiker toch zal proberen het toestel in een gevaarlijke ruimte aan te sluiten, door bijv. de vorm van de contactstop zo te veranderen dat hij ook past in wandcontactdozen met aardcontact. Ook kan, indien de aansluitleiding lang genoeg is of een verlengleiding wordt toegepast, een toestel dat op een wandcontactdoos in een ongevaarlijke ruimte is aangesloten, ongeaard in een nabijgelegen gevaarlijke ruimte worden gebruikt. Deze

mogelijkheden kunnen als reële bezwaren tegen het onderhavige stop-contactenstelsel worden aangevoerd. Toch dient het onder aanvaarding van deze bezwaren gehandhaafd te blijven, omdat in alle ruimten aar-

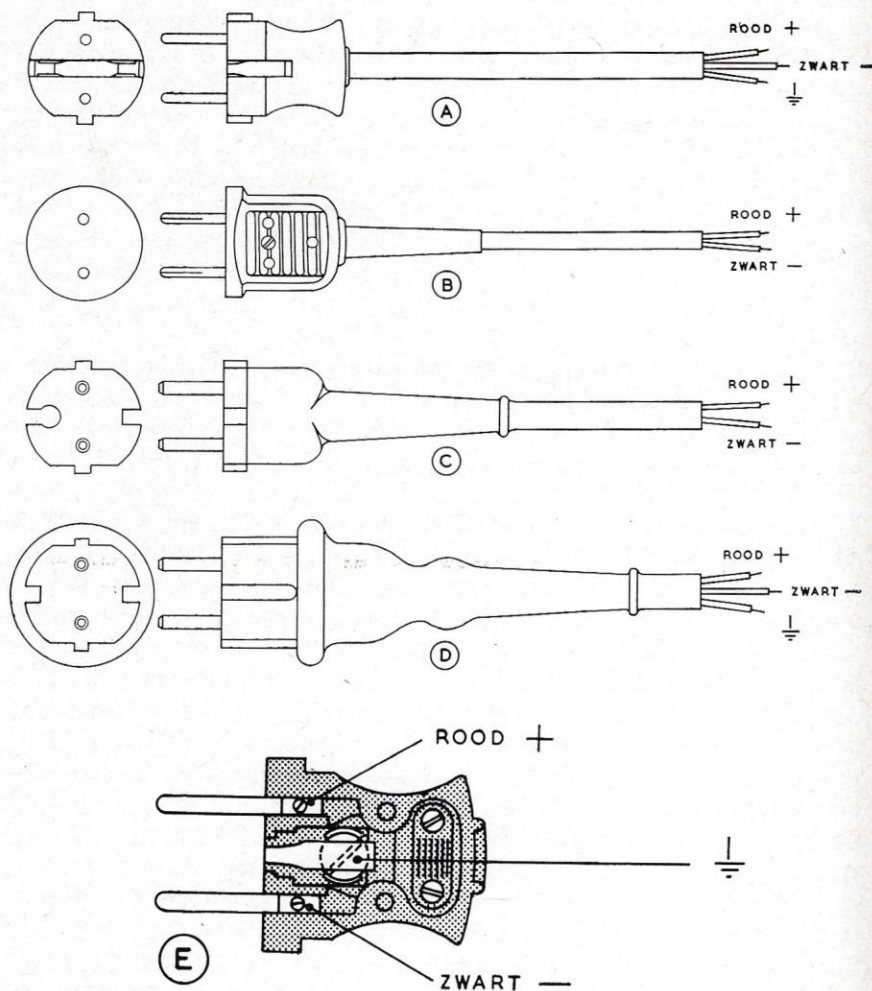


Fig. V-1. Voorbeelden van in Nederland toegepaste contactstoppen.

ding voor te schrijven het enige alternatief zou zijn. Hetgeen zou betekenen, dat men de ongevaarlijke ruimten gevaarlijk zou maken door het daarin introduceren van geaarde toestellen. Dit zou vooral daarom bedenkelijk zijn, omdat men dan in deze ruimten naast de geaarde toe-

stellen nog het gebruik zou moeten toestaan van toestellen die niet voor aarding kunnen worden ingericht en daardoor zou de kans op ongevallen, als gevolg van een gelijktijdige aanraking van zo'n niet geaard en door een defect onder spanning gekomen toestel enerzijds en een wel geaard toestel anderzijds, sterk toenemen.

In fig. V-1 is een overzicht getekend van de contactstoppen met de daarbij behorende aansluitleidingen. A is een drieaderige aansluitleiding, voorzien van een bakelieten contactstop met randaarde. In E is zo'n contactstop in open toestand getekend. Bij deze contactstop kunnen dus losgetrilde contactschroeven een zeer ernstig gevaar opleveren, indien de gebruiker de stop gebruikt in combinatie met een wandcontactdoos zonder aarde. B is een normale tweeaderige aansluitleiding met een bakelieten contactstop en een losgemonteerde snoertulle. In C is getekend een aangevulcaniseerde (bij plastic: aangespoten) contactstop, passend in wandcontactdozen met en zonder randaarde; de stop is niet voorzien van een aardstrip en de vast ermee verbonden aansluitleiding is tweeaderig. Deze combinatie mag uitsluitend gebruikt worden bij klasse II-toestellen. In D is een drieaderige aansluitleiding getekend met een aangevulcaniseerde contactstop met randaarde. Deze constructie is veel veiliger dan de in A en E getekende uitvoeringsvorm.

*De kleur van de aardingsader, zie ook blz. 114, onderaan.*

Het is helaas niet mogelijk geweest in fig. V-1 bij de ader voor de aarding een kleur te vermelden, omdat hierover in internationaal verband nog geen overeenstemming is bereikt. Aangezien door deze verwarrende situatie reeds ongelukken zijn gebeurd, lijkt het ons van belang aan dit punt uitvoerig aandacht te besteden.

Aan een publikatie van de KEMA in het tijdschrift *Electrotechniek* ontlenu wij de volgende gegevens. De kleur van de aardingsader in verplaatsbare leidingen is in diverse landen verschillend. Bijv. in:

Nederland	: grijs	Italië	: geel
Duitsland	: rood	Engeland, V.S. en Canada	: groen.
Zwitserland	: geel/rood		

Het kan dus voorkomen, dat in de service-werkplaats een wasmachine moet worden gerepareerd van Duits fabrikaat, terwijl deze machine in ons land door de KEMA niet is gekeurd. Raakt nu de aansluitleiding defect en wordt deze bijv. bij de bakelieten contactstop iets ingekort, dan is het niet denkbeeldig dat de reparateur overeenkomstig de in Nederland geldende installatievoorschriften de grijze ader met de aarde verbindt en de rode aardingsader met een van de pennen. Vijftig procent

kans dus, dat het gestel onder de fasespanning komt te staan. Uiteraard moet zo'n fout ontdekt worden als men nauwkeurig de aanwijzingen in dit boek volgt en na elke reparatie een hoogspanningsproef (zie blz. 131) uitvoert. De door een draadwisseling veroorzaakte dodelijke ongelukken bewijzen echter helaas, dat niet alle vakmensen even serieus zijn als het gaat om veiligheid.

De International Commission on rules for the approval of Electrical Equipment (CEE), die streeft naar uniforme veiligheidseisen voor alle elektrotechnische producten, nam het kleurprobleem van de aardingsader in studie en heeft een kleurencombinatie voorgesteld, die nog in geen enkel land wordt toegepast, zodat verwarring is uitgesloten. De voorgestelde kleuren zijn groen en geel, die in de vorm van strepen in de lengterichting van de draad (of spiraalsgewijze) moeten zijn aangebracht. Bewust heeft men in deze combinatie de kleur groen (veilig) verwerkt. Een bijkomend voordeel is, dat nu ook een kleurenblinde kan onderscheiden welke ader voor de aarding moet worden gebruikt. Ook heeft de CEE voorgesteld voor de andere aders geen kleuren toe te staan, die in bepaalde landen op dit ogenblik reeds voor het aanduiden van de aardingsader worden toegepast. Gekozen zijn voor de fasedraden de kleuren blauw en zwart.

Door sommige fabrikanten wordt het nieuwe type aardleiding reeds toegepast. Uitdrukkelijk wordt hierbij vermeld, dat deze leiding met een tweekleurenader alleen mag worden toegepast voor de in dit boek beschreven eenfase elektrische huishoudelijke toestellen, waarvan de aanraakbare metalen delen moeten worden geaard. Moet in de service-werkplaats een driefasetoestel worden gerepareerd, waarbij aarding van de aanraakbare metalen delen niet vereist is, dan mag dit leidingtype nooit worden gebruikt. In dit geval zal men dan gebruik moeten maken van een driederige verplaatsbare leiding, waarvan de fasedraden de kleuren blauw, zwart en bruin hebben.

In ons land zal bij de definitieve uitgave van de Ontwerpnormen 1050 (voor rubbergeïsoleerde leidingen) en 3224 (voor leidingen met isolatie van polyvinylchloride) met het advies van de CEE rekening worden gehouden, zoals dat in de Installatievoorschriften NEN 1010 ook reeds is gedaan.

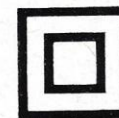
Bij het ter perse gaan van dit boek deelt de KEMA ons mede dat er thans in de bij de CEE aangesloten landen overeenstemming is over de kleur van de aardingsader, nl. geel/groen.

Met inachtneming van een zekere overgangstermijn, afhankelijk van de oude voorraden verplaatsbare leidingen bij fabrikanten, groothandelaren en installateurs, is of wordt de nieuwe kleurencombinatie thans in de CEE-landen verplicht gesteld.

### *Het al of niet monteren van een aardleiding.*

In service-werkplaatsen zal men de volgende richtlijnen moeten toepassen met betrekking tot het al of niet monteren van een aardleiding aan verplaatsbare elektrische toestellen. Aangezien dit probleem nog in studie is bij de KEMA is het hieronder volgende schema gebaseerd op het inzicht van de schrijver, verkregen tijdens vele onderzoeken in service-werkplaatsen. Met de adviezen van de eerder vermelde NEC-commissie werd rekening gehouden.

*Klasse II-toestellen:* Te herkennen aan het internationale teken:



Nooit gebruik maken van een aardleiding of een contactstop met aardcontact. Aarding van de eventueel aanwezige aanraakbare metalen delen betekent hier het onnodig introduceren van een gevaar (kans op elektrocutie van de bedienende persoon doordat de overbodige aardleiding door een defect de aanraakbare metaaldelen onder spanning kan zetten). Toestellen die tijdens bedrijf met de huid van het menselijk lichaam in aanraking komen, mogen o.i. alleen als klasse II-toestellen worden uitgevoerd (scheerapparaten en tondeuses).

*Klasse III-toestellen:* De nominale voedingsspanning bedraagt niet meer dan 42 V. Geen aarding toepassen.

*Toestellen niet vallende onder klasse II en III, zie pag. 116.*

### *Enige voorbeelden uit de praktijk.*

1. Men krijgt een handmixer in reparatie. Het apparaat is volgens het internationale teken een klasse II-toestel. Niet aarden.
2. Men krijgt een grote voedselmixer in reparatie zonder het klasse II-teken. Driederige leiding aanbrengen met een contactstop met aardcontact. Is deze reeds aanwezig, dan vooral ook de aardleiding na reparatie doormeten.
3. Men krijgt een elektrische handboormachine voor amateurs in reparatie. Indien het klasse II-teken ontbreekt, is deze machine door de elektrotechnisch adviseur bij de arbeidsinspectie (tijdelijk nog) toegestaan met zichtbare aarding van de aanraakbare metalen delen. Aardleiding en contactstop dus na de reparatie controleren op deugdelijkheid. Als men ziet dat de gebruiker aan de contactstop heeft geknoeid of dat het aardcontact van de contactstop ongebruikt is, dan de klant bij voorkeur schriftelijk wijzen op de noodzaak deze machine alleen te gebruiken op een wandcontactdoos met randarde. De brief kan men positief stellen door de klant aan te bieden aan

Klasse	Voorbeelden
I	vloerwrijvers (in-gericht voor nat schrobben) mixers (groot model) koelkasten wasmachines centrifuges vaatwasmachines haardroogkappen massageapparaten kantoormachines
	stofzuigers vloerwrijvers (droog) naaimachines afspeelapparatuur tafelventilatoren haardrogers (föhns) projectieapparaten
0-I	met aardader en contactstop met aardcontact zonder aardader en met contactstop zonder aardcontact
0	met aardklem of aardcontact met vast verbonden aansluitleiding zonder aardklem of aardcontact met vast verbonden aansluitleiding zonder aardader en contactstop zonder aardcontact
	met toestelcontactdoos (met aardcontact) met vast verbonden aansluitleiding
	Verplaatsbare huishoudelijke toestellen met elektrische beweegkracht

huis deze aardingskwesitie even te controleren of een speciale wand-contactdoos met randaarde te maken en door hem te wijzen op de in de handel aanwezige drieadrige verlengleidingen met aan beide zijden aangevulcaniseerde contactstoppen.

- Tafelventilatoren in het algemeen niet aarden. Toch dient men bij dit artikel er goed op te letten of corrosie van de metaaldelen wijst op gebruik in zeer vochtige ruimten. Aangezien tafelventilatoren (klasse 0-I) voorzien zijn van een aardklem, moet in zo'n geval na overleg met de gebruiker de ventilator toch worden voorzien van een drieadrige leiding met aardader.

*Keuringseisen waaraan klasse II-toestellen moeten voldoen.*

Aangezien de fabrikanten bij de door een motor aangedreven huishoudelijke toestellen steeds meer dubbelgeïsoleerde constructies gaan toepassen, is het voor de lezer interessant te weten welke eisen de KEMA, op voorstel van de NEC-commissie, momenteel stelt aan de isolaties van klasse II-toestellen.

- De lekstroom.* Deze wordt bij klasse II-toestellen gemeten volgens het schema van fig. VI-6 (blz. 149) en zal de onderstaande waarden niet mogen overschrijden:
  - naar aanraakbare metalen delen en naar metaalfolie die over aanraakbare delen van isolatiemateriaal is aangebracht: 0,5 mA;
  - naar niet aanraakbare metalen delen die alleen door functionele isolatie van onder spanning staande delen zijn geïsoleerd, afhankelijk van de mate van vochtdichtheid van het toestel: 3,5 of 5 mA.
- De isolatieweerstand en de diëlektrische vastheid.* Deze worden bij klasse II-toestellen achtereenvolgens gemeten:
  - tussen onder spanning staande delen enerzijds en aanraakbare metalen delen en metaalfolie die over aanraakbare delen van het isolatiemateriaal is aangebracht anderzijds;
  - tussen onder spanning staande delen en metalen delen die daarvan alleen door functionele isolatie zijn geïsoleerd;
  - tussen metalen delen die alleen door functionele isolatie van onder spanning staande delen zijn geïsoleerd enerzijds en aanraakbare metalen delen en metaalfolie die op aanraakbare delen van isolatiemateriaal is aangebracht anderzijds.

De isolaties van klasse II-toestellen zullen de hieronder volgende proefspanningen gedurende 1 min zonder nadelige gevolgen moeten kunnen doorstaan:

<i>Aanduiding van de te beproeven isolatie</i>	<i>Proefspanning V ~</i>
1. Over isolatie tussen onder spanning staande delen van verschillende polariteit of fase:	1500
2. Over functionele isolatie tussen onder spanning staande delen enerzijds en metalen delen die daarvan alleen door functionele isolatie zijn geïsoleerd anderzijds:	1500
3. Over functionele isolatie van inwendige bedrading:	1500
4. Over beschermende isolatie tussen metalen delen die alleen door functionele isolatie van onder spanning staande delen zijn geïsoleerd enerzijds en aanraakbare metalen delen en metaalfolie die op aanraakbare delen van isolatiemateriaal is aangebracht anderzijds:	2500
5. Over voeringen, bekledingen en wanden:	2500
6. Over isolatie tussen aanraakbare metalen delen en metaalfolie die is aangebracht om de leiding en de mogelijk aanwezige buigzame snoertulle en die zover is voortgezet, dat de isolatie van trekontlastingsinrichting mede wordt beproefd:	2500
7. Over versterkte isolatie tussen onder spanning staande delen enerzijds en aanraakbare metalen delen en metaalfolie die op aanraakbare delen van isolatiemateriaal is aangebracht anderzijds:	4000

Bij het keuren van klasse II-toestellen controleert de KEMA niet alleen de isolaties, maar ook de toegepaste constructies ter voorkoming van in de praktijk voorkomende storingen (zoals: losraken of breken van draden en leidingen, losraken van koolborstelveren, beschadiging van de isolatie van draden en leidingen, inwendige vervuiling, binnendringen van kleine geleidende voorwerpen) en ter beperking van de mogelijkheid tot ondeugdelijke reparatie en vervanging van onderdelen (aansluitleiding!) door ondeskundigen.

In het NEC-voorstel ter aanvulling van de bestaande internationale

veiligheidsvoorschriften voor verplaatsbare toestellen met elektrische beweegkracht is uitdrukkelijk als voorwaarde gesteld, dat er bij klasse II-toestellen beschermende isolatie aanwezig moet zijn tussen de aanraakbare metalen delen en die metaaldelen (bijv. van de motor) die door een functionele isolatie van het net zijn gescheiden. Een zeer belangrijke eis bij klasse II-toestellen is ook, dat onder spanning staande delen (of delen die ten gevolge van een defect onder spanning kunnen komen) met inbegrip van de inwendige bedrading en aansluitleidingen door een voering, bekleding of door wanden van isolatiemateriaal van de aanraakbare metalen delen zodanig moeten zijn geïsoleerd, dat het onmogelijk is, dat de beschermende isolatie wordt overbrugd. Zo mogen bijv. ontstoringscondensatoren natuurlijk niet verbonden zijn met de aanraakbare metaaldelen.

Met nadruk wordt erop gewezen, dat een apparaat waarvan de motor in rubber is opgehangen dus geenszins een klasse II-toestel behoeft te zijn. Of een toestel tot klasse I of klasse II behoort, is ook voor de vakman niet aan de constructie zelf te zien. Hij moet nagaan of op het typeplaatje (of op een hoofdonderdeel) van het apparaat het internationale teken voor klasse II is aangebracht. Dit teken is ook weergegeven op de handgreep van de handboormachine in fig. V-2.



Aan de hand van deze figuur kan wellicht eveneens worden verduidelijkt, op welke wijze de fabrikant aan de veiligheidseisen heeft voldaan om voor zijn produkt de goedkeuring als klasse II-toestel te verkrijgen. De opengewerkte tekening laat duidelijk zien, hoe bij deze constructie voldaan is aan de eis dat bij een eventueel optredende storing geen spanning kan komen op de aanraakbare metalen delen E van het transmissiehuis van de boormachine. A zijn twee handgreepdelen gemaakt van polyamide (nylon — voor verdere gegevens over kunststoffen, zie blz. 155). B is een legerschild van de motor, dat tevens de afscheiding vormt tussen het motorgedeelte en het transmissiegedeelte. Dit schild is vervaardigd van keripol (een met glasvezel versterkte polyester). C is een zeer speciaal tandwiel bestaande uit een metalen naaf en een gehard stalen tandkrans. De verbinding tussen deze naaf en tandkrans bestaat uit het elektrisch isolerende bakeliet; om het benodigde koppel te kunnen overbrengen is het versterkt met stukjes textiel. De naam van dit bakeliet is vezelbakeliet, beter zou men echter kunnen spreken van lappenbakeliet. D ten slotte is een isolatiekapje, gemaakt van niet ingekleurde polyamide (spreektaal: doorzichtig nylon).

Beschouwt men de tekening nauwkeurig, dan ziet men dat een vreemd voorwerp dat door een van de zeer klein gehouden koelopeningen naar binnen zou komen, de beschermende isolatie niet kan overbruggen; het

kan dus geen geleidende verbinding doen ontstaan tussen de stroomvoerende metalen delen en het aanraakbare transmissiehuis. Dit wordt ook geëist door de veiligheidsbureaus. Terecht denken deze bureaus bij een storing niet alleen aan een elektrisch defect, maar ook aan „vreemde voorwerpen”. Dat deze storing niet denkbeeldig is, maar in de praktijk juist bij elektrisch handgereedschap voorkomt, zullen

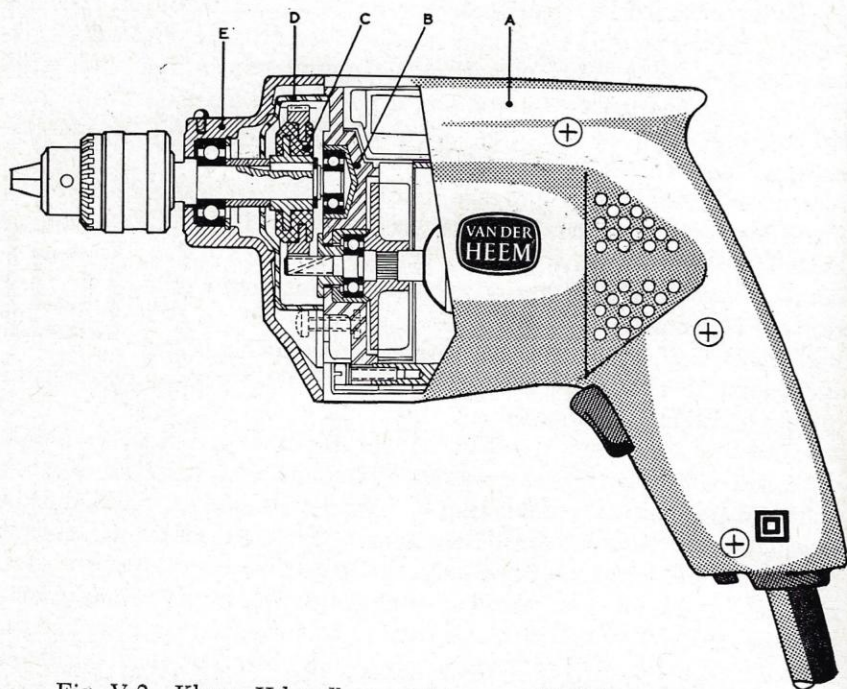


Fig. V-2. Klasse II-handboormachine van Nederlands fabrikaat.

degenen onder de lezers die dit gereedschap veel repareren of laten repareren, beamen. Bij elektrisch handgereedschap, dat bijv. even opgeborgen wordt in een bak of tas waarin zich kleine schroefjes, ringetjes e.d. bevinden, is het soms niet te voorkomen dat iets naar binnen gaat. Het enig juiste advies aan de klant is dan ook, dit gereedschap niet „zo maar” ergens in te leggen. Voor de koeling van de seriemotor moeten nu eenmaal openingen aanwezig zijn. Deze vaak kleine koelopeningen verdienen ook de speciale aandacht, als de klant klaagt over te heet worden. Bij langdurig gebruik (bijv. bij slijp- of polijstwerkzaamheden), kan het nl. voorkomen, dat door vervuiling meerdere openingen dicht zijn gaan zitten. Demontage van het onderdeel waarin de koelopeningen

zitten en weer montage na grondige reiniging zal betekenen, dat de machine weer zijn normale werktemperatuur bereikt.

#### 4. De bedrading.

De keuze van dit onderwerp werd ingegeven door het resultaat van een aantal steekproeven, genomen op een groot aantal gerepareerde of gereviseerde producten. Aan dit onderzoek verleenden ruim tien service-werkplaatsen hun medewerking. Van elk van deze werkplaatsen was bekend, dat de leiding stond op een snelle en vakkundige service. Bij het onderzoek werd vooral gelet op wat de reparateur fout had gedaan of minder goed, waardoor de kans bestond op onvoldoende bedrijfszekerheid en mogelijk onveiligheid.

Uit de genomen steekproeven bleek, dat de kans dat de eigenaars op korte termijn een herhaalde reparatie aan hun toestellen zouden moeten laten verrichten, uiterst gering was. Deze gunstige uitslag was mede te danken aan het feit, dat vele gerepareerde toestellen onmiddellijk waren voorzien van nieuwe originele onderdelen. Bij stofzuigers bijv. werden complete fabrieksnieuwe aggregaten aangetroffen. Met de veiligheid echter was het veel ernstiger gesteld. Hoewel geen enkel toestel faalde bij de hoogspanningsproef met 1500 V ~ gedurende 1 min ter beproefing van de isolatie tussen de spanningvoerende en de aanraakbare metalen delen (bij geheel geïsoleerde toestellen een aluminiumfolie om het uitwendige), bleek bij 11% van de onderzochte toestellen de aangebrachte bedrading danig te spotten met de meest elementaire veiligheidsbeginselen. Dit klopte dus helaas met onze analyse van de dodelijke ongelukken, die door huishoudelijke toestellen met een elektromotor worden veroorzaakt. De bij reparatie aangebrachte bedrading speelt daarbij een grote rol. Daarom vestigen wij hierop nog eens speciaal de aandacht.

Aangezien de veiligheidsproblemen bij alle huishoudelijke toestellen, aangedreven door een elektromotor, voor wat betreft de bedrading gelijk zijn, nemen wij één toestel als voorbeeld, nl. de stofzuiger. Dit apparaat is zo in de huishouding doorgedrongen, dat het in elke service-werkplaats regelmatig ter revisie wordt aangeboden.

Elke bedrading heeft een begin en een eind. Neem eens de draad die van de motor naar de enkelpolige in- en uitschakelaar gaat. Deze begint (of eindigt) bij de statorspoel van de motor. Meestal voorziet de fabrikant deze spoel van twee korte uitlopers. Een uitloper is met een van de borstelhouders verbonden, de andere met bovengenoemde draad. Deze verbinding is meestal door tin tot stand gebracht: de aan elkaar te solderen uiteinden zijn na zorgvuldige reiniging vertind, waarna een las-spiraal (zie fig. V-7) erom is gedaan en de las gesoldeerd.

Nu de andere zijde van de draad, dus het uiteinde dat naar de net-schakelaar gaat. Deze schakelaar is voorzien van contactschroeven, waaronder de vertinde draad moet worden geklemd. Bij de verbinding met een contactschroef dient men zich altijd te realiseren dat deze kan lostrillen, waardoor de draad eronder vandaan kan schieten. Dit is niet helemaal op te vangen door toepassing van een verende sluitring, want het is bekend dat elke vertinde draad onder mechanische druk dunner wordt waardoor, ook al trilt de schroef niet los, de draad eronderuit kan raken. Vlak bij elke schroefverbinding moet men de draad dus zo vastklemmen, dat het losgeschoten draadeinde nooit tegen een aanraakbaar metalen gedeelte kan komen wanneer de stofzuiger

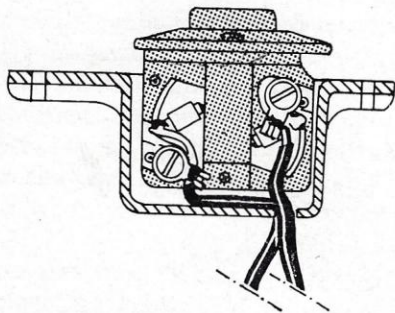


Fig. V-3. Zelfs bij lostrillen van de contactschroef in de schakelaar kan de spanningvoerende draad niet in aanraking komen met uitwendige metalen delen.

is samengesteld. Een constructief volkomen veilige bevestiging van de uitloper van de motor naar de contactschroeven van de schakelaar is in fig. V-3 getekend. De voetschakelaar is gemonteerd in een bakelieten isolatiebakje. Dit bakje heeft in de bodem twee kleine ronde gaten, groot genoeg voor het doorlaten van de geïsoleerde draad met daaroverheen als extra isolatie een plastic kous. De gaten zijn echter zo klein, dat een

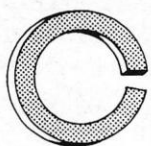


Fig. V-4. Verende sluitring: goed en goedkoop.

aan de uitloper bevestigde soldeerlip er niet door kan, indien de draad los mocht werken. De spanningvoerende uitloper kan zo dus niet uit het isolatiebakje schieten en in aanraking komen met metalen stofzuigerdelen, zoals ketel of achterkap. Bij het monteren schuift men eerst de draad door de opening in het aansluitbakje, vervolgens soldeert men er een soldeerlip van de juiste grootte aan en dan kan men de draad aan de schakelaar bevestigen. Op deze wijze ontstaat er nooit een onveilige situatie. Wel zal de klant als er een contactschroefje los-trilt dan komen met de mededeling, dat de stofzuiger alleen draait indien men er een klap op geeft. Ook deze klacht kan echter worden voorkomen door onder de contactschroeven een verend sluitringetje te monteren. Kies daarvoor de goedkoopste uitvoering. Onze ervaring heeft geleerd, dat een verende tandkrans ondanks zijn hogere prijs schroeven minder goed borgt dan de gewone verende sluitring (fig. V-4).

Bij verbindingen met contactschroeven ten slotte, moet men uiteraard de uitlopers van de draad vertinnen om te voorkomen dat uitstekende litzedraadjes sluiting tussen de fasen of tegen het motorgestel kunnen veroorzaken. Deze opmerking lijkt misschien overbodig, maar uit onze steekproeven bleek, dat er bedrijven zijn waar men dit niet weet of althans deze wetenschap niet toepast.

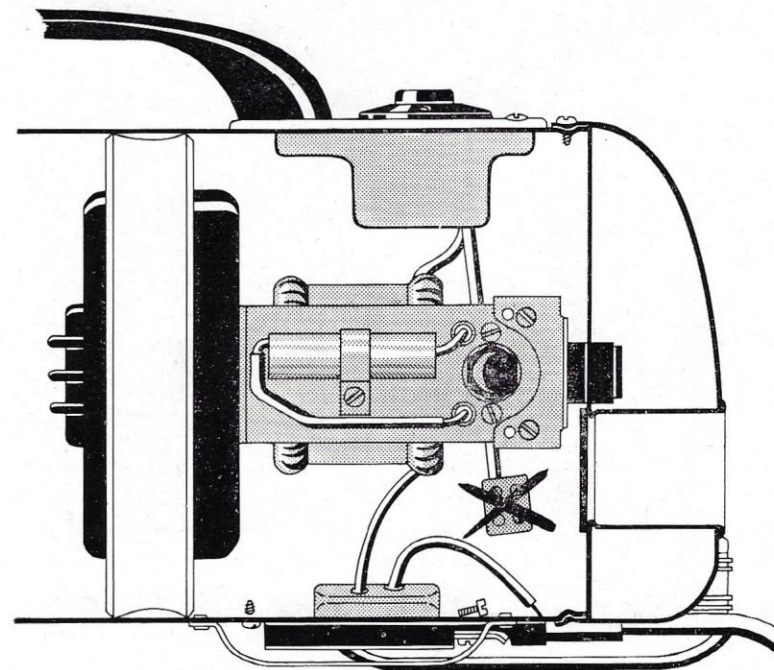


Fig. V-5. Onveilige bedrading in een gerepareerde stofzuiger, als gevolg van de toepassing van een kroonsteentje.

Er zijn op dit thema allicht vele variaties mogelijk, als men zich bij elke schroefverbinding maar realiseert, dat er geen onveilige situatie mag kunnen ontstaan als het blanke draadeinde onder de contactschroef vandaan is geschoten. Zo kan men ook begrijpen, dat de reparateur die bij de vervanging van een versleten stofzuigeraggregaat de draaduitlopers van de defecte motor doorknipt om daarna de uitlopers van de nieuwe motor met een kroonsteentje te verbinden met de afgeknipte draden in het stofzuigerhuis, geheel foutief te werk gaat. Het is immers zonder meer duidelijk dat de schroefjes in het kroonsteentje los kunnen trillen. Fig. V-5 geeft hiervan een duidelijk voorbeeld. Zelfs al maakt men gebruik van een kroonsteentje waar de losgelopen contactschroef niet uit

kan vallen, dan kan toch de hier getekende situatie ontstaan dat een blank draadeind in contact komt met de metalen ketel of met een ander aanraakbaar metalen stofzuigeronderdeel.

In fig. V-6 is duidelijk getekend hoe men in zo'n situatie dient te handelen. Men moet tussen de aansluitbevestiging van het netsnoer en de schakelaar een nieuwe leiding aanbrengen. Deze leiding voorziet men

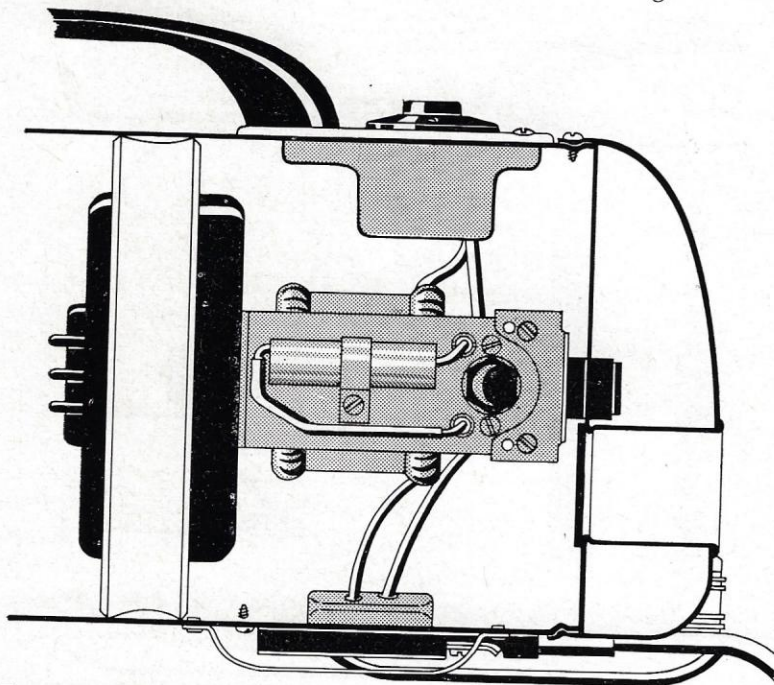


Fig. V-6. Veilig gerepareerde bedrading in een stofzuiger. De onderbroken draaduitloper werd in zijn geheel vervangen.

bovendien van een extra plastic kous van zodanige lengte, dat deze niet verschuiven kan. Komt nu zo'n dubbelgeïsoleerde uitloper tegen de metalen ketel of achterkap van de stofzuiger, dan is althans wat betreft de bedrading gehandeld volgens het z.g. dubbele-isolatieprincipe.

Bij de behandeling van de klasse II-toestellen werd duidelijk vermeld, dat deze toestellen voorzien moeten zijn van twee isolaties: de functionele isolatie en de beschermende isolatie (of van één isolatie, die wat doorslagspanning en duurzaamheid aan deze beide isolaties gelijkwaardig is). Betreft de reparatie dus bijv. een stofzuiger van klasse 0-I, waarvan de bedrading in aanraking komen kan met de eventueel aanwezige

metalen achterkap of met de ketel, dan verdient het aanbeveling dit klasse II-principe toe te passen op de gehele te monteren bedrading. Men gaat dan uit van een geïsoleerde draad (de functionele isolatie) en men monteert als beschermende isolatie over de gehele lengte van de draad een plastic of oliekous.

In het inwendige van een motor, waarvan men weet dat deze geïsoleerd is opgehangen, kan men dus een soldeerlas isoleren met een enkele oliekous, uiteraard van een zodanige lengte dat hij nooit van de las kan schuiven. Met opzet spreken wij hier van een oliekous. Tegenover de grote voordelen van een plastic kous (de zeer hoge doorslagspanning per mm wanddikte en de ongevoeligheid voor vocht) staat nl. het nadeel, dat bij voortdurende druk de wanddikte van plastic geringer wordt, d.w.z. dat een ergens onder of tussen geklemde plastic kous onherroepelijk gaat „kruipen”. De kous kan dan mechanisch zo zwak worden, dat blanke delen van de las er doorheen komen. Bovendien is de temperatuurbestendigheid van een plastic kous geringer dan van een oliekous, hetgeen juist in het inwendige van een elektromotor gevaar kan opleveren. Er treden immers bedrijfstemperaturen op, die een leek zullen verbazen.

Uit het oogpunt van brandgevaar staan de veiligheidskeurbureaus voor motorwikkelingen met een conventionele isolatie een temperatuurstijging van  $60^{\circ}\text{C}$  toe t.o.v. de omgevingstemperatuur. Dit betekent, dat in ons klimaat een temperatuur van  $90^{\circ}\text{C}$  in het inwendige van in de huishouding gebruikte elektromotoren normaal is, terwijl het zal voorkomen dat deze bedrijfstemperatuur nog zal worden overschreden. Bij een stofzuiger bijv. wordt de klacht van „hij zuigt niet meer” (met geen andere oorzaak dan een massief volle stofzak) in elk service-bedrijf wel eens gehoord. In zo'n geval neemt de stofzuigermotor wel minder vermogen op, maar de temperatuur van de motorwikkelingen zal toch zeer hoog oplopen omdat er onvoldoende koellucht via de volle stofzak kan worden aangezogen.

Ook een eenvoudige handmixer kan worden overbelast en daardoor (te) heet worden, door bijv. te blijven doorkloppen als de room al stijf is geworden. Een ander voorbeeld is de vloerwrijver. In de bijbehorende gebruiksaanwijzing staat wel, dat bij de vloerbehandeling zeer weinig was moet worden gebruikt en dat deze eerst de gelegenheid moet hebben om in de vloer te trekken, maar niettemin komt het veelvuldig voor dat te veel was wordt gebruikt en dat direct na de wasbehandeling van de vloer wordt begonnen met het uitwrijven. In dat geval wordt de motor van de vloerwrijver zwaar overbelast: het toerental daalt, het opgenomen vermogen stijgt zeer sterk en de koelwaaier op de te langzaam draaiende ankeras levert te weinig koellucht.

Het behoort uiteraard ook tot de taak van de vakhandelaar om bij het constateren van zo'n „mishandeling” de klant hierop te wijzen. Natuurlijk is ook hier voorkomen beter dan genezen, zodat in een deskundig bedrijf het vakbekwaam verkooppersoneel de koper reeds bij de verkoop op de kritieke punten zal wijzen ook al staan ze in de gebruiksaanwijzing vermeld. Het moet immers voldoende bekend worden geacht, dat het publiek deze niet of onvoldoende leest, zelfs al gaat het om toestellen (bijv. wasautomaten), waarvan de aanschaffingsprijs boven f 1000,— ligt.

#### De goede draadlas.

Ook de lengte van de bedrading speelt bij een goede beveiliging een grote rol. Als men een stofzuiger heeft, waarvan de schakelaar gemonteerd is in de achterkap, dan heeft elke reparateur de neiging om een lange uitloper te nemen, want „dat monteert zo gemakkelijk”. Inderdaad: gemakkelijk, maar zeer onveilig. Allereerst is de kans groot, dat de gemakzuchtige monteur zo'n lange uitloper bij het monteren van de achterkap op de ketel niet goed in de gaten houdt. Het gevolg kan zijn een verklemde draad tussen ketel en kap, waardoor op den duur de isolatie (ook al is de uitloper dubbelgeïsoleerd) zal doorslijten en de blanke draad de uitwendige metalen stofzuigerdelen onder spanning zal zetten.

Eigenlijk is er maar één goede methode: nooit een las in de bedrading; monteer liever een nieuwe draad zonder las. Uit ervaring weten wij echter, dat er zich wel eens omstandigheden voordoen waarbij toch een las aangebracht moet worden. Wij adviseren dan een soldeerverbinding met gebruik van een z.g. lasspiraal. In fig. V-7 is zo'n lasspiraal weergegeven (ter wille van de duidelijkheid zijn de windingen niet tegen elkaar getekend), omdat hiervan in service-werkplaatsen naar onze mening te weinig gebruik wordt gemaakt. Men „plakt” vaak de draad-einden aan elkaar en geeft de soldeer niet de tijd om goed door te vloeien. Zonder lasspiraal heeft men dan ook eigenlijk drie handen nodig: twee voor de uitlopers en een voor de soldeerbout. Bij gebruik van een lasspiraal zijn twee handen voldoende en kan er dus sneller, efficiënter en voor de klant veel veiliger worden gewerkt. Een „geplakte” las heeft in een trillend apparaat als een stofzuiger immers alle kans om los te gaan. In het gunstigste geval betekent zulks een niet werkende stofzuiger. De kans is echter groot dat de losgeschoten draad gaat „kwispelen” en inwendig in aanraking komt met metalen delen van kap of ketel. Aangezien een stofzuiger altijd slechts voorzien is van een enkelpolige schakelaar, betekent dit dat volle netspanning op de buitenkant van het apparaat komt te staan, zodra de contactstop in de wandcontactdoos wordt gestoken.

In fig. V-7 is tevens aangegeven hoe men een las moet isoleren. Er is uitgegaan van de allerongunstigste omstandigheid, waarbij men na het solderen en isoleren van de las niet in staat is over de gehele uitloper een extra isolatie aan te brengen. Hieronder wordt hier dus verstaan een plastic kous, die door een voldoende lengte niet verschuiven kan. In de figuur zijn door solderen met een lasspiraal de uitlopers aan elkaar ver-

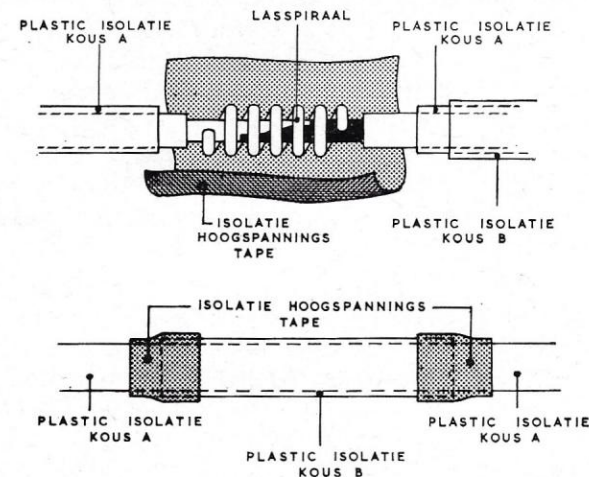


Fig. V-7. Indien men gedwongen is in de bedrading van een elektrisch toestel een las aan te brengen, dient men deze van twee onderling verschillende isolatiematerialen (bijv. hoogspanningstape en plastic kous) te voorzien.

bonden. Over de blanke las wordt een hoogwaardige isolatietape (bijv. Scotch Electrical Tape nr. 33) aangebracht. Voor de duidelijkheid is de tape in de bovenste figuur in langsrichting opengesneden. Deze moet zodanig om de las worden gewikkeld, dat alle blanke delen beschermd zijn door twee lagen. De plastic isolatiekous A is de originele isolatie, die voor het maken van de las moest worden doorgesneden. Vóór het solderen heeft men over een van de uitlopers de plastic isolatiekous B geschoven. Na het isoleren met tape schuift men kous B over de las. Om te voorkomen dat deze extra isolatie van de las kan schuiven, voorziet men deze aan de uiteinden van tape.

Het eerder vermelde onderzoek heeft ons geleerd, dat bij het isoleren van soldeerlassen de meeste fouten worden gemaakt. Men isoleert met een kort oliëkousje en daarmee is het dan „af”. Een enkele reparateur had het nog veiliger willen doen en gebruik gemaakt van een vrij nauwe

maat oliekous, die met moeite over de las kon worden geschoven. De meesten hadden echter een ruim stukje oliekous genomen, waarbij zij zich niet hadden gerealiseerd, dat zo'n korte oliekous waardeloos is omdat men deze zo van de las af kan schuiven.

Nog een laatste waarschuwing bij een soldeerverbinding. Zelfs bij gebruik van een lasspiraal kan men na het solderen wel eens een scherpe, uitstekende soldeerpunt krijgen. Schuift men hierover een isolatiekous, dan zal deze punt op den duur door de isolatie heen komen en zo het gevaar opleveren, dat via de bedrading spanning op het gerepareerde toestel komt. Zo'n soldeerpunt moet dus worden voorkomen door de reparateur goed te instrueren en hem steekproefsgewijs te controleren of hij volgens de verkregen instructies te werk gaat.

De opmerkzame lezer zal tot slot overigens wel geconstateerd hebben, dat wij aan een lasverbinding in het algemeen verre de voorkeur geven boven een verbinding d.m.v. contactschroeven.

### 5. De montage van de ontstoringcondensator.

Bij de behandeling van het ontstoren van elektromotoren (zie blz. 89 e.v.) werd de ontstoringcondensator als een zeer goed middel tegen de

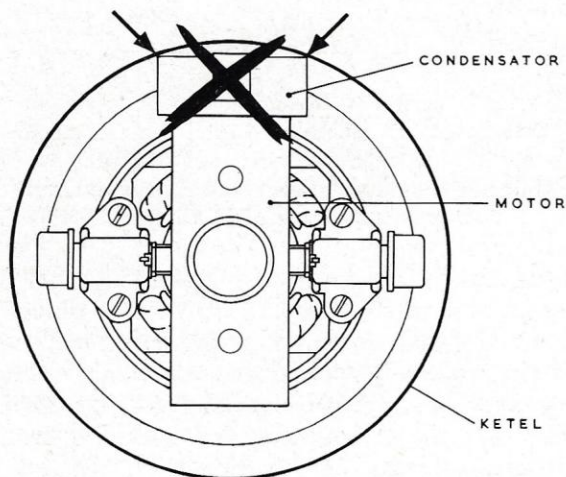


Fig. V-8. Door foutieve montage overbrugt het metalen huis van de ontstoringcondensator de beschermende isolatie tussen motorframe en metalen ketel.

stoorspanning van vonkende koolborstels vermeld. Vaak is een ontstoringcondensator samengesteld uit meerdere condensatoren, ondergebracht in één (meestal metalen) koker. Ter onderdrukking van de

asymmetrische stoorspanningscomponent bevat zo'n ontstoringcondensator meestal twee condensatoren die geschakeld moeten worden tussen de netdraden en het motorgestel. Hiertoe bezit de ontstoringcondensator o.a. een draad, die met een motorgestel verbonden moet worden. Uit de reeds eerder vermelde steekproef op gerepareerde produkten bleek wederom, dat de elektrische aansluiting in het algemeen goed en

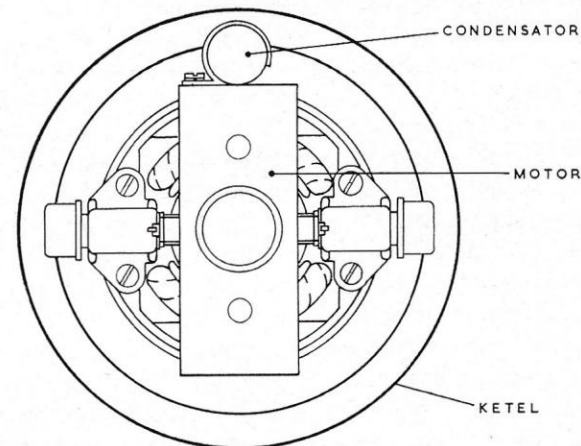


Fig. V-9. Goed gemonteerde ontstoringcondensator. De afstand tussen de metalen bevestigingsbeugel en de metalen ketel moet bij voorkeur minstens 10 mm zijn.

veilig plaatsvindt, maar dat de montage veel te wensen overlaat. Daarom uit veiligheidsoverwegingen allereerst iets over de aansluiting van deze uitloper. Deze mag nooit verbonden worden met aanraakbare metalen toestelgedelen. Indien dit zou gebeuren terwijl deze niet geaard zijn, dan zou de gebruiker zeer duidelijk de lekstroom voelen, die van de fase draad via de condensator naar de aangeraakte metalen delen vloeit. Bovendien zou dan de isolatie tussen de volle netspanning en de gebruiker slechts uit een zeer dun laagje papier (zie ook blz. 165) bestaan.

Ook het metalen huis van de condensator vormt bij foutieve montage een groot gevaar. In fig. V-8 wordt dit toegelicht. Als voorbeeld is wederom de stofzuiger gekozen, omdat dit toestel een seriemotor bevat, die nu eenmaal onstoorbaar moet worden. De montage heeft dwars plaatsgevonden; de aluminium koker van de condensator is via de door de fabrikant eraan gesoldeerde metalen beugel geleidend met het motorgestel verbonden. Beziet men de tekening aandachtig, dan constateert men dat door de foutieve montage de beschermende isolatie tussen de

metalen ketel en de metalen delen van de motor overbrugd is. Er is dus de levensgevaarlijke situatie ontstaan, dat de gebruiker bij aanraking van de ketel slechts door een uiterst dun laagje papier is gescheiden van de netspanning. Dit klemt des te meer, omdat de service-aantallen van gebroken sleden hebben geleerd, dat een stofzuiger door kinderen vaak misbruikt wordt door „sleetje te rijden”. In dit geval had montage van de condensator in langsricting van de motor moeten plaatsvinden, zoals aangegeven in fig. V-9.

Moet dus een ontstoringscondensator worden vernieuwd of een ander type worden aangebracht (omdat bijv. de klant het toestel ook ontstoord wil hebben voor televisieontvangst), dan moet de reparateur zich goed afvragen hoe de condensator moet worden gemonteerd en ook zichzelf controleren nadat de motor (bij een stofzuiger dus het gehele aggregaat) in het toestel is gemonteerd.

Hoe groot dient nu de afstand tussen condensator en ketel te zijn? De veiligheidskeurbureaus hebben de eis gesteld van minimaal 6 mm, indien de afstand tussen het metalen condensatorhuis en de aanraakbare metalen toesteldelen constructief niet geheel vast ligt. Dit is meestal het geval, wanneer de motor (zoals bij de stofzuiger) verend in rubber is opgehangen. Betreft het een motor die bijv. in bakeliet is opgehangen (zoals wel bij vloerwrijvers voorkomt), dan is de eis, dat deze afstand bij klasse II-toestellen minimaal 4 mm bedraagt. Als deze maat constructief niet geheel vast ligt, menen wij persoonlijk dat bij een gerepareerd produkt (waarvan de rubberisolatiestukken vaak wat „doorgezakt” zijn) de afstand tussen alle delen die geleidend met het motorgestel zijn verbonden en de aanraakbare metalen delen minstens 10 mm moet zijn. Vaak zal men zien dat juist door het metalen condensatorhuis deze afstand van 10 mm niet aangehouden kan worden, maar dat men bijv. slechts de minimaal toegestane waarde van 6 mm haalt. In dat geval kan men het beste de metalen koker van de condensator geheel isoleren door er een stukje krimpplastic overheen te krimpen.

Men treft ook wel ontstoringscondensators aan, die uitwendig een pertinax koker (geïmpregneerd tegen het indringen van vocht) hebben. Bij deze condensatoren moet men weer speciale aandacht besteden aan de vaak metalen bevestigingsbeugel. Deze mag niet een te kleine straal hebben, omdat dan de condensator te veel zou worden ingeknepen met alle kans van een inwendige sluiting, waardoor het motorgestel onder spanning zou kunnen komen.

#### *Hoogspanningsproeven.*

Ten slotte nog iets over het gedrag van ontstoringscondensatoren bij hoogspanningsproeven. Het is wenselijk dat men zijn reparateur op-

dracht geeft, elke gereviseerde motor vóór inbouw te controleren op een eventuele gestelsluiting. Dit levert een aanzienlijke tijdsbesparing op als bij de hoogspanningsproef aan het complete toestel blijkt, dat er een defect is. Deze proef kan men, omdat het een gebruikt toestel betreft, laten uitvoeren met 600 V  $\sim$  gedurende 1 min; voor een ongebruikt toestel echter eisen de veiligheidskeurbureaus een proefspanning van 1500 V  $\sim$  gedurende 1 min (zie tabel op blz. 118).

Tijdens deze hoogspanningsproef zal, omdat bij elke ontstoringscondensator dus condensatoren aanwezig zijn tussen netdraden en motorgestel, de neonindicator van het hoogspanningsapparaat oplichten ten gevolge van de lekstroom, die door deze condensatoren gaat vloeien. Het vereist nu van de reparateur veel ervaring om aan de hand van de gedragingen van deze neonindicator te bepalen of hij te doen heeft met een motor met een gestelsluiting of met een goede motor. Men doet er dan ook verstandig aan, tijdens de hoogspanningsproef van de losse motor de draad die van de ontstoringscondensator naar het motorgestel gaat, los te nemen en dus de condensator niet te beproeven. Dit levert bovendien het voordeel op dat de condensator behouden kan blijven. Een hoogspanningsproef nl. geeft condensatoren eigenlijk „de genadeslag”. Dit is begrijpelijk, als men bedenkt dat een condensator uit twee rollen metaalfolie bestaat, slechts gescheiden door een laagje papier. Wegens zijn destructieve werking behoeft deze proef op condensatoren dan ook slechts steekproefsgewijze genomen te worden door de uitgangscontrole-afdeling van de condensatorfabriek en de ingangscontrole-afdeling van de motorenfabriek. De aldus beproefde condensatoren dienen — ook als ze de proef hebben doorstaan — te worden vernietigd.

#### **6. De eindcontrole aan complete gerepareerde toestellen.**

Deze controle dient als veiligheidscontrole te geschieden aan het slot van een reparatie, d.w.z. pas als het herstelde apparaat geheel gemonteerd is, inclusief de eventueel aanwezige vaste aansluitleiding en contactstop. De controlehandeling bestaat uit een hoogspanningstest tussen enerzijds de aanraakbare metaaldelen en anderzijds de stroomvoerende delen. Zelfs volledig geïsoleerde klasse II-toestellen hebben altijd nog wel aanraakbare metalen delen. Een dubbelgeïsoleerde amateur-handboormachine bijv. heeft toch een boorkop of boorkopas, die men kan aanraken. Eveneens komen bij de meeste geheel geïsoleerde handmixers wel metalen kloppers voor.

Allereerst is echter van belang, dat men het begrip controle ziet in zijn juiste proporties. Controle is nl. niet het tovermiddel waarmee de gebruiker een goed produkt kan worden gegarandeerd. Ook een eind- of veiligheidscontrole waarborgt niet, dat de klant een werkelijk goed

(d.w.z. veilig) gerepareerd toestel wordt geleverd. Het is niet meer dan een aanwijzing voor de leiding van de service-werkplaats, dat de reparateur inderdaad „de veiligheid” in het herstelde apparaat heeft ingebouwd. Belangrijker dan deze eindcontrole is dan ook, dat de reparateur na een juiste instructie tijdens zijn werkzaamheden steekproefsgewijze wordt gecontroleerd of hij naar de veiligheidseisen te werk gaat. Een voorbeeld ter verduidelijking.

Een stofzuiger is voorzien van een nieuw aggregaat. Om de werkzaamheden te bespoedigen werden de aansluitdraden van het defecte aggregaat doorgesneden en zijn de draden van de nieuwe motor d.m.v. een las verbonden aan de oorspronkelijke bedrading. Tegen deze handelwijze behoeft men geen bezwaar te hebben, mits de gesoldeerde las maar zodanig met een plastic kous is geïsoleerd dat deze nooit van de las kan afschuiven (zie ook blz. 126). Indien echter de veel voorkomende fout is gemaakt de las d.m.v. een kort stukje isolatiekous te isoleren, dan behoeft de hoogspanningsproef geenszins aanleiding te geven om het toestel af te keuren en opnieuw open te maken. Wordt nu de gerepareerde stofzuiger afgeleverd, dan is de kans groot dat bij de klant door trillen of schokken de plastic kous verschuift. De bloot liggende las komt dan waarschijnlijk wel in aanraking met de metalen ketel of achterkap, met alle gevolgen van dien. Was de reparateur nu echter regelmatig tijdens zijn werk gecontroleerd, dan had dit kunnen worden voorkomen.

Mocht men door dit ene praktijkvoorbeeld nog niet overtuigd zijn van de betrekkelijke waarde van een uitsluitend toegepaste eindcontrole en denken dat de „werkelijk foute” produkten er toch door de eindcontrole wel uitgehaald worden, dan realiseer men zich dat dit eigenlijk het paard achter de wagen spannen is. Een gerepareerd produkt, dat wederom moet worden onderzocht omdat bijv. een draad verklemd werd gemonteerd, heeft iets van een verknijpte japon. Ook deze wordt nooit meer helemaal goed.

Vervolgens willen wij het feit dat de veiligheidscontrole d.m.v. een hoogspanningsproef ook inderdaad als laatste handeling dient te geschieden eveneens met een recent praktijkgeval toelichten.

Door een installateur werd voor een kleine scheepswerf een enkelgeïsoleerde handboormachine gerepareerd. Dit scheepswerfje had enige van deze machines in gebruik, die door de magazijnmeester voor het gemak waren voorzien van een vrij groot messing schildje met een volgnummer. Het installatiebedrijf had de betreffende boormachine voorzien van een nieuw anker. Tevens was de driederige aansluitleiding (twee fase draden en een aarddraad) vervangen en was conform de in

1962 vervallen overgangseisen van de arbeidsinspectie een extra zichtbare aardleiding aangebracht. Na al deze werkzaamheden was een hoogspanningsproef genomen. Door gebrek aan een bron van hoge spanning had men dit gedaan door onder tussenschakeling van een lamp de netspanning te zetten tussen het aardcontact en één pen van de contactstop. Hierbij was er op toegezien, dat de schakelaar van de machine was ingeschakeld. Na deze proef echter, werd vlak voor de verzending ontdekt dat men vergeten had het messing plaatje met het volgnummer van de magazijnmeester weer aan te brengen. Dit werd erop gezet, niet met de originele bevestigingsboutjes, maar met willekeurige zelftappende schroeven. Deze waren te lang, met het ernstige gevolg dat de punt van een der schroeven tot in een van de statorspoelen doordrong. Dank zij het feit nu, dat in de werkplaats van de scheepswerf overal wandcontactdozen met randaarde waren aangebracht, gebeurde er geen ongeluk, maar smolt alleen een smeltveiligheid door. Was deze machine terecht gekomen bij bijv. een kleine smederij, waar men als men op karwei gaat het met de aarding van zo'n apparaat vaak niet zo nauw neemt, dan had het aanbrengen van dit schildje ná de veiligheidscontrole kunnen leiden tot een dodelijk ongeluk.

Herhaaldelijk is in dit boek ook gewezen op de noodzakelijkheid om na demontage van een motor alle onderdelen weer juist zo te monteren als in de originele staat. Dus geen volgringen of verende sluitringen weglaten, geen ontstoringscondensatoren anders monteren, geen wijzigingen in de bedrading aanbrengen, enz.

Dat hierbij ook de veiligheid in het geding is, zal men begrijpen. Geen enkele reparateur met verantwoordelijkheidsgevoel en een goede service mentaliteit zal bijv. ergens een isolatieplaat weglaten om de montage vlugger te laten verlopen. Maar ook ogenschijnlijk veel minder belangrijke punten kunnen beslissend zijn voor de veiligheid of onveiligheid van een gerepareerd elektrisch apparaat. Bij het toepassen van de veiligheidseisen kan nl. alleen maar worden gesproken van goed of fout; een middenweg is er niet.

Een voorbeeld van een klein detail, dat echter van beslissende betekenis kan zijn, is getekend in fig. V-10. Het betreft hier een bakelieten contactstop met randaarde van een goed merk. De metalen snoerklembeugel is in langsrichting in het midden voorzien van een doordrukking, waarmee men het aansluitsnoer goed kan vastklemmen, zonder dat deze door de scherpe randen van de metalen beugel beschadigd wordt. Monteert men echter de metalen beugel foutief, dan drukken twee zeer scherpe metalen kanten in de aansluitleiding. De rubberisolatie zal daar spoedig bezwijken, waarna de snoerklembeugel voor een prachtige door-

verbinding zorgt. Bij onderlinge kortsluiting van de beide fase draden resulteert deze foutieve montage van de snoerklembeugel in het doorsmelten van de veiligheid in de betreffende groep. Raakt echter één fase draad met de aardader verbonden en wordt bijv. een aan de leiding

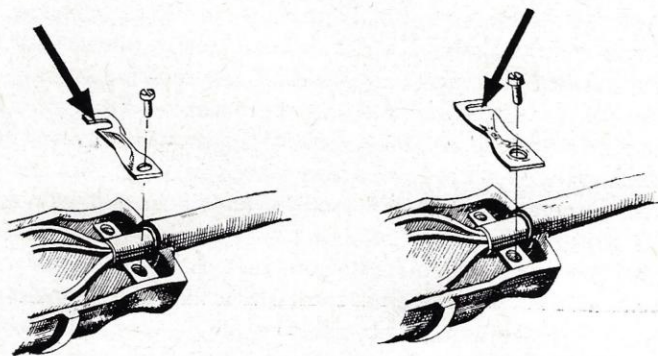


Fig. V-10. Onjuiste montage van een metalen snoerklembeugel kan leiden tot ernstige gevolgen.

verbonden enkelgeïsoleerde amateur-handboormachine gebruikt op een normale wandcontactdoos zonder aarde, dan komt via snoerklembeugel en aarddraad de volle netspanning op de aanraakbare metalen machine-delen. Had men een aangevulcaniseerde contactstop toegepast, dan was deze fout niet mogelijk geweest.

#### *Soort en hoogte van de proefspanning.*

Wij merkten reeds op, dat in een service-werkplaats de veiligheidscontrole moet bestaan uit het aanleggen van een proefspanning tussen stroomvoerende en aanraakbare metalen delen. Deze spanning dient men dus te meten tussen de fase draad en de aanraakbare metalen delen (bij ingeschakelde schakelaar). Hierbij loopt ook de isolatie van de ontstoringcondensator nooit de kans beschadigd te worden. Een ontstoringcondensator mag immers in verplaatsbare elektrische toestellen niet geschakeld worden tussen stroomvoerende en aanraakbare metalen delen, maar moet geschakeld zijn tegen de metaaldelen van de motor, mits deze van de aanraakbare metaaldelen gescheiden zijn door een deugdelijke en duurzame isolatie (zie ook blz. 92).

Als men bij een standenschakelaar (bijv. van een handmixer) niet zeker weet welke stand de grootste snelheid geeft (d.w.z. de stand met stroomdoorgang door alle elektrische delen), dan kan men het beste de hoogspanningsproef tweemaal nemen: eerst tussen de ene pen van de contact-

stop en de aanraakbare metalen delen, daarna tussen de andere pen en deze metaaldelen.

Tot het uitvoeren van deze veiligheidsproef zijn hoogspanningsbeproe- vingsapparaten in de handel. Zij werken volgens voorschrift van het Nederlands veiligheidskeur bureau (de KEMA) met een wisselspanning van 50 Hz. Op blz. 118 heeft men in de tabel gezien met welke spanningen klasse II-toestellen beproefd worden. Ook bij klasse I-toestellen komen veelvuldig constructies voor, waarbij de motor in rubber of in bakeliet is opgehangen. Het is foutief ook hiervoor de spanning van 4000 V  $\sim$  gedurende 1 minuut te nemen, omdat men juist door deze hoge proefspanning de isolatie van het gerepareerde apparaat de geadeslag geeft, waardoor dan de normale netspanning bij de gebruiker de isolatie kan doen bezwijken. De hoge proefspanningen, die de keur- bureaus vereisen voor nieuwe toestellen of voor toestellen onderworpen aan een kleine duurproef van 100 uur, zijn zodanig gekozen, dat ook na lange duur de isolatie nog voldoet aan de eis dat bij aanraking geen ontoelaatbare stroomdoorgang door het menselijk lichaam mag plaats- vinden. Men moet dus een veel lagere waarde kiezen.

Wij adviseren voor gebruikte toestellen een proefspanning van 1500 V  $\sim$  tussen stroomvoerende en aanraakbare metalen delen. In Neder- land is hiervoor (nog) geen nationale regeling; in Duitsland geeft het voorschrift VDE 0740 par. 32 hiervoor een richtlijn. Voor gebruikte elek- trische apparaten waarvan de wikkelingen niet in hun geheel vernieuwd zijn, wordt aldaar voorgeschreven  $1,5 \times$  de nominale spanning met een minimum van 600 V.

#### **7. Enige service-wenken in verband met de veiligheid.**

Het feit dat de in dit boek besproken toestellen verplaatsbaar zijn, be- tekent dat de vakman dubbel moet oppassen. Immers, verplaatsbare toestellen staan – met inbegrip van hun aansluitleiding – uit de aard van hun gebruik aan een ruwere behandeling bloot dan vaste toestellen. De vakman die een door een motor aangedreven huishoudelijk elektrisch apparaat verkoopt, dient dus de aanstaande gebruiker duidelijk voor te lichten en hem op de kritieke punten te wijzen. Alles heeft onderhoud nodig, alles kan defect raken en *alles vereist deskundig onderhoud*. Of men daarbij wijzen moet op de mogelijkheid van preventief onderhoud (te verrichten door een vakman of door de fabrieksservice-organisatie) of op de noodzakelijkheid een onverhoopt optredende storing door een vakman te laten verhelpen, hangt mede af van het soort appa- raat.

Vaak kunnen kleinigheden tot ernstige gevolgen aanleiding geven. Het transmissiehuis van de in fig. V-2 afgebeelde dubbelgeïsoleerde hand-

boormachine bijv. (blz. 120) is gevuld met een speciale vetsoort voor de tandwielen. Het woord „speciaal” dient men niet letterlijk te nemen, want dit vet is overal in de handel verkrijgbaar; ook al neemt een reparateur het niet zo nauw en denkt: „Als er maar een klodder vet in gaat, is het goed”, dan heeft door de huidige hoogwaardige staalsoorten het gebruik van een willekeurige vetsoort meestal geen verhoogde slijtage ten gevolge. De veiligheid van de gebruiker echter kan in gevaar worden gebracht als de reparateur grafietvet aanwendt, aangezien in dit vet (elektrisch geleidende) kool is verwerkt, waardoor in het transmissiehuis de beschermende isolatie tussen anker en boorkopas in enige mate overbrugd wordt. Bij een gestelsluiting in de ankerwikkeling zal men dan, wanneer men het transmissiehuis aanraakt, wel degelijk de netspanning kunnen voelen. Gelukkig is grafietvet niet zo geleidend, dat in zo'n geval een ontoelaatbaar grote elektrische stroom vloeit, maar als men ergens hoog in een bouwwerk schrikt door een geringe elektrische stroomdoorgang door het lichaam, kan een dodelijke val daarvan het gevolg zijn.

Telkens als men in de dagbladvelders leest, dat een dodelijk ongeval heeft plaats gevonden doordat een leek-huisvader heeft getracht een elektrisch toestel te repareren, dient men zich te realiseren, dat een dergelijk ongeluk misschien voorkomen had kunnen worden, als de verbruiker door de installateur erop gewezen was, dat elke reparatie vakkennis vereist. Bij verplaatsbare toestellen moet men hierop speciaal de aandacht vestigen, omdat de ervaring heeft geleerd, dat bij dit type apparaten de leek veel eerder neiging heeft om zelf iets te doen dan bij vaste toestellen. Dit laatste type toestel wordt nl. als regel uitsluitend door vakmensen geïnstalleerd en gerepareerd.

Ook het feit dat men moeilijk vakbekwaam personeel kan krijgen, mag geen reden zijn om te denken: „Het is wel prettig als de klant even zelf die ingebouwde schakelaar repareert.” Het kan hier immers om menselijke levens gaan. Beschikt men niet over voldoende technisch geschoold personeel, dan zal de betreffende service-organisatie de reparatie snel en deskundig kunnen verrichten. Omdat bij het repareren van huishoudelijke toestellen, aangedreven door een elektromotor, het punt veiligheid dus de grootste aandacht vereist, kan het uit dien hoofde zelfs aanbeveling verdienen, dat men de activiteiten in de eigen service-werkplaats beperkt tot het verlenen van „eerste hulp” en dat men alle ingrijpendere reparaties uitbesteedt bij de fabrieksservice-dienst. Het is daarbij uiteraard van het grootste belang, dat men zich, alvorens een bepaald merk in zijn verkoopprogramma op te nemen, ervan overtuigd heeft dat de betreffende fabriek de detaillisten steunt met een snelle service tegen een redelijke prijs.

Tot „eerste hulp” rekent men bijv. vervanging van de aansluitleiding of van de contactstop, hetgeen men dus bij voorkeur uitvoert in de eigen service-werkplaats. Daarover hieronder nog enkele aanwijzingen:

Bij elke reparatie dient te worden nagegaan of de aansluitleiding en de contactstop intact is en in de originele staat. Twijfelt men aan dit laatste punt, raadpleeg dan de service-documentatie van het betreffende produkt en vervang zonodig de leiding en de contactstop door een nieuw exemplaar van het juiste type.

Indien het in reparatie zijnde toestel mag worden aangesloten op een wandcontactdoos zonder en op een wandcontactdoos met aarde, zonder dat de aanraakbare delen worden geaard, dan moet men dus een contactstop toepassen die in beide contactdozen past. De normalisatie van dit type contactstop is internationaal in voorbereiding en ook in service-werkplaatsen komt men deze uitvoeringsvorm al tegen. Het toepassen van een normale contactstop met aardcontact zonder dit contact verder aan te sluiten is dan onjuist, omdat dit voor leken die het nog veiliger willen doen een stimulans zal zijn om het „vergeten” aardcontact provisorisch te verbinden met de aanraakbare metalen delen van het toestel.

Om te voorkomen dat dit type contactstop zonder aardcontact, maar passend in wandcontactdozen met of zonder randaarde, wordt toegepast bij een klasse I-apparaat in een gevaarlijke ruimte (bijv. een wasmachine in een keuken), is het alleen in de handel verkrijgbaar als een onverbreekelijk geheel met een tweeadelige aansluitleiding. Men kan hiervoor kiezen of wel de aangevulcaniseerde vorm (zie fig. V-1C) of wel een constructie van bakeliet, welke eenmalig en met speciaal gereedschap (meestal roterend felsgereedschap) in de fabriek is gemonteerd aan een aansluitleiding van rubber of plastic. Dit type contactstop met de daaraan verbonden aansluitleiding, zou o.i. volgens wettelijk voorschrift als vaste leiding moeten worden toegepast bij klasse II-toestellen. Losse aansluitleidingen met deze contactstop kunnen nl. door de leek-gebruiker ook worden aangebracht aan klasse I-toestellen, als deze voorzien zijn van een toestelcontactdoos waarop een losse leiding kan worden aangesloten.

Ook uit service-oogpunt is een losse of vaste leiding van belang. Tegenover het voordeel van een los snoer, dat de klant alleen maar even bij de installateur behoeft af te geven als het een onderbreking heeft, staat het zeer grote nadeel, dat men zo'n los snoer voor verschillende apparaten kan gebruiken. Uiteraard is bijv. de bakelieten toestelcontactstop van de aansluitleiding van een stofzuiger niet bestand tegen de hoge temperaturen van een strijkijzer. Daardoor gaat het bakeliet „blazen” en branden de contacten in. De klant heeft dan veel kosten, omdat in dat geval niet alleen de toestelcontactstop vernieuwd moet worden, maar

ook de vaste aansluitpennen van het toestel zelf, die door het slechte contact ingevreten en defect raken.

Aansluitleidingen in combinatie met contactstoppen zijn dus niet alleen belangrijk voor de fabrikant en voor de veiligheidskeurbureaus, maar vereisen in elke service-werkplaats bij elke reparatie aan een huishoudelijk toestel ook de volle aandacht van de reparateur.

## Hoofdstuk VI

### DE SERVICE-WERKPLAATS

#### 1. De inrichting.

Een bekend gezegde luidt: „Goed gereedschap is het halve werk.” Wij zouden hier bijna aan willen toevoegen, dat een goede werkplaatsinrichting de andere helft is. Door de arbeidsinspectie worden bepaalde eisen aan werkruimten gesteld, maar dit moet men zien als het minimum om een werkvergunning te krijgen.

Wil men in een service-werkplaats voor huishoudelijke apparaten een prettige sfeer kweken waarin het personeel genegen is met plezier kwaliteitswerk af te leveren, dan moet zo'n werkplaats ruim zijn, veel daglicht hebben en goed geventileerd kunnen worden.

Iedere reparateur heeft een eigen werkbank nodig. Deze tafel moet loodrecht op de ramen worden opgesteld, zodanig dat het daglicht voor de reparateur van links komt. De goede algemene kunstverlichting van de werkplaats (met uiteraard licht gekleurde wanden) moet gecombineerd worden met boven iedere reparateur een lichtbak met twee TL-buizen van 40 W. Deze lichtbak moet zodanig worden opgehangen, dat het midden van de bak gelijk hangt met de voorzijde van de werkbank. Door deze plaatsing wordt het te repareren apparaat goed beschenen, terwijl geen schaduwen van het hoofd en/of de romp van de reparateur op de werkbank vallen (zie fig. VI-1).

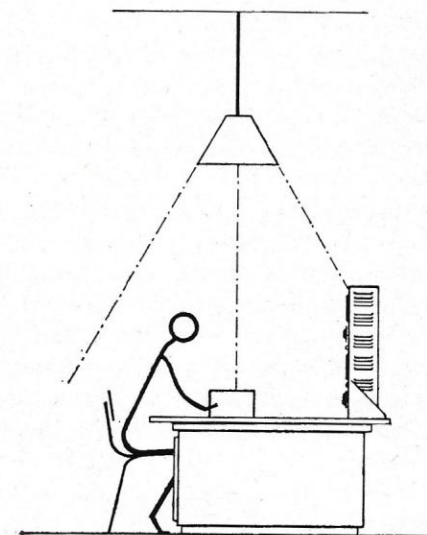


Fig. VI-1. Naast de algemene verlichting moet boven elke werktafel in een service-werkplaats op de juiste plaats een TL-verlichting worden aangebracht.

De noodzaak van voldoende ruimte behoeft geen nadere toelichting. In elke te kleine werkruimte ontstaat een rommelige sfeer. Wanneer men de service beschouwt als bijzaak en ergens achter in de winkel in een verloren hoek een werkbankje aanbrengt, dan zal men ook alleen personeel kunnen krijgen, dat zijn werk als bijzaak beschouwt. Dit betekent slecht werk, hetgeen de klanten naar een concurrent drijft. Als men dus huishoudelijke apparaten verkoopt of gaat verkopen, zal men zich terdege moeten realiseren dat daarbij ook de mogelijkheid tot een goede service-verlening absoluut noodzakelijk is. Daarbij is men uiteraard vrij in de keuze of men een werkplaats gaat inrichten, waar bijna alle reparaties (met uitzondering bijv. van het wikkelnwerk) kunnen worden verricht, of dat men een werkplaats inricht voor het „EHBO”-werk, waar men bij iets ingrijpender reparaties als motordefecten, terugvalt op de fabrieksservice-dienst. Vaak is dit laatste aan te bevelen, omdat daardoor de investeringen voor meetapparatuur en de voorraad reserveonderdelen veel geringer kunnen zijn. Maar welke werkplaats men ook kiest, altijd zal het er zó moeten zijn, dat de klanten snel en vakkundig kunnen worden geholpen.

Een mooi voorbeeld van goede service-verlening verschaffen de modern ingerichte opticienswinkels. Vaak is achter de winkel een „open” werkplaats, waar het publiek vrij naar binnen kan kijken. Op die manier wordt het personeel wel gedwongen altijd voor een opgeruimde werkplaats en voor goede en schone werkkleding zorg te dragen. In onze branche zijn dergelijke open werkplaatsen (nog) geen gewoonte, maar dat neemt niet weg, dat men erop moet toezien, dat orde en netheid begrippen zijn die het werkplaatspersoneel kent.

Het punt goede ventilatie verdient een nadere toelichting. Bij huishoudelijke apparaten komt een toestel voor, dat meestal zeer vuil in de werkplaats ter reparatie wordt aangeboden, de stofzuiger. De spreekwoordelijke Hollandse zindelijkheid gaat meestal niet zo ver, dat het publiek eerst de stofzak leegmaakt alvorens het een defecte stofzuiger komt brengen. Er moet dus een gelegenheid zijn om een dergelijke volle zak stofvrij te ledigen. Een punt dat zeker het overwegen waard is, is weggooien van elke stofzak en deze vervangen door een nieuwe. De reparateur zal er dankbaar voor zijn en ook de klant is er mee gebaat. Vaak moet men toch de stofzuiger een nieuw aggregaat geven of het oude aggregaat reviseren. In beide gevallen betekent dit, dat het zuigvermogen zal komen te liggen op de waarde van een fabrieksnieuwe stofzuiger, terwijl de stofzak echter door het vele malen leegmaken gesleten is, waardoor de stofdoorlaatbaarheid groter is geworden. Dit kan zeer ernstige gevolgen hebben voor de legers van de nieuwe of gereviseerde motor. Uiteraard behoeft de stofzak van textiel niet te worden

vervangen, als men constateert dat de klant het gebruik hiervan regelmatig gecombineerd heeft met een papieren stofzak.

Bepaald geen goede service-verlening is het, de stofzak niet te ledigen of te vervangen, maar deze na de reparatie weer in volle toestand te monteren. Bovendien kan zo het euvel van een door de huisvrouw aan-gebrachte reparatie onopgemerkt blijven. Wanneer bijv. een opgezogen stukje gloeiende steenkool een gat in de zak heeft gebrand, komt het meermalen voor dat men dit door opnaaien van een stukje textiel meent te kunnen herstellen. Stofzakken bestaan echter uit speciaal voor dit doel geweven textiel, waarvan de dichtheid door de stofzuigerfabrikant wordt bepaald en aangepast aan het zuigvermogen van het betreffende aggregaat, zodat (ook bij een volle stofzak) een minimale stofdoorlaatbaarheid bij een maximale luchtdoorlaatbaarheid wordt bereikt. Het stukje textiel dat de huisvrouw op een gat heeft genaaid, mist meestal deze eigenschappen; het is bij een volle en vuile stofzak vaak onzichtbaar, maar laat vooral op de stiknaden zoveel stof door, dat het voorste kogelleger van het aggregaat snel vervuult en ook een gereviseerde stofzuigermotor dus spoedig weer onklaar raakt. De herhaalde reparatie die hiervan dan het gevolg is, kan men zijn klanten niet in rekening brengen, terwijl bovendien het vakmanschap van de reparateur in twijfel wordt getrokken.

Een service-werkplaats moet er dus even netjes uitzien als een opticiens-werkplaats, alleen al om te garanderen, dat nieuwe kogellegers stofvrij in de motoren worden gemonteerd. Een ander schoonmaakpunt is het verwijderen van aangekleefd vuil aan motoronderdelen. Als men niet te grote aantallen motoren moet repareren, dan kan men volstaan met dit te doen in een bakje met petroleum en een kwast. Heeft men grotere aantallen, dan dient een machine te worden aangeschaft die onder grote druk een ontvettingsvloeistof spuit op de vuile motoronderdelen. In beide gevallen dient men een goede afzuiginrichting aan te brengen, zodat de dampen niet in de werkplaats blijven hangen.

Ook aan de bescherming van de handen van de reparateurs tijdens dit schoonmaken moet, indien men niet beschikt over een machine, aandacht worden besteed. Om infectie te voorkomen kan men de handen inwrijven met een speciale zalf of rubberhandschoenen gebruiken. Hoewel wij normaal geen voorstanders zijn van werken met handschoenen, is het o.i. voor dit werk de beste methode. Ondanks deze beschermende maatregelen, dient men zich te realiseren, dat sommige personen overgevoelig zijn voor bepaalde schoonmaakmiddelen. Zelfs sporen van zo'n middel die met de huid in aanraking komen, geven infecties. Hoewel men in dit geval wel eens kan experimenteren met een ander schoonmaakmiddel, blijkt vaak een overgevoeligheid voor al dergelijke midde-

len aanwezig te zijn. Er is dan maar één oplossing: de betreffende persoon mag nooit onderdelen schoonmaken.  
Nu de werktafel zelf. Gebruik altijd houten werktafels met royale

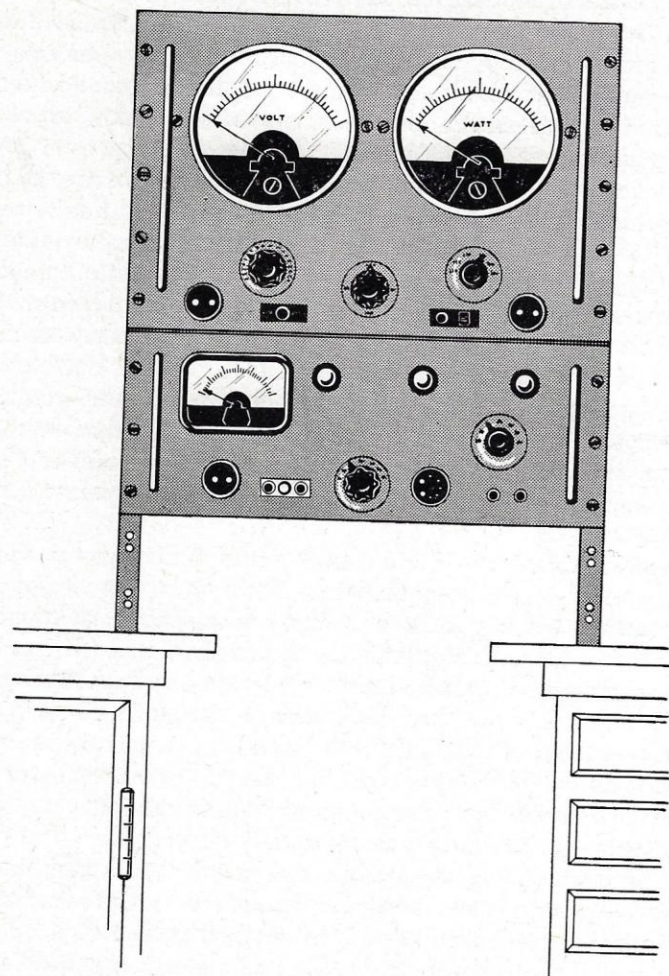


Fig. VI-2. Meetpaneel (volt-, watt- en hoogspanningsmeter), opgesteld tussen twee werktafels, zodat twee reparateurs er gebruik van kunnen maken.

bladafmetingen (2 × 1 m). De hoogte van het blad moet voor zittend werk zijn afgesteld. Als bladbedekking kiest men thans glazol (een asbestprodukt). Enige opbergruimte dient erbij aanwezig te zijn.

Met opzet schrijven wij: enige opbergruimte. Te veel opbergruimte leidt tot te veel bewaren. En te veel bewaren is strijdig met netheid. Zorg ook, dat het personeel weet, dat de bergruimten wel eens gecontroleerd worden. Eén blik in zo'n ruimte zegt vaak veel over de persoon, over zijn instelling en dus over de kwaliteit van zijn werk.  
Meetapparaten dient men bij voorkeur in te bouwen in panelen en deze moeten vast bevestigd worden aan de werktafel of rijdbaar worden ge-

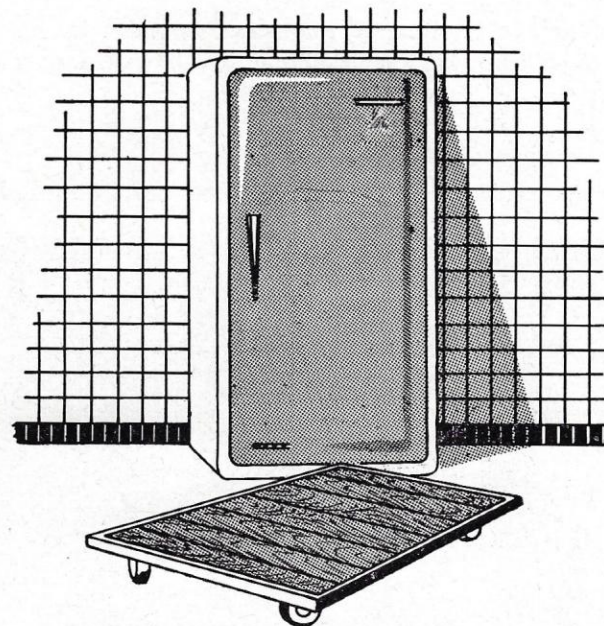


Fig. VI-3. Plateau op vier zwenkwielen, een handig hulpmiddel bij de verplaatsing van koelkasten, wasmachines e.d.

maakt. Dit laatste heeft het voordeel, dat meerdere reparateurs met één meeset kunnen volstaan (zie fig. VI-2). Wanneer men inbouwt in metalen panelen of rekken, dan dienen deze uiteraard deugdelijk geaard te worden. Gevaar dat de reparateur bij gelijktijdige aanraking van de meetkast en een apparaat met gestelsluiting de volle netspanning op zich krijgt, bestaat immers niet, omdat in het meetapparaat een scheidingstransformator (al of niet regelbaar) aanwezig is.  
Aan de vloer van de werkplaats ten slotte dient men zowel uit veiligheids oogpunt als uit doelmatigheidsoogpunt grote aandacht te besteden. Gelukkig gaan deze twee punten samen: kies een vloer die elektrisch

gezien isolerend is; zo'n vloer is dan ook warmteïsolerend en veroorzaakt nooit koude voeten. Een houten vloer voldoet aan deze eis. Indien men echter een modelwerkplaats wil hebben, biedt een kunststof- of rubbervloer of bedekking met linoleum de beste oplossing. Bezit men nu eenmaal een ruimte met een stenen vloer, dan dient men deze onder en voor de werkbank(en) te voorzien van een rubberstrook of rubbermatten. Aan de veiligheidseis is dan voldaan, terwijl ook de losse rubberstrook al een voldoende waarborg is tegen koude voeten.

In fig. VI-3 wordt nog een handig plateau op zwenkwielen weergegeven, dat bij de verplaatsing van koelkasten, wasmachines e.d. goede diensten kan bewijzen.

## 2. De controle-apparatuur.

Zoveel instrumenten als het ontwikkelingslaboratorium of de kwaliteits-

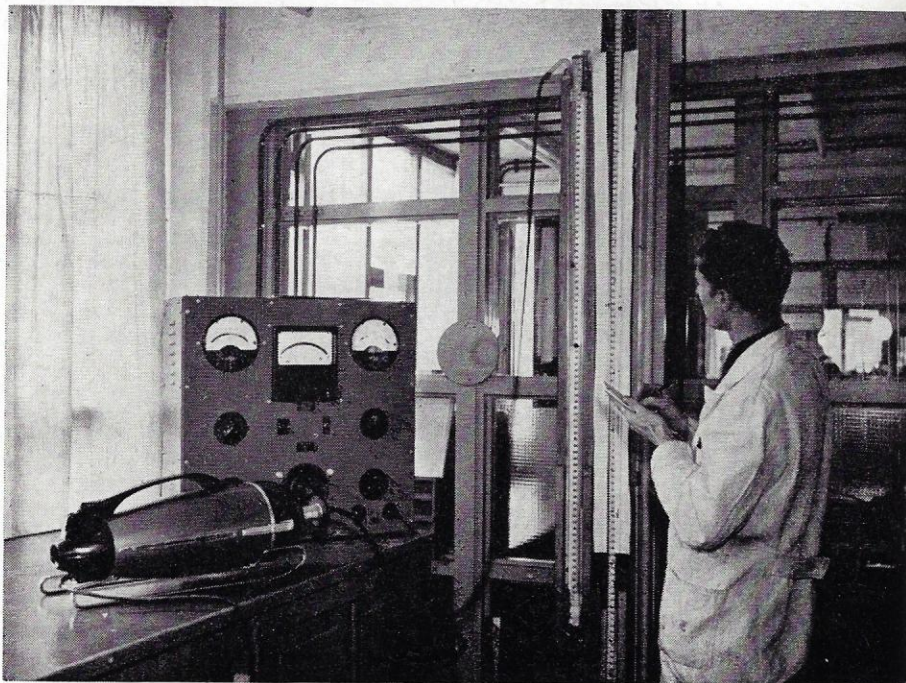


Fig. VI-4. Laboratoriummeting aan een ERRES-stofzuiger.

dienst van een elektromotorenfabriek nodig heeft (fig. VI-4), met zo weinig kan een service-werkplaats volstaan, mits een verantwoorde keuze is gemaakt.

## De transformator.

Allereerst dient de netaansluiting uit veiligheidsoverwegingen te geschieden via een transformator met gescheiden wikkelingen. Deze maatregel is noodzakelijk, omdat een gestelsluiting van een motor in een nog niet gedemonteerd toestel vaak moeilijk te herkennen is. Tussen de aantakbare metalen delen van het huishoudelijk toestel waarin de motor is

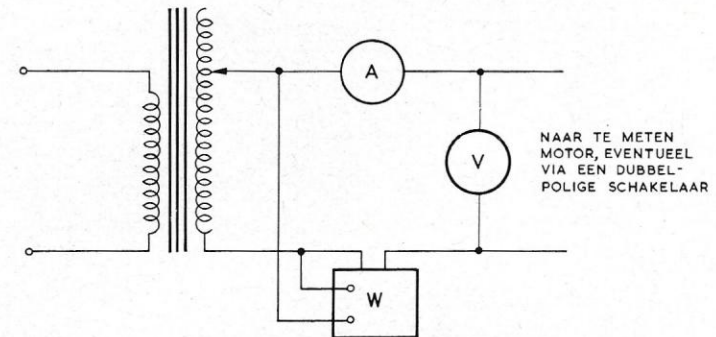


Fig. VI-5. Schematische voorstelling van een regeltransformator met in de secundaire zijde opgenomen een volt-, ampère- en wattmeter.

ingebouwd en het frame van de motor wordt tegenwoordig in veel gevallen een extra beschermende isolatie aangebracht. Hoewel de klant dan bijv. niet zal klagen dat er spanning op zijn niet goed functionerende stofzuiger staat, kan toch een gestelsluiting van de motor de oorzaak van de klacht zijn.

Als transformator met gescheiden primaire en secundaire wikkeling kan men het beste een transformator kiezen met een continu van 0 tot 250 V regelbare secundaire spanning (variac of regeltransformator genaamd) (fig. VI-5). Kies het vermogen van deze transformator ruim voldoende voor de zwaarste motor die men ooit moet beproeven. Men realiseer zich daarbij, dat het de laatste jaren voor sommige huishoudelijke apparaten mode schijnt te zijn om elke keer als er een nieuw ontworpen motor op de markt komt, het opgenomen vermogen aanzienlijk te vergroten. Een goed voorbeeld hiervan is de stofzuiger. Werd tien jaar geleden voor een sledestofzuiger nog een aandrijvende motor met een opgenomen vermogen van 200 W toegepast, thans komen waarden van 500 W en hoger voor.

Ook de grote aanloopstroom van de eenfase-inductiemotor dient zo'n regeltransformator te kunnen verwerken zonder dat bijv. de koolborstel van het regelcontact overbelast raakt. Goedkoop is in dit geval dus duur-

koop. Het herstellen van een storing van een regeltransformator die te wijten is aan overbelasting, kost meestal meer geld dan de aanschaffing van een exemplaar van een royaal vermogen.

De regeltransformator komt vooral goed van pas bij het laten draaien van een seriemotor. Zelfs bij het complete aggregaat van een stofzuiger (waarin dus de motor onder belasting aanloopt), komt de plotseling op de volle netspanning aangesloten seriemotor zo snel op gang, dat door de reactie het gehele aggregaat van onze werktafel kan rollen. Bij het langzaam vanaf nul opvoeren van de voor de motor benodigde klemspanning treedt dit euvel niet op. Bovendien zal het voor een goede diagnose vaak niet nodig zijn de spanning tot de nominale spanning op te voeren. Zo zal men bij een seriemotor met een kortsluiting van de ankerwikkeling, reeds op lage spanning een abnormaal hoog opgenomen vermogen constateren.

#### *De voltmeter.*

Het is natuurlijk noodzakelijk de secundaire spanning van de regeltransformator te kunnen meten. Een wisselstroom-voltmeter met een nauwkeurigheid van bijv. 2,5% en een goede schaalverdeling, die zeer duidelijk afleesbaar is in het gebied van 220 V, voldoet daartoe uitstekend. Heeft men in de werkplaats ook nog te maken met metingen aan 127 V-motoren, dan moet ook in dat gebied de schaal duidelijk afleesbaar zijn. Dit vereist meestal een omschakelbare voltmeter met twee meetgebieden, bijv. van 0–250 V en van 0–150 V. Het verdient aanbeveling om de meetbereiken zodanig te kiezen, dat aflezingen aan het eind van de schaal moeten plaatsvinden.

In dit verband is het ook nuttig om even stil te staan bij de betekenis van de aanbevolen nauwkeurigheid van 2,5%. Bij metingen is nl. de bereikbare nauwkeurigheid meestal geringer dan men denkt. Allereerst kan de meetmethode (de schakeling van de meetopstelling) aanleiding zijn tot fouten. In een reparatiewerkplaats is het in het algemeen niet nodig corrigerend op te treden tegen deze meetopstellingsfoutjes. Ook fouten door minder nauwkeurige aflezing komen voor en tenslotte nog fouten, veroorzaakt door het gebruikte meetinstrument: hoe nauwkeuriger een meter aanwijst hoe duurder deze is. Er zijn wel precisie-instrumenten leverbaar met een maximale afwijking van slechts 0,2%, maar deze precisie werkt dan ook sterk kostprijsverhogend. Een nauwkeurigheidsgraad van 2,5% betekent, dat de meter een maximale afwijking kan hebben van 2,5% van de op de schaal aangegeven eindwaarde. Moet men dus een meter aan het begin van de schaal aflezen, dan heeft men kans op een grote absolute fout, zonder dat van een defect aan het betrokken meetinstrument kan worden gesproken.

#### *De ampèremeter.*

Ook hier kan men volstaan met een bedrijfsmeter met een nauwkeurigheid van 2,5%. De meting van het ampèrage is meestal voldoende ter controle van condensatormotoren van de grootte zoals toegepast in koelkasten, wasmachines en centrifuges. Aangezien dergelijke motoren echter een vrij hoge aanloopstroom hebben, moet wel een ampèremeter gekozen worden met een meetbereik tot ongeveer 15 A.

Op het typeplaatje van dergelijke motoren treft men meestal de stroomsterkte aan, die de betreffende motor mag opnemen bij vollast. Indien men de losse motor moet controleren, dan moet vaak in onbelaste toestand gemeten worden. De nullaststroom zal dan iets lager zijn dan de op het typeplaatje aangegeven vollaststroom.

Indien men ook voor de meting aan asynchrone motoren gebruik maakt van de regeltransformator (dit wil dus zeggen, dat men langzaam de klemspanning op de motor omhoog regelt), dan kan men zelfs bij een condensatormotor met een defecte hulpwikkeling de ampèremeter niet overbelasten. Bij een defecte hulpwikkeling zal nl. dit motortype niet starten. Bij aansluiting op de volle netspanning, neemt een dergelijke stilstaande motor een zeer grote stroom op (waarden tot 50 A zijn geen uitzondering), waardoor de in de stroomkring geschakelde ampèremeter onherroepelijk door overbelasting defect zal gaan. Moet men door bijzondere omstandigheden toch zo'n condensatormotor controleren zonder te beschikken over een regeltransformator, dan is het absoluut noodzakelijk tijdens het starten de ampèremeter kort te sluiten. Na het bereiken van het normale bedrijfstoerental kan men dan de kortsluiting van de meter opheffen voor een juiste aflezing van de uit het net opgenomen stroom.

#### *De wattmeter.*

Voor het meten van het opgenomen vermogen is een wattmeter noodzakelijk. Kies ook daarvoor een bedrijfsmeter met een nauwkeurigheid van 2,5%.

Bij een wattmeter heeft men te maken met een stroom- en een spanningspoel. De spanningspoel is draaibaar en beweegt dus met de wijzer mee. De stroomspoel is stilstaand. Gezien het feit, dat er twee meetspoelen in een wattmeter zijn ondergebracht kan men dus een wattmeter op twee manieren overbelasten:

1. door op de spanningspoel een te hoge spanning te zetten;
2. door een te grote stroom door de stroomspoel te voeren.

Het is dus duidelijk dat overbelasting bij een wattmeter kan plaatsvinden zonder dat de wijzer zijn maximale uitslag bereikt. Zelfs zonder dat

de wijzer uitslaat, kan men de draaibare en zeer licht uitgevoerde spanningsspoel overbelasten.

Kies een meter die belastbaar is tot 250 V in combinatie met een regeltransformator die — mits aangesloten op de goede primaire spanning — nooit een hogere spanning kan afgeven dan 250 V. Het is voorts verstandig een wattmeter te kiezen met twee meetbereiken (dus met een omschakelbare stroomspoel), zodat men nauwkeurig het vermogen van ventilatoren, platenspelermotoren e.d. (vermogen meestal maximaal 100 W) kan meten, terwijl men ook een bereik moet hebben tot bijv. 1000 W om nauwkeurig het opgenomen vermogen te kunnen bepalen van seriemotoren (stofzuigers, vloerwrijvers e.d.).

#### De ohmmeter.

Hierover zal men moeten beschikken om weerstanden te kunnen meten ter controle of een wikkeling al dan niet onderbroken is.

Een ohmmeting dient altijd spanningloos plaats te vinden, waarbij men er tevens op moet letten dat de eventueel aanwezige condensator in de hulpwikkeling zijn lading niet heeft vastgehouden en zich over de ohmmeter ontlaaft.

Een belangrijke weerstand die men bij de controle van een losse motor nooit mag vergeten te meten, is de afleidingsimpedantie, d.i. de weerstand van de isolatie van alle stroomvoerende delen t.o.v. het motorgestel. Een normale ohmmeter is hiertoe absoluut onvoldoende, omdat het heel goed mogelijk is, dat bij deze meting de ohmmeter „oneindig” aanwijst, terwijl toch de isolatie defect blijkt te zijn zodra de vrij hoge bedrijfsspanning op de motor komt.

Als men een service-werkplaats heeft, waar men „van alles” repareert en men zich dus niet gespecialiseerd heeft op het repareren van de motor zelf, dan kan volstaan worden met de isolatietoestand te controleren met behulp van een *inductor*. Deze vaak onder de Engelse naam „Megger” bekend zijnde ohmmeter bevat een kruk, waarmee men een dynamo aandrijft die de voor elke ohmmeter benodigde spanning opwekt. Er zijn inductors in de handel, die tot 500 V opwekken, zodat men dan toch in ieder geval de ohmmeting kan verrichten bij een iets hogere spanning dan de bedrijfsspanning.

De aldus gemeten afleidingsimpedantie (dus de ohmse weerstand tussen de stroomvoerende delen en de aanraakbare metalen delen) moet groter zijn dan 2,5 M $\Omega$ . Men kan natuurlijk deze voor de veiligheid zeer belangrijke weerstand ook meten door bij een bepaalde spanning vast te stellen hoe groot de stroom is die de weerstand doorlaat. Deze maximale toelaatbare lekstroom is gesteld op 0,5 mA (zie ook blz. 117).

In fig. VI-6 is afgebeeld het door het Nederlands Normalisatie-instituut uitgegeven schema voor het meten van de lekstroom bij toestellen van klasse II. In dit schema is het te beproeven toestel zelf schematisch aangeduid, terwijl duidelijk zijn aangegeven de begrippen aanraakbare

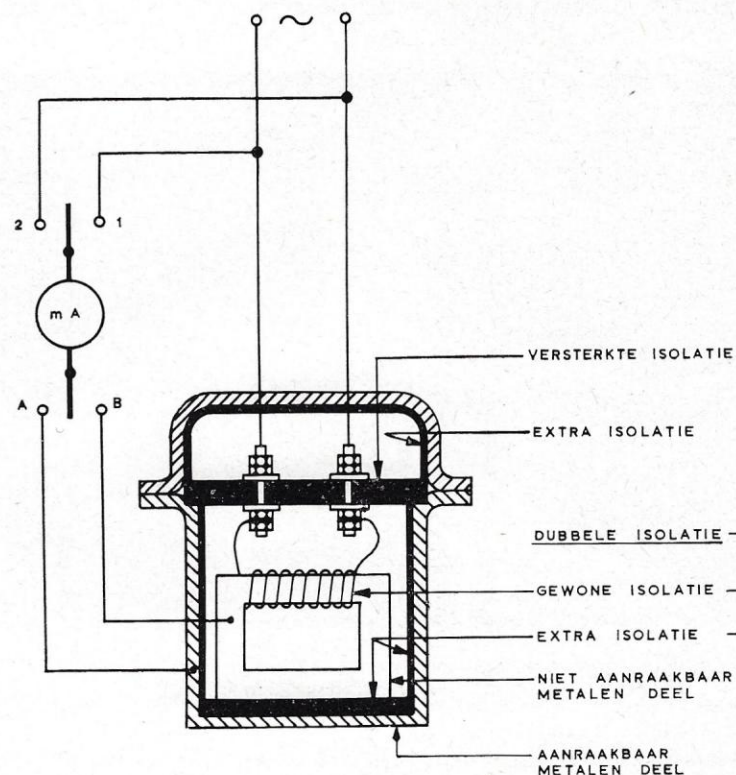


Fig. VI-6. Schema voor het meten van de lekstroom bij klasse II-toestellen.

en niet aanraakbare metalen delen, zoals men die in bijna elk door een elektromotor aangedreven huishoudelijk toestel aantreft. Men ziet dus, dat in klasse II-toestellen tussen de aanraakbare en de spanningvoerende metalen delen één isolatie voldoende kan zijn, mits deze versterkt is en gelijkwaardig aan de combinatie van de functionele (d.i. de gewone) isolatie en de beschermende (d.i. de extra) isolatie.

#### Hoogspanningstestapparatuur.

In fig. VI-2 op blz. 142 is een *hoogspanningsmeetkast* getekend, die gebruikt wordt voor de beproeving van gereviseerde elektrische huishoude-



volledig rekening gehouden; zij zijn zo geconstrueerd, dat men de contactstop van het te beproeven toestel in het testapparaat moet steken. Beide pennen van de contactstop worden dan in het inwendige van het testapparaat doorverbonden. Daarna moet men een speciale testkop

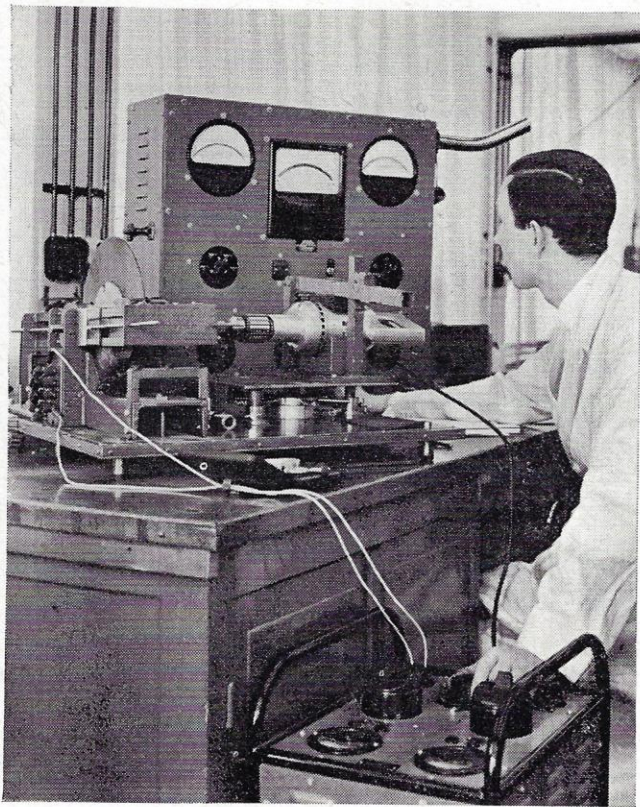


Fig. VI-9. Ferrarisremschijf voor het belasten van elektromotoren van klein vermogen. (Fabrikaat Van der Heem N.V., Den Haag)

met twee pennen die door de metalen delen van het toestel worden doorverbonden, op de aanraakbare metalen delen van het toestel plaatsen. Op dat moment treedt een relais van het testapparaat (fig. VI-8) in werking en wordt op alle stroomvoerende delen van het te beproeven toestel de proefspanning gezet, terwijl de aanraakbare metalen toestel-delen via het testapparaat met de aarde worden verbonden.

Het testapparaat heeft twee neonsignaallampjes: één dat de werking van

het relais signaleert en dus aangeeft dat de proefspanning is ingeschakeld en één dat oplicht, wanneer in het hoogspanningscircuit een stroom vloeit en de isolatie van het beproefde toestel dus defect is.

Nog een wenk uit de praktijk bij de beproeving van toestellen die voorzien zijn van een netschakelaar. Indien deze dubbelpolig is, moet de hoogspanningsproef uiteraard genomen worden met de netschakelaar op de stand „in”. Indien men eraan twijfelt of deze schakelaar dubbelpolig is of indien men niet weet of hij op „in” of op „uit” staat, dan neme men de hoogspanningsproef tweemaal bij verschillende schakelstand.

#### *De toerenteller.*

Onmisbaar is een toerenteller, waarmee zowel het vrij lage toerental van een vierpolige asynchrone motor kan worden vastgesteld (ongeveer 1425 omw/min) als het toerental van onbelast lopende seriemotoren (tot ongeveer 25 000 omw/min). Ook het daartussen liggende gebied moet goed afleesbaar zijn, om bijv. het toerental vast te stellen van de booras van een elektrische handboormachine.

#### *Belastingsapparatuur.*

Motorfabrikanten beschikken ter belasting van de motor over remdynamo's of over ferrarisschijven (koperen schijven, draaiend tussen elektromagneten waarvan men de veldsterkte kan variëren) om het afgegeven vermogen te meten (zie fig. VI-9). Dergelijke meetinstrumenten zijn zeer kostbaar, zodat de aanschaf alleen verantwoord is als men een gespecialiseerde werkplaats heeft voor het opnieuw wikkelen van defecte motoren.

Ontvangt men een klacht (bijv. bij elektrisch handgereedschap) van „Hij trekt niet”, dan kan men het beste even terugvallen op de technische dienst van de betreffende fabrikant. In een fabrieksservice-werkplaats is men immers op het eigen merk gespecialiseerd en beschikt men bovendien over de meest moderne meetinstrumenten om de service-activiteiten van de elektroverhandelaar vakkundig te steunen.

#### *Frequentiemeting.*

In ons land is het niet noodzakelijk hiervoor een meetinstrument aan te schaffen, omdat overal gebruik wordt gemaakt van de genormaliseerde netfrequentie van 50 Hz. Deze frequentie wordt tamelijk nauwkeurig constant gehouden door de elektrische centrales, omdat de tijdaanwijzing in de woonhuizen zeer veel plaatsvindt met elektrische klokken, aangedreven door een synchronomotortje.

Het feit, dat men dus in de service-werkplaats uitsluitend de beschik-

king heeft over een wisselstroom van 50 Hz betekent, dat men de vraag van een klant die gaat emigreren, om een asynchrone motor voor een andere frequentie over te wikkelen moet afwijzen. Of men nu dit overwikkelen zelf zou doen of zou laten doen, altijd moet men toch voor aflevering aan de klant het produkt even op goede werking controleren en dat is in een normaal ingerichte werkplaats ten enenmale onmogelijk.

## Hoofdstuk VII

### MATERIALENKENNIS

Als men de beschrijving leest, die in verband met de werkclassificatie is opgesteld voor de reparateursfunctie in bijv. de grote fabrieksservice-filialen, dan zal men daarin altijd aantreffen, dat de persoon enig materiaalgevoel dient te hebben. Dit is iets, dat men bij de geboorte meekrijgt. Er zijn nu eenmaal mensen „met gouden handen”, mensen dus die zeer goed met hun handen kunnen werken en die precies aanvoelen wat met een bepaald materiaal gedaan kan worden. Daarnaast is enige materialenkennis voor een reparateur van elektrische huishoudelijke toestellen noodzakelijk om de vragen van een klant te kunnen beantwoorden. Vragen die of rechtstreeks beantwoord moeten worden of via het verkopend winkelpersoneel; in elke service-werkplaats krijgt men daarmee te maken. Hieronder volgt dan ook in het kort iets over de materialen, waarmee men het meest in aanraking zal komen.

#### 1. Kunststoffen of plastics.

Deze stoffen gaan een toenemende rol spelen in onze samenleving. Ook in de branche van de huishoudelijke toestellen treft men vele apparaten aan, die uitwendig geheel of gedeeltelijk uit kunststof bestaan.

Het woord kunststof — volgens het Nederlands Normalisatie-instituut is de officiële benaming: „plastic”, doch deze term wordt weinig gebruikt — doet leken wellicht denken aan een vervangingsgrondstof. Niets is echter minder waar: kunststoffen zijn kunstig samengestelde stoffen, waardoor het voor de constructeur zelfs mogelijk is nieuwe kunststoffen te ontwerpen met de gewenste speciale eigenschappen voor een bepaald constructiedetail. Zij bestaan uit materialen, die gedurende een van hun fabricagestadia kunnen vloeien. De vorm die er tijdens dat vloeien aan gegeven wordt, blijft behouden. Men onderscheidt:

##### 1. Thermohardende kunststoffen.

Hierbij is het proces van verharding niet omkeerbaar. Een voorbeeld is de onder de naam bakeliet bekende stof.

##### 2. Thermoplastische kunststoffen.

Dit zijn stoffen, die onder invloed van warmte verweken en bij afkoeling verstijven — een omkeerbaar proces dus.

Vooral aan de laatste groep zal hier enige aandacht worden geschonken, omdat men deze kunststoffen niet alleen bij kleine, geheel geïsoleerde apparaten aantreft (mixers, koffiemolens, scheerapparaten e.d.), maar ook bij onderdelen van toestellen als bijv. stofzuigers (voor- en achterkap, buizen e.d.).

Dat het proces bij een thermoplast omkeerbaar is, wordt bijv. wel verduidelijkt door een stofzuiger met een vervormde kap, die kennelijk in aanraking is gekomen met een brandende kachel.

Taaigheid is een van de zeer goede eigenschappen van thermoplastische kunststoffen. Zij ontstaat, omdat deze stoffen zijn opgebouwd uit zeer grote moleculen (z.g. macromoleculen), welke onderling een grote samenhang vertonen. Van deze eigenschap wordt bijv. gebruik gemaakt bij de nylon huizen van dubbelgeïsoleerd elektrisch handgereedschap voor amateurs. Zo'n nylon huis is nl. veel beter bestand tegen vallen op de grond dan de vroeger voor deze amateurmachines toegepaste metalen gegoten huizen, die door de brosheid bij een val snel scheurden.

Plastics hebben als uitgang grondstof altijd aardolie- of steenkoolprodukten. Denk niet dat plastics nieuw zijn. Er zijn inderdaad vele nieuwe thermoplastische kunststoffen en de ontwikkeling verloopt zeer snel, maar ook vroeger was deze plasticsoort bekend; een van de oudste voorbeelden is wel celluloid.

#### *Slagvast polystyreen.*

Dit materiaal wordt zeer veel toegepast in de branche van elektrische huishoudelijke apparaten. Het leent zich voor een fraaie vormgeving, heeft zeer goede isolatie-eigenschappen, is vochtbestendig en biedt bovendien weerstand aan zuren en basen. Het heeft een betrekkelijk laag verwekingspunt en is dus ongeschikt voor gebruik bij hoge temperaturen (denk aan de stofzuiger bij de brandende kachel). Door toevoeging van speciale chemicaliën zijn de mechanische eigenschappen goed, vandaar „slagvast” polystyreen.

#### *Polyaethyleen.*

Een paraffineachtige stof, taai en buigzaam met een zeer laag soortelijk gewicht. Wordt in het inwendige van elektrische toestellen wel toegepast voor isolerende dopjes of isolerende kokers, om te voldoen aan de dubbele-isolatie-eisen. In het normale huishouden komt dit materiaal voor als dopjes en deksels op flessen, als flessen zelf, afwasteilen e.d., ook als schotten tussen de ijsblokjes in koelkasten.

#### *Polyvinylchloride.*

Een der meest toegepaste plastics. Komt voor als stug materiaal (bijv.

als stofzuigerbuizen) en in buigzame vorm (regenjassen, tafelkleden, ceintuurs, damestassen). Zuivere p(oly)v(inyl)c(hloride) is bij normale druk en temperatuur een hard, hoornachtig materiaal. Toevoeging van een z.g. weekmaker is noodzakelijk om het materiaal te kunnen verwerken.

#### *Polyamide.*

Deze kunststof is in Nederland ook bekend onder de eigenaam van een van de fabrikanten: nylon. De prijs is tamelijk hoog. Het materiaal heeft echter zeer goede mechanische eigenschappen. Het smeltpunt ligt bij 240°C, waardoor de hittebestendigheid tot 100°C goed is. De mechanische eigenschappen blijven behouden zowel bij hoge als bij lage temperaturen. Nylon zelf is wit van kleur en kan evenals de meeste kunststoffen zeer goed worden ingekleurd met lichtechte kleurstoffen.

De hoge slijtvastheid van nylon betekent voorts, dat het gebruikt kan worden voor tandwielen. Een voorbeeld hiervan treft men veelvuldig aan in het oscilleermechanisme van tafelventilatoren. De zeer gunstige mechanische eigenschappen betekenen, dat deze dure grondstof als omhulsel voor die toestellen, die in normaal gebruik aan vallen en stoten onderhevig zijn (bijv. elektrisch handgereedschap), uitstekend geschikt is. Dit materiaal neemt echter wel vocht op, zodat het in de elektrotechniek bijv. niet gebruikt kan worden voor spoelkokers van hoogfrequent spoelen.

#### *Cycolac.*

Een vrij nieuwe kunststof, die in onze branche wordt toegepast als de mechanische eigenschappen van slagvast polystyreen te kort schieten en de zeer gunstige eigenschappen van het (dure) nylon te goed zijn. Een voorbeeld hiervan is de kap van een vloerwrijver. Deze zal meer gestoten worden dan een stofzuiger, maar toch ook weer niet aan zulke zware mechanische belastingen bloot staan als bijv. een handboormachine.

#### *Polyester.*

De polyesters vormen eigenlijk een geheel zelfstandige groep kunststoffen. Vóór de verwerking hebben deze stoffen nl. de structuur van een thermoplast. Tijdens de verwerking treden verbindingen tussen de macromoleculen op, waardoor een netstructuur ontstaat. Het gevolg hiervan is, dat na de bewerking een even harde kunststof als bijv. bakeliet is ontstaan. Gewapend met glasvezel wordt polyester onder meer gebruikt in de scheepsbouw en in de autotechniek, maar ook als legerschild in dubbelgeïsoleerde produkten vindt dit door glasvezel versterkte

polyester toepassing, zoals getekend in fig. V-2 en beschreven op blz. 119. Evenals bij alle andere kunstig samengestelde stoffen — kunststoffen dus — kan men door een juiste keuze bij de samenstelling van de polyesterharsen eventueel gewenste eigenschappen als kleur, doorzichtigheid, slijtbestendigheid en krasvastheid verkrijgen. De benodigde mechanische eigenschappen kan men naar wens beïnvloeden door toevoeging van meer of minder glasvezel.

Op blz. 35 en 102 is vermeld, dat polyester thans ook als isolatiemateriaal wordt toegepast, o.m. in de groeven van ankers. Dat polyester in korte tijd andere isolatiematerialen heeft verdrongen, is gelegen in het feit dat men door een bepaalde keuze van de polyesterharsen een folie heeft kunnen samenstellen met juist die eigenschappen, die voor de anker-groefisolatie noodzakelijk zijn.

Polyester heeft uitstekende elektrische isolatie-eigenschappen, is volkomen ongevoelig voor vocht, olie of vet en bestand tegen de hoge temperaturen die in elk anker kunnen optreden; het folie heeft bovendien een glad oppervlak (gemakkelijk te verwerken bij het wikkelen) en is mechanisch zeer sterk (hetgeen inscheuren voorkomt bij het wikkelen). Voor groefisolatie is dit folie in de handel, in dikten variërend tussen 0,0065 en 0,125 mm. Waarschijnlijk zal dit polyesterfolie ook in ontstoringcondensatoren toepassing gaan vinden.

Voor het vervaardigen van produkten uit de besproken thermoplasten, zijn behalve kostbare metalen matrijzen ook zeer dure spuitgietmachines nodig. Aanschaffingsbedragen van f 100.000.— voor zo'n machine zijn geen uitzondering. In een spuitgietmachine wordt eerst de korrelige grondstof in een cilinder verwarmd. De korrels worden d.m.v. een worm (systeem gehaktmolen) getransporteerd, om vervolgens onder zeer hoge druk in de matrijs te worden gespoten, waarna na ongeveer een minuut het produkt gereed is. Bij kleine artikelen gebruikt men vaak meervoudige matrijzen, waarbij dus elke opening van de matrijs meerdere artikelen tegelijk oplevert.

Er zijn natuurlijk nog veel meer soorten kunststoffen en er zullen in de toekomst nog vele nieuwe soorten worden samengesteld, maar met het noemen van de in onze branche meest voorkomende hebben wij gemeend hier te kunnen volstaan.

## 2. Metalen.

### *Aluminium.*

Met het gebruik van dit materiaal gaat het soms heel vreemd. Onverwachts ziet men bij bepaalde constructies aluminium toegepast. Soms verdwijnt zo'n toepassing weer en wordt dit metaal door een ander

metaal of een kunststof vervangen. In onze branche zijn de stofzuigerbuizen daarvan een goed voorbeeld. Na de ijzeren buizen volgde de aluminiumperiode, terwijl thans het kunststoffentijdperk voor deze buizen is aangebroken.

Tot voor ongeveer tien jaar vond aluminium voornamelijk toepassing in het transportwezen en met name in de luchtvaart. Deze eerste plaats wordt thans echter ingenomen door de bouwnijverheid, terwijl als derde grote afnemer de elektrotechniek fungeert. Deze drie toepassingsgebieden nemen tezamen 80% van de wereldaluminiumomzet voor hun rekening. Het restant vindt toepassing in de huishouding (keuken), de chemische industrie en de levensmiddelensector.

Aluminium wordt maar zelden in zuivere vorm toegepast; men komt voornamelijk legeringen tegen. Dit is ook het geval bij de in dit boek behandelde elektrische huishoudelijke toestellen. In de motoren daarvan wordt vaak het z.g. lichtmetaal (een aluminiumlegering) als materiaal voor de motorschilden gebruikt, omdat dit zich door een spuitgietprocédé gemakkelijk tot gietstukken laat verwerken. De nauwkeurigheid van deze gietstukken is zeer groot (0,05—0,1 mm), waardoor nabewerkingen vaak overbodig zijn. Dit fabricageprocédé is overigens alleen bij de aanmaak van grote aantallen economisch verantwoord, omdat er uiterst kostbare matrijzen voor worden vereist.

Maar niet alleen bij de stilstaande delen van motoren wordt aluminium toegepast, ook de rotor van de eenfase-inductiemotor wordt vaak gegoten van lichtmetaal, d.w.z. de rotorgroeven zijn gevuld met lichtmetaal en vormen één geheel met de kortsluitringen aan weerszijden van deze rotor. Het elektrisch geleidingsvermogen van aluminium is in vergelijking met koper wel minder, maar niet zo slecht dat toepassing als geleider voor de elektrische stroom niet mogelijk is.

De eerste experimenten om aluminium te produceren dateren van omstreeks 1800, toen men trachtte het door een galvanische stroom uit aluin vrij te maken. Van dit tijdstip dateert ook de naam aluminium (aluin is afgeleid van het Latijnse alumen). Deze elektrolyse bleek later inderdaad de enige juiste methode te zijn voor een economisch verantwoorde vervaardiging van aluminium, alleen de tijd was er nog niet rijp voor. Immers de elektrische generator was toen nog niet uitgevonden, zodat men aangewezen was op de veel te zwakke stroom uit galvanische elementen. In 1827 lukte het aan een Duits chemicus zuiver aluminium te maken door bewerking van aluminiumchloride met kalium. Deze chemische methode werd in 1854 door een Fransman sterk verbeterd, waardoor eigenlijk vanaf die datum de toepassing van aluminium is begonnen. In 1886 werden zowel in Frankrijk als in Amerika patenten aangemeld ter bereiding van aluminium langs elektrolytische weg. In

Europa ontstond de eerste aluminiumindustrie in Zwitserland en wel in de plaats Veuhausen, waar de Rijn de benodigde elektrische centrale aandreef. Om 1 ton zuivere aluminium te bereiden is nl. 23 000 kWh elektrische energie nodig. Bovendien is dan nog per ton zuiver aluminium 25,5 miljoen cal warmte vereist om tot smelten van de grondstof voor elektrolyse te komen. Alleen dus op plaatsen waar door waterkracht de elektriciteit goedkoop kan worden opgewekt, zijn industrieën ontstaan, die uit de grondstof bauxiet aluminium vervaardigen.

Canada — het land met zijn vele natuurlijke rijkdommen — is een grote aluminiumproducent. De grootste smelterij heeft er een jaarproductie van 200 000 ton. Voor ons is ook Suriname een bekende vindplaats. Het Surinaamse bauxieterts is van zeer goede kwaliteit, maar ook in de Balkan, Zuid-Amerika en Rusland komen vindplaatsen voor, waarvan de winning economisch verantwoord is.

Bauxieterts bevat aluinaarde (d.i. aluminiumoxyde, een verbinding van aluminium en zuurstof dus), wordt door baggermolens gedolven en ter plaatse gebroken, gewassen en gedroogd. Daarna volgt het transport naar de plaats of het land waar uit het erts het zuivere aluminium wordt gewonnen. Allereerst worden daartoe de stukken tot poeder gemalen, na toevoeging van natronloog volgt daarna verwarming onder druk en een chemisch proces om uit het bauxiet het aluminiumoxyde vrij te maken. Dit oxyde kan niet zonder meer door elektrolyse worden bevrijd van de zuurstof, omdat het smeltpunt zeer hoog is (2100°C). Door toevoeging van het erts cryoliet (vindplaats Groenland) wordt het smeltpunt aanzienlijk verlaagd tot ongeveer 800°C, waarna de elektrolyse d.m.v. koolelektroden en bij een spanning van 5 V en stroomsterkten tot 40 000 A kan plaatshebben.

Het verbruik van koolelektroden is zeer hoog, omdat de zuurstof die men los moet maken van de aluminiumoxyde zich met de kool verbindt tot CO (koolmonoxyde, het beruchte zwaar vergiftige gas, dat ook een rol speelt bij kolendampvergiftiging) en tot CO<sub>2</sub> (koolzuurgas, bekend als blusmiddel in de z.g. koolzuursneeuwblussers). Op deze wijze ontstaat het aluminium van de normale handelskwaliteit (zuiverheid ongeveer 99%). Evenals bij koper kan door een raffinageproces dit zuiverheidspercentage nog worden opgevoerd tot 99,9%. Vier ton bauxiet levert een ton zuiver handelsaluminium op.

Voor de zeer nieuwsgierige lezers ten slotte nog een verklaring van het woord bauxiet: de eerste vindplaats van dit erts was de plaats Les Baux in Zuid-Frankrijk.

### *Koper.*

In tegenstelling tot tin is koper vóór het z.g. bronzen tijdperk als zelf-

standig materiaal gebruikt. Koper is dus vermoedelijk het oudst bekende metaal en het wordt nog steeds in zeer grote hoeveelheden aangewend. Koper heeft een rode kleur, die bij vermenging met zink overgaat in geel. Vandaar dat men in de spreektaal nog wel eens de woorden roodkoper en geelkoper tegenkomt. Dit is dus eigenlijk een foutief spraakgebruik, want de alliage koper-zink heeft de naam messing.

Dat de ontdekking van het metaal koper zo direct na het stenen tijdperk heeft plaatsgevonden, zal ongetwijfeld twee redenen hebben: de gemakkelijke bewerkbaarheid en de gemakkelijke winbaarheid. Kopererts komt weliswaar meestal op grote diepte in de bodem voor, maar het feit dat er ook nu nog open kopermijnen zijn (dus normale grondafgravingen), zal het eveneens mogelijk gemaakt hebben, dat onze voorouders het erts „toevallig” hebben kunnen oprapen.

Onze voorouders hebben het gemakkelijk te bewerken koper het eerst gebruikt als wapens voor de jacht, maar al spoedig leerden zij, dat niet alleen door jagen met de koperen speerpunten hun bezit vergroot kon worden, maar dat ook door ruilen van dit metalen gereedschap hun bezit in niet onbelangijke mate kon gaan toenemen. Zo ontstond reeds vele eeuwen v. Chr. een vraag naar koper.

In de tegenwoordige tijd is het vooral koperdraad, dat voor de elektrotechnische industrie in onvoorstelbare hoeveelheden wordt aangemaakt. Een elektromotor is zonder dit draad ondenkbaar. Koper wordt in elektrische geleidbaarheid slechts overtroffen door het edele metaal zilver. Het heeft een goed thermisch geleidingsvermogen en biedt goede weerstand tegen corrosie. Bovendien heeft het een hoge afvalwaarde; als het eenmaal zijn plicht heeft gedaan, vindt het via de handelaars in oude metalen weer zijn weg naar de smeltkroes om daarna opnieuw te worden gebruikt.

Enkele van de belangrijkste kopervindplaatsen zijn: de Oeral, Zuid-Afrika, Noord-Amerika, Canada, Chili, Katanga in de Congo. De jaarproductie bedraagt thans 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> miljoen ton. In de Romeinse tijd werd koper gewonnen op Cyprus. Aan deze vindplaats is het chemisch symbool Cu en ook ons woord koper ontleend. De Romeinen spraken van cyprium; via cyprum, cuprum verbasterde dit tot koper.

De tijden zijn reeds lang voorbij dat koper letterlijk voor het oprapen lag. Er bestaan in de wereld nog enkele open mijnen (afgravingen) maar in de meeste kopermijnen moet de koperhoudende erts gedolven worden met dynamiet, mijngangen en hijsinstallaties, die soms tot een diepte van meer dan 5000 m gaan. Er zijn ertsen met een zeer hoog koperpercentage; deze z.g. sulfaatertsen zijn ingewikkelde verbindingen van koper- en ijzersulfaten, waaraan nog vele andere metalen en metaalverbindingen (zilver, goud, platina) zijn toegevoegd. Een belangrijk

bijproduct van de mijnen waar sulfaatertsen worden gedolven, is zwavel. Dit duidt erop, dat kopererts meestal in een vulkanische omgeving moet worden gezocht; op plaatsen dus waar de hete massa van het binnenste van de aarde aan de oppervlakte is gekomen. De koperwinning is nog economisch verantwoord als het erts tenminste 4 à 5% koper bevat; ertsen met een kopergehalte van 6% noemt men al „high grade”.

Wanneer men bedenkt dat de in ons land binnenkomende baren koper een zuiverheid van 99,8 à 99,9% hebben, dan begrijpt men dat er zich tussen het delven van het erts en het gieten van de baren veel afspeelt. Het gedolven erts wordt eerst gebroken en daarna fijn gemalen. Onmiddellijk hierna volgt het scheidingsproces van de koperdeeltjes en de vele bijmengsels. Dit geschiedt met behulp van een vloeistof (een soort schuim, zoals ook in de blustechniek wordt toegepast), welke de eigenschap heeft dat het koper laat drijven en de ongewenste andere metalen doet zinken. Uit de aldus ontstane koperconcentratie kan men door verhitting reeds koper met een zuiverheidsgehalte van 99% verkrijgen. Ten slotte volgt dan de raffinage, het laatste reinigingsstadium. Men onderscheidt daarbij:

1. fire-refining, d.w.z. verhitting in een oven onder toevoeging van zuurstof, waardoor de verontreinigingen tot slakken overgaan;
2. elektrolytische zuivering, waarbij in een zwavelzuurbad en met gebruikmaking van elektroden van ongezuiverd koper (zuiverheid 99%) koper met een zuiverheidsgraad van 99,9% op de kathode neerslaat.

De grote zuiverheid is bij koper absoluut vereist om er de in de elektrotechniek onmisbare koperdraden van te kunnen trekken; kleine onzuiverheden kunnen dit metaal reeds zeer ongunstig beïnvloeden.

Gezien dit fabricageproces — dat hier nog maar in zeer grote lijnen werd weergegeven — is het begrijpelijk dat bijv. wikkeldraad (bestaande uit zuiver koper en voorzien van een of meer isolerende laklagen) vrij kostbaar materiaal is.

#### *Tin.*

Met deze grondstof komt men dagelijks in aanraking: bijna 30% van de wereldtinopbrengst wordt gebruikt voor de vervaardiging van solder. Sprekend over tin denkt men allereerst aan de vindplaatsen Banka en Biliton, die men reeds op school heeft leren kennen.

Banka is een eiland met een prachtig heuvellandschap gelegen ten oosten van Sumatra. In de granietachtige kust komt tinsteen voor. Het eiland heeft een oppervlakte van 11 330 km<sup>2</sup> (bijna een derde van ons

land) en het klimaat is er, volgens onze begrippen, zeer gelijkmatig. De gemiddelde temperatuur is 26°C, terwijl het maandgemiddelde minder dan 1°C schommelt. Op dit eiland werd in 1710 tinerts ontdekt. In de onmiddellijke nabijheid ligt het veel kleinere eiland Billiton, dat eveneens bekend is wegens het voorkomen van tinerts aan de kust. Dit eiland heeft een arme bodem met weinig bos en een zeer vochtig klimaat (3000 mm neerslag per jaar!).

De exploitatiecijfers van tinerts per man zijn enorm gestegen, omdat ook hier de mechanisatie een grote vlucht heeft genomen. Een belangrijke rol hierbij hebben de baggermolens gespeeld, ontworpen en gebouwd in ons land. Deze baggermolens liggen voor de kust en baggeren de tinhoudende grond op. Zo'n baggermolen is in staat zelfs tot een diepte van 30 m te baggeren. Emmers met een inhoud van 400 l zijn geen uitzondering, terwijl sommige molens over meer dan honderd van zulke emmers beschikken. 1 m<sup>3</sup> opgebaggerde grond bevat 1 à 2 kg tinerts, 1 kg tinerts bevat ruim 0,6 kg zuivere tin.

Tinerts — ook wel tinsteen genoemd — is een verbinding van zuurstof met tin, waaruit na een zuiveringsproces met behulp van koolstof de zuurstof wordt verwijderd, zodat ten slotte het zuivere tin overblijft. Vroeger gebeurde deze tinsmelting op de winplaatsen zelf, thans gebeurt dit meer bij de afzetgebieden. In zo'n tinsmelterij ontstaan dus de bekende schuitjes of broden tin, zoals deze in de handel verkrijgbaar zijn.

#### *IJzer.*

Van dit metaal komt het erts op vele plaatsen van de wereld voor. De belangrijkste vindplaatsen waar men tot een economisch verantwoorde winning is gekomen, treft men in Europa aan in Engeland, Frankrijk en Zweden; buiten Europa is vooral Amerika een grote producent. Ijzertsen bevatten meestal verbindingen van ijzer met zuurstof. Ook ertsen die bestaan uit een verbinding van ijzer en zwavel komen voor; deze worden echter meer gebruikt bij de zwavelbereiding dan bij de ijzerbereiding. In de techniek past men zuiver ijzer toe, vermengd met koolstof en andere bijmengsels.

Na voorbewerking wordt in z.g. hoogovens uit het ijzererts d.m.v. verhitting met cokes en uitsmelting het ruwe ijzer verkregen. In het hierbij ontwikkende hoogovengas komt — evenals bij de aluminiumbereiding — het beruchte koolmonoxyde voor (zie blz. 160). Het aldus gewonnen ruwijzer heeft een koolstofgehalte van 2,5 tot 5% en bevat bijmengsels als silicium en mangaan.

Ruwijzer dient o.m. als grondstof voor de vervaardiging van gietijzer. Hierbij moet het siliciumgehalte groter zijn dan 1% en het mangaan-

gehalte lager dan 1%. Gietijzer kan in vloeibare vorm (bij een temperatuur van ongeveer 1200°C) in gietvormen gegoten worden. Zo ontstaan bijv. de legerschilden van sommige typen inductiemotoren. Gietijzer is zeer hard, maar bros.

Staal is ijzer met een maximaal koolstofgehalte van 1,5%. Men moet dus aan het ruwijzer koolstof onttrekken en doet dit door bij hoge temperatuur het koolstof te laten oxyderen tot koolmonoxyde. Het aldus verkregen staal kan men bijna niet smelten, maar het laat zich bij roodgloei-hitte goed smeden. Gebruikt men staal met een koolstofgehalte boven de 0,5%, dan kan men dit door plotselinge afkoeling vanaf de roodgloei-hitte harden. Omdat zo een glasharde structuur ontstaat, wordt dit staal meestal nogmaals verhit (tot maximaal 300°C) gevolgd door een langzame afkoeling. Op deze wijze kan men iedere gewenste graad van hardheid krijgen. Ook kan men bijv. een stalen as plaatselijk tot een bepaalde diepte harden. Men spreekt dan van inzetharden. Dit wordt o.m. toegepast bij de ankeras van de elektrische amateur-hand-boormachine. Het uiteinde van de ankeras is immers een rondsel, dat een op de booras gemonteerd tandwiel aandrijft. Dit rondsel wordt op deze wijze gehard en dus slijtvast gemaakt.

Door geringe bijmengsels aan staal toe te voegen kan men dit de eigenschappen geven die voor een bepaald doel nodig zijn. Zo heeft men kleine hoeveelheden lood toegevoegd aan de stalen as in een seriemotor om de mogelijkheid te hebben deze met grote nauwkeurigheid en met grote snij snelheden te bewerken op volautomatische draaiban-ken.

Roestvrij staal is staal met een grote toevoeging (meer dan 10%) van chroom. Gegalvaniseerd ijzer is ijzer bedekt met tin, terwijl blik ijzer is bedekt met een laagje tin.

Het in de rotors en statoren van wisselstroommotoren toegepaste dynamoblik heeft alleen de betrekkelijk geringe dikte met bovenvermelde blik gemeen. In de motoren van normale huishoudelijke toestellen heeft dit dynamoblik een dikte van 0,5 mm; het is vervaardigd van plaatstaal, dat door koud of warm walsen op deze vereiste dikte wordt gebracht, en heeft door bepaalde bijmengsels de eigenschap de hysteresis- of wervelstroomverliezen (zie blz. 17) te beperken. Vooral door toevoeging van silicium (tot 3%) wordt de elektrische weerstand van dynamoblik verhoogd.

Bij de vervaardiging van de grondstof voor dynamoblik wordt ook speciaal gelet op het feit, dat uit dit blik in een hoog tempo het rotor- en statorblik voor de motor moet worden gestampt. Hierbij mag nl. maar een zeer geringe braamhoogte ontstaan, omdat hoge bramen de werking van de aangebrachte elektrische isolatie teniet zou doen. Deze

isolatie kan bestaan uit papier (eenzijdig), een laklaag of een chemisch aangebrachte fosfaatlaag.

Dynamoblik is leverbaar in platen van  $2 \times 1$  m, terwijl de grote motorenfabrieken meestal rollen band (op de juiste breedte voor een bepaald motortype) bestellen, waardoor verwerking tot rotor- en statorblik op automatische persen mogelijk wordt, zonder dat de platen eerst tot stroken behoeven te worden geknipt.

### 3. Papier.

Ogenschijnlijk een vreemd onderwerp in een boek over eenfase-elektromotoren. Met opzet hebben wij echter deze grondstof gekozen om ons hoofdstuk over materialenkennis te beëindigen. Op blz. 92 en 129 wezen wij er reeds op, dat de bij elke seriemotor benodigde ontstoringcondensator bestaat uit twee opgerolde lagen aluminiumfolie, gescheiden door een uiterst dun laagje papier. Aangezien ook papiercondensatoren tussen het net en het motorgestel geschakeld moeten worden om een afdoende ontstoring te verkrijgen, vormt het papier (twintig maal zo dun als krantenpapier) daartussen de enige isolatie. Hoewel de kwaliteit van dit papier uitstekend is (doorslagspanning 2 miljoen V per cm), toch mag een gebruiker van een apparaat waarin papiercondensatoren zijn ingebouwd niet aan het risico worden blootgesteld, dat bij het bezwijken van het uiterst dunne papierlaagje de volle netspanning op het apparaat komt te staan. Het is dan ook duidelijk, dat men nooit zo'n condensator naar aanraakbare metalen toestel-delen mag schakelen.

Papier is al heel oud. Reeds duizenden jaren v. Chr. werden mededelingen gegrift op palmbleden of op de binnenkant van boomschors. In Egypte werd hiervoor de papyrus gebruikt, een rietsoort die ook thans nog in de Nijl-delta veel voorkomt. De stengels hiervan liet men groeien tot een lengte van ruim 1 meter. Na het afsnijden van het riet werd de stengel in langsrichting opengesneden en gepeld. De aldus verkregen zeer dunne laagjes werden op elkaar geplakt en vormden zo een mechanisch sterk, beschrijfbaar vlak. De naam papier is van deze papyrusplant afgeleid.

Het principe van de huidige papierfabricage stamt uit China en is ontdekt omstreeks het begin van onze jaartelling. Het heeft echter tot 1400 geduurd voordat in West-Europa papierfabrieken ontstonden, die uit een vezelbrij na verdunning met zeer veel en zeer zuiver water papier maakten. Gezien dit watergebruik zal het niemand verwonderen, dat in ons land vooral in de Achterhoek deze industrieën ontstonden.

Wie een papierfabriek bezoekt, komt onder de indruk van het enorme grondoppervlak dat er is benodigd (alle fabrieksafdelingen op de begane grond wegens het grote gewicht van de machines en van het eind-

produkt papier) en van de ver doorgevoerde automatisering. Zeer grote papiermachines, bediend door een enkele vakman, verrichten het werk in een continu proces. Bij deze tak van de industrie kan men met recht spreken van een ontwikkeling van uitsluitend handwerk naar nagenoeg volledige automatisering. Vroeger werden de benodigde lompen door handkracht in kleine repen gesneden; daarna werd door mechanisch aangedreven hamers (de drijfkracht hiervoor werd onttrokken aan een scheprad in de rivier) onder toevoeging van chemicaliën in water de papierbrij gemaakt. Deze brij kwam in een kuip, waar de schepper met behulp van een vorm waarvan de bodem uit fijn gaas bestond, de brij opschepte. De schepper had tot taak, de door de gazen bodem reeds enigszins ingedikte brij gelijkmatig te verdelen in de vorm, waarna deze werd omgekeerd en de inhoud op een met vilt bedekte stenen ondergrond gelegd ter droging. De naam geschept papier is hiermede verklaard. Komt men thans in een papierfabriek, dan ziet men door enorme automatische machines met draaiende cilinders de papierbrij omzetten tot rollen papier. Deze z.g. rondzeefpapiermachines vormen het papiervel op een met gaas omspannen draaiende cilinder. Om u een indruk te geven van de grootte van de papiermachines: er komen droogtrommels voor (verwarmde, ronddraaiende cilinders, waar de papierbaan aan de buitenzijde overheen loopt) met een diameter van zes meter!

De samenstelling van de brij heeft natuurlijk invloed op de eigenschappen van het papier. De besproken lompen worden alleen als grondstof toegepast indien duurzaamheid een grote rol speelt (bijv. bij bankpapier); voor het goedkope krantenpapier daarentegen gaat men uit van houtslipp, met als bijkomend voordeel het zeer snel drogen van de drukinkt. Ook oud papier is soms een waardevolle grondstof. Binnen beperkte grenzen kan dus de papierfabriek aan het papier bepaalde eigenschappen geven. De voor papiercondensatoren benodigde brij bestaat uit zorgvuldig geselecteerd naaldhout, terwijl het water slechts maximaal één milligram onzuiverheid per liter mag bevatten. Door deze zeer zorgvuldige fabricage en de geselecteerde grondstoffen is het dus mogelijk, dat een ontstoringcondensator van een seriemotor continu kan worden belast met een spanning van 220 V ~. Eén onzuiverheid bij de fabricage van het papier of een beschadiging bij het vervaardigen van de condensator zelf kan echter betekenen, dat na verloop van jaren een doorslag optreedt. Als de condensator dan volgens de aanwijzingen in dit boek goed en veilig is geschakeld, dan betekent zo'n defect slechts een niet meer goed functionerend apparaat, maar blijft de veiligheid van de gebruiker gewaarborgd.

## REGISTER

- Aanloopkoppel* 19, 53-59, 68, 71, 73, 79, 81, 84-89  
*Aansluitleiding* 19, 20, 108-115, **116**, 118, 132-134, **137**  
*Aarding, aardleiding e.d.* 14, 19, 20, 93, **105-113**, 114-117, 129, 133, 137  
*Anker* zie: *Rotor*
- Balanceren* 27, 28, 31, 32, 100  
*(On)balans* 26, **27**, 28, 31, 48, 50, 63, 65, **100**  
*Beveiliging* (in motor ingebouwd) 57, **78**, 79
- CEE* **105**, 114  
*Collector* 16, 25, **35**, 36, 38-49, 58, 79, 81, 82, 89, **98**, **99**, 103  
*Commutatie* **39**, **40**, 42-48, 50, 58, 81, 90, 93  
*Condensator*  
     Aanloopcondensator 57, 58, **71-77**, 79, 83, 87, 88  
     Ontstoringcondensator 21, 51, **89-94**, 119, 128-131, 165, 166  
*Contactstop* 19, 20, **108-113**, 115-117, 126, 133, 134, 137, 138  
*Cos (Φ)* 13, 14
- Draadlas* 121, **126-128**  
*Dynamoblik* 17, 25, 26, 32, 64, 67, 80, **164**, **165**
- Elektrisch schema*  
     fig. II-13 Anker seriemotor  
     ,, II-16 Seriemotor  
     ,, III-1 Inductiemotor  
     ,, III-2 Statorwikkeling tweepolige inductiemotor  
     ,, III-7 Toerenregeling shaded-pole motor d.m.v. deelwikkeling  
     ,, III-14 Inductiemotor met hulpwikkeling  
     ,, III-16 Wasmachine (inductiemotor met hulpwikkeling en condensatoraanloop)  
     ,, III-18 Inductiemotor met hulpwikkeling en condensatoraanloop  
     ,, III-19 Beproeving condensatoren

- „ III-20 Toerenregeling condensatormotor d.m.v. smoorspoel
- „ III-23 Tweepolige repulsiemotor
- „ IV-4 Schakeling ontstoringscondensatoren seriemotor
- „ IV-6 Schakeling doorvoertstoringscondensator seriemotor
- „ IV-7 Anker stofzuigermotor (seriemotor)
- „ VI-5 Regeltransformator
- „ VI-6 Meting lekstroom klasse II-toestellen
- „ VI-8 Hoogspanningstestapparaat

*Frequentie (Hz)* 9, **11**, **12**, 21, 24, 37, 38, 56, 57, 66, 67, 87-94, 100, 135, **153**

*Gelijkstroom* 9, 10, 12

Gedrag inductiemotor 55

Gedrag seriemotor 23-25

*Impregneren* 23, **33**, **34**, **36**, 75, 99, 102

*Inductie* 12, **15-17**, 53-55, 67, 73, 79, 80

Zelfinductie 25, 40, 90, **91**

*Isolatie*

Beschermende isolatie 13, 76, 92, 108, 117-119, **124**, 129, 135, 136, 145, **149-153**

Dubbele isolatie 86, **93**, 106, 108, 110, **117**, **124**, **127**, 131, 135, **149-153**, 156

Functionele isolatie 12, **33**, 44, 48-50, 66, 70, 76, 77, 92, 93, 95-97, **102**, 106-109, 117, 118, 121, **124**, 125, 134, **149-153**

*Isolatiemateriaal*

Papier 21, 35, 75, 91, 92, 102, 129, 130, **165**, **166**

Plastics (o.a. bakeliet, nylon, polyester) 33, 35, 100, 102, 113, 119, 122, 127, 130, 131, 135, 137, **155-158**

Rubber 20, 113, 130, 133, 135, 137

*KEMA* **104**, 105, 111, 113-115, 117, 118, 135

*Klasse-indeling* 107, **108**, **109**, 115-119, 135, 137, 149

*Koolborstels* 24, 25, 34, 36, 37, **38**, **39**, **41**, 42-50, 53, 79-83, 89-92, 99, 118, 121, 128

*Koppelhoerengrafiek* 23, 37, **84-89**

*Legering*

Glijlegers 58, **59-61**, 63, 65, 95, 100

Kogellegers 26, **28-32**, 50, 95, 100

*Lekstroom* 117, 129, 131, **149**

*Luchtspleet* **26**, 48, 63, 65

*Magnetisme* 12, **15**, 16, 39, 53-56, 58, 65, 73, 80, 91

*Meetapparatuur*

Ampèremeter 18, 145, **147**

Frequentiemeter 153, 154

Hoogspanningsmeter 51, 142, 150

Ohmmeter 20, 49, 51, 64, 66, 77, 91, **148**

Toerenteller 153

Voltmeter 20, 78, 142, 145, **146**

Wattmeter 18, 45, 48, 142, 145, **147**, **148**

*NEC* **106**, 107, 111, 117, 118

*Proefspanning* 33, 35, 51, 75, 76, 92, 95, 102, 103, **117**, **118**, 121, **131**, 133, **134**, **135**, **149-153**

*Rotor*

Inductiemotor 16, **53-56**, 57, 60, 62-64, 67, 76, 78-80-83, 159

Seriemotor 16, 23-27, 30, 32, **34-37**, 48-50, 95-100, 102, 103, 159, 164

*Sluiting* 21, 27, 35, 48, 51, 65, 66, 96, 97, 130-133, 136, 145, 146

*Soldeer(tin)* 42, 43, 47, 99, 103, **162**, **163**

*Spanning (V)* **10-15**

Onderspanning 18, 19, 41, 51, 59

*Stator*

Inductiemotor 16, **53-55**, 59-67, 77-81, 102

Seriemotor 16, **23-26**, 32, 33, 36-38, 44, 48-50, 101

*Storingzoekers* **17**, **18-21**, 43-51, 64-66, 73, 77, 78, 115, 116

*Tasters* 62, 63, 65

*Temperatuur* 19, 42, 47, 48, 57, 61, 69, 70, 77, **125**, 157

*Toerenregeling*

Inductiemotor 37, **59**, 60, **76**

Seriemotor 37, 86

*Toerental*

Inductiemotor **56**, 57, 59, 63, 65, 67-69, 71, 81, **84-89**, **153**

Seriemotor 19, 23, 24, 26, 27, 39, 41, 47, 48, **84-89**, 95, 96, 125, **153**

*Transformator*

Scheidingstransformator (variac) 19, 145, 146

Verhuistransformator 37, 78

*Vermogen (W)*

Afgegeven **15**, 35, 37, 45, **58**, **59**, 67, 153, 158

Opgenomen **13**, **14**, 27, 48, 49, 51, 55, 57, 60, 64, 65, 71, 78, 125,  
145-148

*Weerstand ( $\Omega$ )* **11**, 19, 25, 38, 54, 55, 66, 70, **90-92**, 106, 107, 117, **148**,  
151

*(Over)wikkelen* 13, 16, 27, 28, 36, 37, 57, 75, **95-103**

*Wikkelingen inductiemotor*

Hoofdwikkeling 53, 54, 67, **68-70**, 78, 87, 88, 102

Hulpwikkeling 53, 54, 57, 58, **68-70**, 72-74, 77, 87, 102

*Wisselstroom ( $\sim$ )* 9, **11-17**, 90, 92, 102, 107, 118, 121, 131, 135, 146, 150,  
151

Gedrag inductiemotor **54**, **55**, 73, 89

Gedrag seriemotor **23-25**, 84

*Wijzigen van de motor*

Frequentie 37, **57**, 66

Voltage 36, 37, **57**, 76

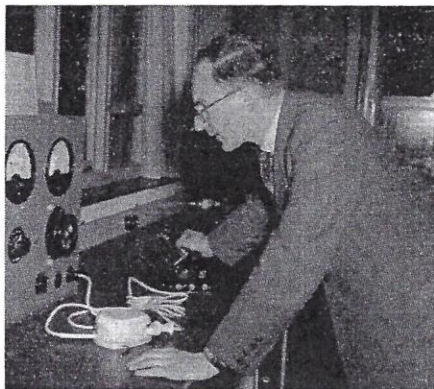
N. W. LAGENDIJK JUBILEERDE

Het officiële dienstverband van N. W. Lagendijk begon op 21 Juli 1941 en dus vierde hij 21 Januari j.l. zijn 12½-jarig jubileum bij VDH. Officieus was hij al eerder in onze dienst, n.l. van Januari 1940 af toen hij als M.T.S.-er een deel van zijn praktijkperiode bij ons doorbracht. Lagendijk moest na dat praktijkjaar, dat hij deels bij de Spoorwegen, deels bij ons doorbracht, wel geslingerd hebben tussen zijn liefde voor elektrische treinen en die voor electromotoren. Dat hij zijn keus op ons bepaalde en geen spoorwegman werd, kunnen wij nu alleen maar toejuichen.

De laborant Lagendijk hield zich onder leiding van Ir Ferwerda onledig met het ontwerpen van collectorloze motoren. De plaatjzeren wasmachinemotor, inmiddels reeds lang van het programma geschrapt, en de motor van de VT 2 ventilator zijn door hem geconstrueerd. Na de oorlog en het begin van de periode dat ons bedrijf zijn vleugels wijd uitsloeg, is hij belast met de leiding van een nieuwe afdeling: de steekproefconstrôle.

Deze afdeling, die de finale constrôle op alle radio's, stofzuigers, vloerwrijvers enz. verricht, is onder Lagendijk's enthousiaste leiding uitgegroeid tot een onmisbare instantie; hij is verantwoordelijk voor de kwaliteit van onze producten en aangezien het juist door hun kwaliteit is dat de VDH-productie zich een plaats op de wereldmarkt heeft kunnen veroveren en behouden, is die afdeling Steekproefconstrôle uiterst belangrijk.

Steekproefconstrôleurs zijn lastige lieden. Zij moeten dat zijn, want bij hen is alleen maar het beste goed genoeg en nooit of te nimmer mogen zij genoegen nemen met minder dan 100 pct. kwaliteit. Dat de volgelingen van Lagendijk — die hun werk verrichten in alle fabrieken — door niemand met een boos



oog worden bekeken, is niet in het minst te danken aan de wijze waarop Lagendijk zijn mensen en zijn „tegenstanders“ heeft weten te bezielen met het heilig vuur. Wij zouden haast zeggen: Lagendijk is een fanatiek VDH-er, iemand die voor zijn zaak door 't vuur gaat, zowel letterlijk als figuurlijk, want hij is ook nog commandant van de brandweer.

Mensen van het Lagendijk-kaliber zijn in onze fabrieken altijd welkom. Mensen die hier werken, niet in de eerste plaats voor het gewin, maar vooral voor het VDH-gezin. Iedereen heeft graag te doen met deze medewerker, die hoewel uit hoofde van zijn functie in hoger mate kritisch zijnde, toch met niemand kwade vrienden wordt of blijft, omdat iedereen weet dat Lagendijk zoveel hart heeft voor zijn werk, dat voor hem alleen maar het allerbeste goed genoeg is voor VDH.

De stortvloed van gelukwensen die Woensdag jl. losbarstte, demonstreerde deze appreciatie ten volle. Wij wensen voor ons zelf en VDH, dat onze vriend N. W. Lagendijk in lengte van dagen zijn ongebreideld enthousiasme in dienst van ons bedrijf blijve stellen.

