

Algemene bouw van gelijkstroommachines

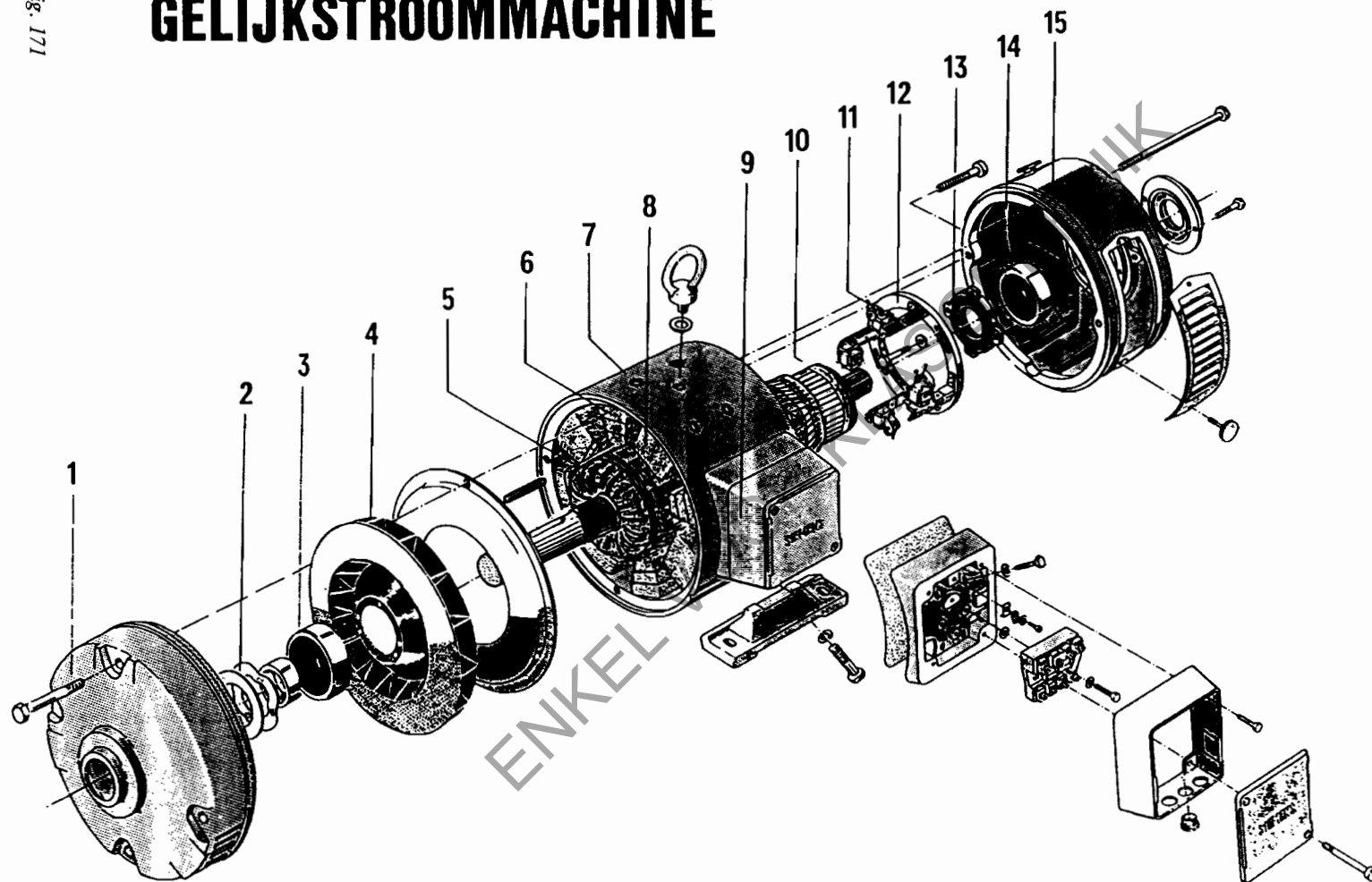
Wegwijzer

De leereenheden 1 t/m 4 gaven ons de principiële samenstelling en de theoretische werking van de gelijkstroommachines. Met leereenheid 5 willen we de studie van de gelijkstroommachines verder afwerken. De vernieuwde technologieën hebben tot gevolg dat de leerstofinhoud voor praktisch alle leervakken te omvangrijk wordt. De technologie van de gelijkstroommachines, die voor een elektricien-sterkstromer van enorm belang is, dreigt hierdoor te weinig aandacht te krijgen. Omwille hiervan, maar ook om pedagogisch-didactische redenen, dachten we dat het nuttig was de studie van de gelijkstroommachines verder te behandelen. Terwijl de theoretische werking van de gelijkstroommachines nog fris in het geheugen ligt, winnen we aan onderwijsrendement door meteen de leerstof van gelijkstroommachines te verbreden door de technologische componenten van de gelijkstroommachines te behandelen.

De niet-specialist-elektricien sterkstroom kan de studie van deze leereenheid overslaan zonder problemen voor het begrijpen van de volgende leerstof. De leerstof behandelt de algemene bouw van gelijkstroommachines waarin de onderdelen in detail worden besproken. Ook de bouwvormen, de uitvoeringsvormen en het onderhoud van gelijkstroommachines krijgen de nodige aandacht.

Het is onnodig te vermelden dat de studie van gelijkstroommachines best geïllustreerd wordt met behulp van een didactische machine die het inzicht in de technologische problematiek zal verruimen.

GELIJKSTROOMMACHINE



- 1 LAGERSCHILD
- 2 VEERRING
- 3 ROLLAGER
- 4 VENTILATOR
- 5 ROTOR
- 6 HULPPOOL
- 7 HUIS-JUK
- 8 HOOFDPOOL
- 9 KLEMMENKAST
- 10 COMMUTATOR
- 11 BORSTELHOUDER
- 12 BORSTELBRUG
- 13 LAGERDEKSEL
- 14 ROLLAGER
- 15 LAGERSCHILD

5.1 Samenstellende onderdelen

Doelstelling

- Met behulp van een afbeelding of didactische machine de onderdelen van een gelijkstroombusmachine benoemen.

Tijdens de studie van leereenheid 5 zal ter verduidelijking naar deze samengestelde figuur worden verwezen.

5.2 Studie van de voornaamste onderdelen

Doelstelling

- De voornaamste onderdelen van een gelijkstroombusmachine opsommen.

Een gelijkstroombusmachine bestaat uit twee grote delen: de rotor (het bewegende deel) en de stator (het vaststaande deel).

De rotor omvat de volgende onderdelen:

- a het anker
- b de ankerwikkeling (rotorwikkeling)
- c de as
- d de collector-commutator
- e de ventilator

De stator omvat de volgende onderdelen:

- a het juk (huis)
- b de polen
- c de borstels en borstelhouders
- d het klemmenbord

5.2.1 De rotor

Doelstellingen

- De samenstelling van de rotor toelichten.
- De constructiebijzonderheden van de onderdelen weergeven en verklaren.

a Het anker

Doelstellingen

- Formuleren wat een anker is.
- De samenstellende delen omschrijven en de constructiebijzonderheden toelichten.
- Een ankerconstructie voor een machine met groot vermogen onderscheiden van de constructie voor een machine met klein vermogen.



fig. 172

Het anker is het gedeelte van de rotor waarin zich de geleiders van de ankerwikkeling bevinden (fig. 172). Het wordt vervaardigd uit op elkaar geperste platen in siliciumstaal (dynamoplaat met max. 3 % Si) met een dikte van ca. 0,5 mm (fig. 173a en 173b).

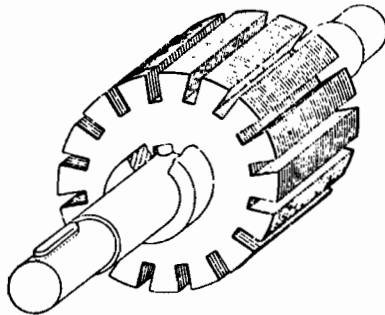


fig. 173a

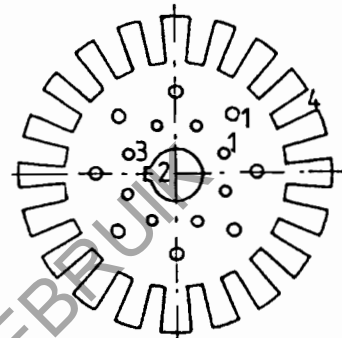


fig. 173b

Die platen zijn van elkaar geïsoleerd door:

- een fijn laagje papier of
- een laklaag of
- een oxidelaagje.

De platen zijn geprofileerd: enerzijds hebben ze gleuven aan de omtrek waarin nadien de ankerwikkeling komt te liggen. Anderzijds hebben ze een aantal ronde openingen die o.a. de axiale ventilatiekanalen zullen vormen, de klembouten doorvoeren (fig. 173b).

De centrale opening dient voor het aanbrengen van de machine-as. Het platenpakket wordt bij elkaar gebracht en opgespannen tussen twee klemplaten uit gietijzer of dik plaatstaal.

Bij machines met gemiddeld groot vermogen plaatst men tussen de blikpakken afstandstukken die radiale ventilatiespleten vormen (fig. 174a en 174b).

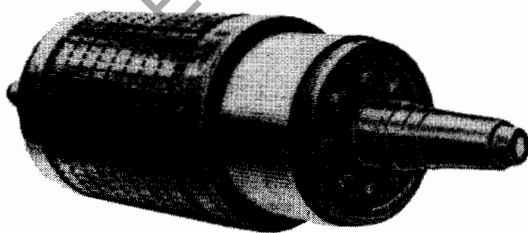


fig. 174a

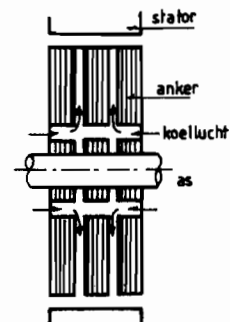


fig. 174b

Bij zeer grote machines reiken de ankerplaten niet tot aan de as maar hebben ze slechts de breedte nodig voor de ankerflux (fig. 175).

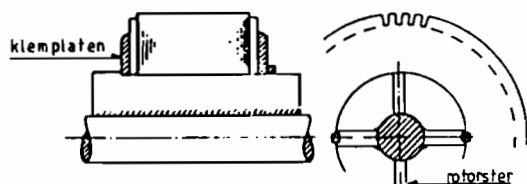


fig. 175

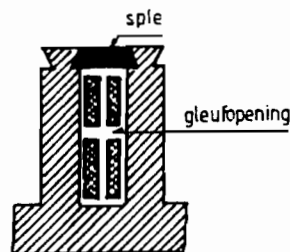


fig. 176

De platen worden dan vastgeklonken tussen twee klempaten en vastgemaakt op de omtrek van een vlieg wiel, *rotorster* genaamd (fig. 175).

Als gleuf neemt men de open vorm aan. Deze vorm biedt het voordeel dat men de spoelen eventueel op voorhand kan samenstellen en dan in de gleuf leggen. Na het plaatsen van de wikkeling(en) wordt de gleufopening afgesloten met een wig uit hout of bakeliet. Die heeft tot doel te weerstaan aan de middelpuntvliedende kracht (fig. 176). Soms worden ze versterkt door banden uit niet-magnetisch materiaal.

b De ankerwikkeling

Doelstellingen

- De functie van de ankerwikkeling binnen het geheel van een elektrische machine omschrijven.
- De mogelijke gebruikte grondstoffen voor de ankerwikkeling opsommen en de keuze verantwoorden.
- De vorm van de geleiderdoorsnede in functie van de vulfactor toelichten.
- Het isoleren van de wikkelementen in de ankergleuven verduidelijken aan de hand van een schets.
- Het vormen van de spoelen aan de hand van figuren toelichten.

De ankerwikkeling zoals ze uitvoerig werd besproken in leereenheid 1 omvat het elektrisch gedeelte van de rotor. Daarin worden de spanningen gegenereerd bij generatoren en ontstaan de lorentzkrachten bij motoren.

Voor de ankerwikkeling maakt men praktisch uitsluitend gebruik van elektrolytisch koper. Naar gelang van de koeling varieert de stroomdichtheid van 1,2 tot 1,4 A/mm². Aluminium wordt slechts bij uitzondering gebruikt, omdat het ingenomen volume te groot wordt. De ingenomen ruimte speelt bij machines een belangrijke rol. Men gebruikt geleiders met cirkelvormige doorsnede wanneer de doorsnede klein is, rechthoekige geleiders bij grote doorsneden. Bij deze laatste is de gleufbenutting of *vulfactor* groter. De vulfactor is de verhouding van de netto koperdoorsnede tot de totale gleufdoorsnede.

De wikkeling wordt samengesteld uit vooraf klaargemaakte spoelen.

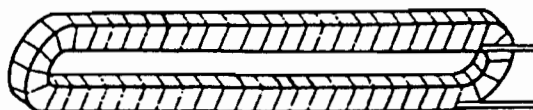


fig. 177a
Spoel met mal gewikkeld

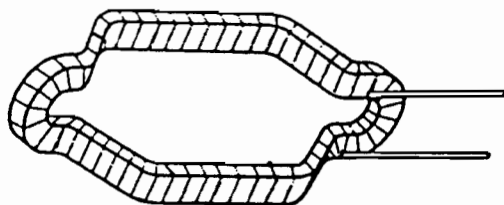


fig. 177b

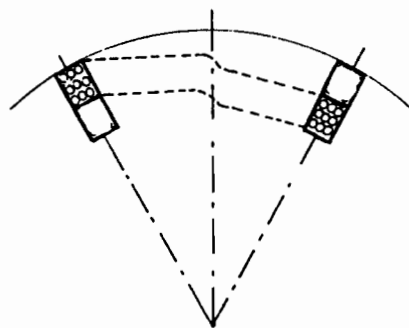


fig. 177c
Gevormde spoel

Die spoelen bekomt men door:

- de geïsoleerde geleiders op een mal te wikkelen (fig. 177a) en te vormen (fig. 177b - 177c). Ter illustratie geeft fig. 178 een mogelijke dwarsdoorsnede van een spoel
- vervaardiging met behulp van speciale wikkelmachines.

Voor het geval dat er twee elementzijden per gleuf zijn voorzien (fig. 177c) zal bij vooraf klaargemaakte spoelen, een zijde onder en de andere zijde boven in de gleuf liggen. Hoe de spoelkop eruitziet, wordt weergegeven in fig. 177b. Door deze schikking is het mogelijk de spoelen perfect symmetrisch aan te leggen, bovendien is de rotor al bereikbaar goed uitgebalanceerd.

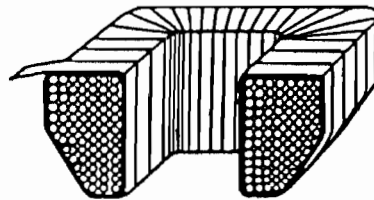


fig. 178
Doorgesneden spoel

Wordt de doorsnede van de geleider te groot, dan stelt men hem samen uit geleiders met kleinere doorsnede die men parallel schakelt om de soepelheid te bevorderen.

De isolatie van de geleiders en van de spoel wordt zeer goed verzorgd. Elke geleider heeft zijn eigen isolatie; nadien krijgt elke spoel een globale isolatie; ten slotte voorziet men een isolatie tussen de spoelen onderling en tussen de spoelen en de massa.

De laatste isolatie wordt uitgevoerd met hetzij gebakeliseerd papier, hetzij leerpapier of micafolie. In fig. 179 is een voorbeeld ter illustratie weergegeven.

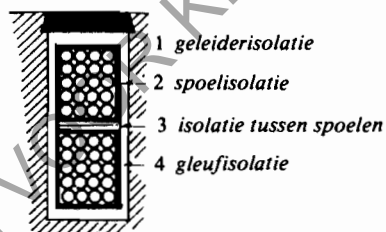


fig. 179

c De as

Doelstellingen

- Het doel van de as omschrijven.
- Constructiebijzonderheden van de as toelichten.

Het rotorlichaam wordt gedragen door de as van de machine.

De as heeft als doel het draaimoment naar het aangedreven (motorwerking) of het aandrijvende werktuig (generatorwerking) over te brengen. De as wordt omwille van de wisselende belasting erg zwaar belast en dient met de grootste zorg vervaardigd te worden.

De as van de machine wordt vervaardigd uit gesmeed staal.

De as draagt het anker, de collector, de ventilator.

De as wordt ruim berekend op doorbuiging i.v.m. wijziging van de luchtspleet. Overdreven doorbuiging kan ook optreden bij een defecte lager of niet in lijn liggen van de lagers.

d De collector-commutator

Doelstellingen

- Het doel van de collector-commutator omschrijven.
- De samenstelling van de collector-commutator aan de hand van een figuur toelichten.

De collector-commutator is een cilindrisch lichaam op de rotoras gemonteerd. Hij bestaat uit een aantal van elkaar geïsoleerde koperen collectorlamellen die worden samengehouden door een van deze lamellen geïsoleerde draagconstructie.

Het doel van de collector-commutator is drievoudig:

- 1 De ankerwikkeling verbinden met een uitwendige bron (werking als motor) of verbruiker (werking als generator) via koolborstels;
- 2 een stroomomkerende werking, zowel bij generatorwerking als bij motorwerking;
- 3 de verbinding verwezenlijken van uitlopers van spoelen.

De collector-commutator is het meest kwetsbare onderdeel van de gelijkstroommachine (fig. 180).

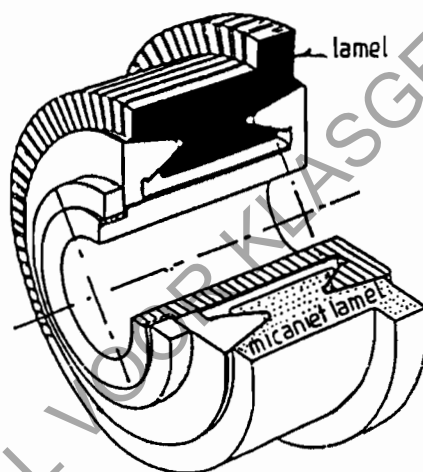


fig. 180

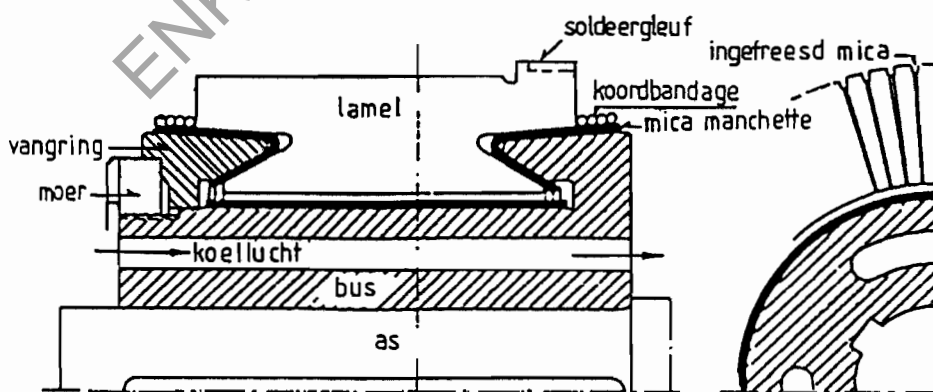


fig. 181a

fig. 181b

Hij is samengesteld uit hardkoperen lamellen waarvan de dwarsdoorsnede een trapeziumvorm heeft, zodanig dat ze samengevoegd kunnen worden tot een cilinder (fig. 181b). De lameldikte varieert van 3 tot maximum 6 mm.

De bovenzijde is rechtlijnig en vlak.

De onderzijde heeft twee schuine vlakken die het opspannen van de lamellen toelaten met behulp van axiale bouten of opsluitmoeren. De collectorlamellen worden t.o.v. elkaar geïsoleerd door mica-niet van dezelfde vorm als de lamellen. De gemiddelde lamelspanning bedraagt maximum 15 V voor machines zonder compensatiewikkeling en maximum 23 V voor machines met compensatiewikkeling.

Het uitwendige oppervlak van de collector wordt op een draaibank zorgvuldig afgewerkt, waarna de mica-isolatie ca. 0,5 à 1 mm wordt uitgefreesd. De collector wordt bij kleine machines rechtstreeks op de as bevestigd. Bij grotere machines wordt hij gedragen door een schijf die wordt vastgemaakt aan de rotorster.

Het bevestigen van de uiteinden van de spoelen gebeurt door solderen van de uitlopers van de spoelen in de daartoe voorziene groef van elke collectorlamel.

e De ventilator

Doelstellingen

- De functie van de ventilator in het geheel van een elektrische machine omschrijven.
- De invloed van de ventilator op het nuttig afgegeven vermogen toelichten.

Bij machines in open uitvoering kan de omgevende lucht voor voldoende koeling zorgen door natuurlijke luchtcirculatie binnen en buiten de machine. Machines met min of meer gesloten uitvoering vereisen een gedwongen luchtcirculatie, zodat een ventilator noodzakelijk wordt.

De ventilator is een schoepenrad dat op een as is vastgezet (fig. 182).

De koellucht wordt door de ventilator aangezogen door spleten in de kleppen die de handgaten afsluiten. De lucht strijkt langs het anker en tussen de polen door. Daarna wordt de lucht naar buiten geblazen via een opening aan de onderkant van het huis. Aanzuig- en afvoeropeningen moeten altijd gevrijwaard worden van enige hindernis (bv. overdreven stof of vuil).

Het vermogen dat de ventilator opneemt, vermindert automatisch het nuttig afgegeven vermogen en zal, zoals bij de rendementsbepaling (leereenheid 4) al werd opgemerkt, een deel van de wrijvingsverliezen (ventilatieverliezen) uitmaken.

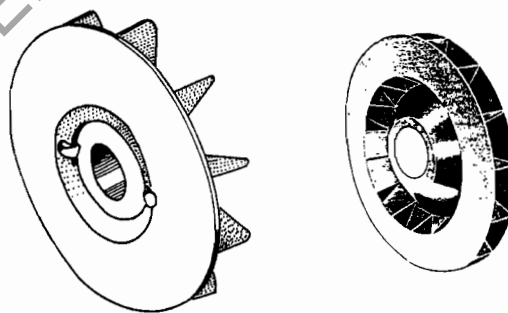


fig. 182
Ventilator

5.2.2 De stator

a Het juk (huis)

Doelstellingen

- De functie van het juk binnen het geheel van een elektrische machine omschrijven.
- De begrippen *juk* en *huis* toelichten.
- Het gebruikte materiaal voor het vervaardigen van juk en huis verklaren.

Het juk is het gedeelte van de magnetische keten (ferromagnetisch materiaal) in een elektrische machine dat hoofdzakelijk dienst doet als sluitweg voor de magnetische krachtlijnen die bij de elektrische machines van pool tot pool lopen (fig. 183a).

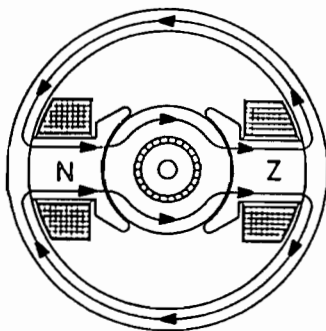
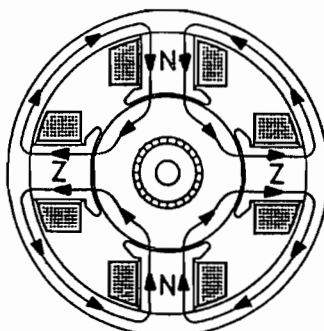


fig. 183a
Tweepolige machine



Vierpolige machine

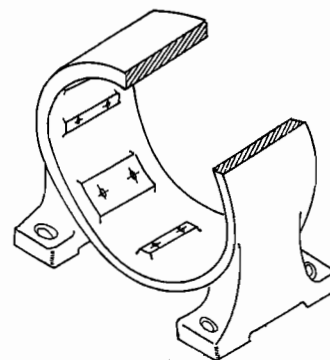


fig. 183b
Juk (huis)

Daarnaast vormt het juk eveneens een constructieve verbinding tussen de polen. Bij elektrische machines met uitspringende polen in de stator fungeert, zoals bij gelijkstroommachines het geval is, het statorjuk eveneens als huis voor de machine (fig. 183b).

Het huis, als ommanteling van het geheel (fig. 183b), wordt vervaardigd uit:

- hetzij dikwandige, zachtstalen pijp waarvan het middendeel dikker wordt uitgevoerd (juk) en dient voor het plaatsen van de polen;
- hetzij uit gegoten staal of gietijzer.

Wanneer de plaatsingsruimte erg beperkt is of wanneer vergrote afkoelingsoppervlakten noodzakelijk zijn, wordt afgeweken van de ringvorm en neemt men een rechthoekig of achtvormig huis uit gietstaal.

De inductiewaarden in het juk variëren van 1,1 tot 1,6 Wb/m².

Voor een gietijzeren statorjuk is de inductiewaarde maximum 0,7 Wb/m².

b De polen

Doelstellingen

- De functie van de polen omschrijven.
- De samenstellende delen van een pool omschrijven.
- De hoofd- en hulppolen onderscheiden wat de samenstelling betreft.
- Enkele bijzonderheden aangaande de grootte van de luchtspleet toelichten.
- De volledig gelamelleerde stator vergelijken met de stator met lichamelijke polen.

De polen, bestaande uit ferromagnetisch materiaal, vormen de bron van magnetisme in de magnetische keten. Vanuit de polen treden de krachtlijnen in of uit de luchtspleet (Z- of N-pool). Die krachtlijnen vinden hun ontstaan door een of meer stroomvoerende wikkelingen die rond de polen zijn geplaatst (fig. 184).

In een gelijkstroommachine treft men twee soorten polen aan: hoofdpolen en hulppolen.

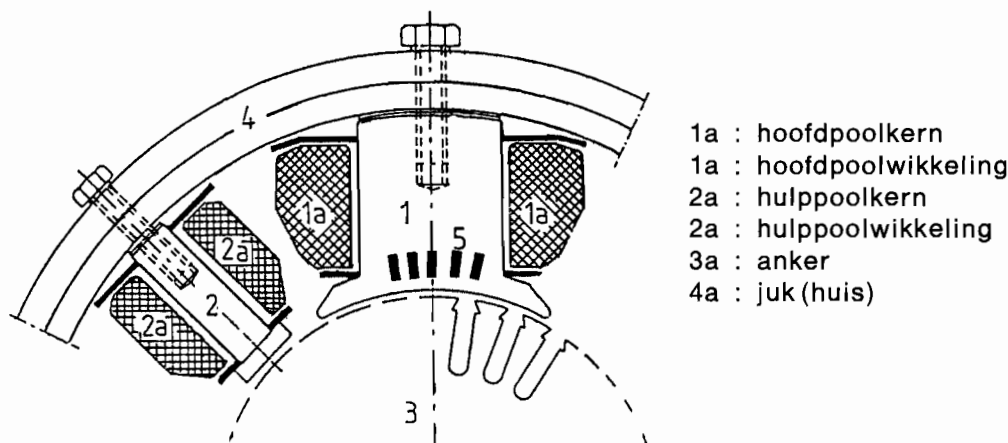


fig. 184

Hoofdpolen – hulppolen en poolwikkeling

De polen worden uitgevoerd hetzij als uitspringende of lichamelijke polen, hetzij als volledig gelamelleerde stator.

Lichamelijke polen

Het poollichaam bestaat uit twee delen:

- de poolkern
- de poolschoen (fig. 185).

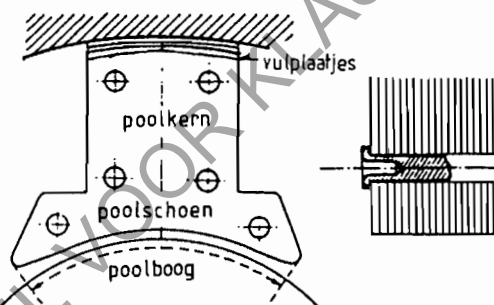


fig. 185

Poollichaam

De *poolkern* is het aan het juk grenzend deel dat de poolwikkeling(en) draagt. De inductie in de poolkern varieert van 1,2 tot 1,7 Wb/m².

De *poolschoen* is altijd breder dan de kern. De breedte van de naar de luchtspleet gekeerde zijde van de poolschoen, de z.g. *poolboog*, alsmede het profiel bepalen in grote mate de vorm van de veldkromme van het door de polen opgewekt magnetisch veld. De poolschoen moet gelamelleerd worden, om de ijzerverliezen te beperken. De meest economische fabricagemethode voor de hoofdpolen is die waarbij men uitgaat van dunne geponste staalplaat. De poolkern is in dat geval eveneens gelamelleerd. De afzonderlijke lamellen worden tot een geheel geniet (fig. 185).

De luchtspleet is het kleinst midden onder de poolschoen en neemt, naar buiten gaand, geleidelijk toe om een optimale fluxverdeling te bekomen. De inductie in de luchtspleet varieert van 0,4 tot 0,5 Wb/m² voor kleine machines en van 1 tot 1,1 Wb/m² voor grote machines. Bij kleine machines is de luchtspleet over 2/3 van de poolboog constant en worden de z.g. poolsptissen recht afgeschuind. De grootte van de luchtspleet wordt met behulp van vulplaatjes tussen juk en poolkern bepaald.

De hulppolen daarentegen worden vanwege hun eenvoudige vorm (rechte poolschoen) meestal uit massief materiaal vervaardigd.

De polen worden aan het juk bevestigd met bouten.

De veldwikkeling van iedere pool kan in verschillende spoelen worden onderverdeeld om de afkoeling te bevorderen.

Soms wordt bij grote machines een commutatiewikkeling aangebracht in gleuven in de poolschoenen.

Volledig gelamelleerde stator

Hierbij zijn de lichamelijke polen (zie rechterdeel van fig. 186) vervangen door een gelamelleerd statorblikpakket waarin gleuven zitten voor de veldwikkeling (linkerdeel van de figuur). De voordelen van dergelijke uitvoering zijn:

- kleinere afmetingen van de machine
- betere warmte-overdracht.

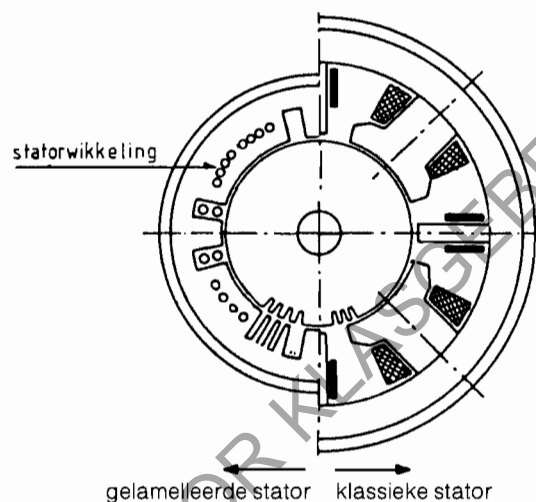


fig. 186

Dergelijke machines worden vooral toegepast in gevallen waar volumebeperking vereist is (automatisering).

Toelichting

Doelstelling

- De algemene regel om in de verschillende onderdelen van de magnetische keten een gelijke fluxdichtheid te bekomen, toelichten.

Bijzonderheden i. v. m. het magnetisch circuit (fig. 187)

De veldlijnen van het magnetisch circuit volgen in de machine de kortste weg door het ijzer. Ze gaan vanuit de N-polen door de luchtspleet naar het anker en vervolgens via de luchtspleet, Z-polen en het juk weer terug naar de N-polen.

De veldlijnen gaan niet door:

- de gleuven van de ankerwikkelingen;
- de koperen wikkeling, omdat de magnetische reluctantie zo groot is als die van lucht.

De tanden tussen de ankerpleuven mogen niet te smal zijn, anders treedt te snel magnetische verzadiging op. Men laat inducties toe van 1,8 tot 2,5 Wb/m².

Regel: *De totale doorsnede van de tanden onder de polen = de doorsnede van de polen = 2 maal de doorsnede van het juk.*

Het gevolg hiervan is dat de fluxdichtheid in juk en polen overal dezelfde is en dat de verzadiging overal gelijktijdig optreedt.

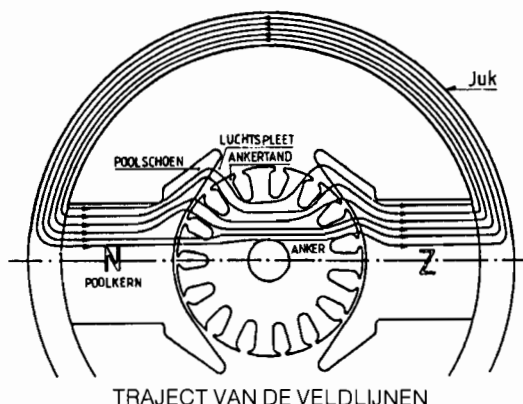


fig. 187

c Borstels en borstelhouders

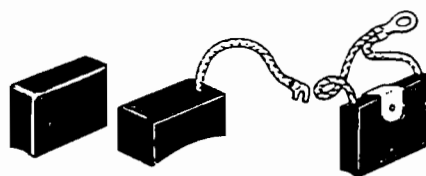
Doelstellingen

- De noodzaak van de borstels aantonen.
- Aan de hand van een figuur verschillende uitvoeringsvormen van borstels onderscheiden wat het toepassingsgebied betreft.
- De afmetingen (breedte, hoogte en oppervlakte) van de borstels verrechtvaardigen.
- Naar gelang van de samenstelling van de borstels, de eigenschappen en het toepassingsgebied omschrijven.
- Aan de hand van een figuur het begrip reactieborstels toelichten.
- De constructiebijzonderheden van de borstelhouders toelichten.
- Aan de hand van enkele afbeeldingen verschillende uitvoeringsvormen van borstelhouders onderscheiden.

1 Borstels

De borstels zijn geleidende materialen die dienen om door middel van glijdende contacten een elektrische verbinding tot stand te brengen tussen een bewegend (collector) en vaststaand gedeelte (aansluitklemmen).

De borstel ontleent zijn naam aan de vroegere toepassingen waarbij voor hetzelfde doel borstelvormige bosjes koperdraad (nog van toepassing bij speelgoed) of kopergaas gebruikt werden. De grote slijtage en de slechte commutatie-eigenschappen (vonkenregen) waren er oorzaak van dat rond het jaar 1900 de koolstofborstel zijn intrede deed. De borstels worden in de neutrale lijn van de machine geplaatst en zijn zeer uiteenlopend van vorm. In fig. 188 zijn enkele uitvoeringsvormen van borstels weergegeven.



ENKELE BORSTELVORMEN

fig. 188

Afmetingen

De afmetingen worden als volgt bepaald:

- de dikte wordt in hoofdzaak bepaald door de lamelsteek en de aard van de rotor-wikkeling;

- de hoogte wordt beperkt door de weg die de drukvinger of drukveer van de houder bij wegslijten van de borstel kan doorlopen zonder dat de borsteldruk al te zeer vermindert;
- de oppervlakte wordt berekend uitgaande van de nominale stroomsterkte van de machine en de toegelaten stroomdichtheid. Wordt de doorsnede te groot, dan neemt men parallelgeschakelde eenheden (borstellijn).

Samenstelling

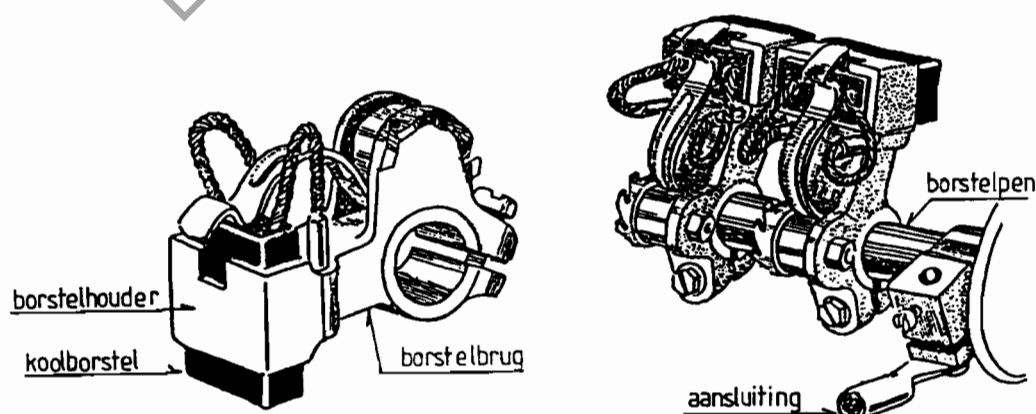
Naar gelang van de samenstelling van de borstels kan men ruwweg 4 hoofdgroepen onderscheiden:

- harde koolborstels gebruikt voor kleine machines;
- elektrografietborstels: de meest gebruikte kwaliteit;
- grafietborstels: geringe hardheid (lage wrijvingscoëfficiënt; gebruikt bij machines met hoge omtreksnelheden);
- metaalbevattende borstels: slechts gebruikt bij gelijkstroomgeneratoren voor grote stroom bij lage spanning (bv. elektrolyse); eigenschappen: lage weerstand, grote toelaatbare stroomdichtheid.

De hoofdeigenschappen volgens de samenstelling geven we hieronder overzichtelijk weer.

Hoofdgroep	Harde kool	Elektrografiet	Grafiet	Metaalbevattend
Hardheid (°Shore)	40 - 75	30 - 70	15 - 25	8 - 20
Specifieke weerstand (Ωm)	$40 \cdot 10^{-6}$ - $55 \cdot 10^{-6}$	$20 \cdot 10^{-6}$ - $50 \cdot 10^{-6}$	$15 \cdot 10^{-6}$ - $25 \cdot 10^{-6}$ (1)	$0,1 \cdot 10^{-6}$ - $3 \cdot 10^{-6}$
Borstelovergangsspanning (V) (dubbele waarde)	2,3 - 3	2,3 - 3,2	2 - 2,5 (2)	1,4
Wrijvingscoëfficiënt	0,20	0,12 - 0,20	0,10 - 0,020	0,08 - 0,15
Toelaatbare stroomdichtheid (A/m^2)	$5 \cdot 10^{-6}$ - $8 \cdot 10^{-6}$	$10 \cdot 10^4$ - $12 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$ - $10 \cdot 10^4$	$15 \cdot 10^4$ - $20 \cdot 10^4$
Toelaatbare omtreksnelheid (m/s)	15 - 25	20 - 50	35 - 50	20 - 35
Massadichtheid (kg/dm^3)	1,4 - 1,6	1,5 - 1,7	1,3 - 2 (3)	3 - 5,5
Borsteldruk (N/m^2)	12000-15000 (3)	15000-18000 (3)	15000-18000 (3)	18000-25000 (3)

(1) Bij bakelietgebonden grafiet $80 \cdot 10^{-6}$ - $150 \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$
 (2) Idem: $\geq 3 \text{ V}$
 (3) Onder normale omstandigheden



BORSTELS EN BORSTELHOUDERS

fig. 189

2 Borstelhouders

De borstels zitten in borstelhouders. Met behulp van een borstelbrug en borstelpen wordt de borstel in contact gebracht met de collector-commutator (fig. 189). De borstel moet gemakkelijk in de borstelhouder op en neer kunnen schuiven, mede in verband met de thermische uitzetting. De speling dient echter beperkt te worden om de trillingen binnen bepaalde grenzen te houden.

Als waarden voor de speling gelden: 0,1 à 0,15 mm in lengterichting, 0,15 à 0,2 mm in breedterichting.

Een min of meer gecompliceerd veerwerk zorgt voor de nodige contactdruk. Hierdoor wordt het denderen van de borstel vermeden waardoor deeltjes van de borstels kunnen afbreken.

Waarden voor contactdruk:

- normaal: tussen 12000 en 25000 N/m²;
- voor machines onderhevig aan schokken en trillingen en bij kleine machines met grote rotatiefrequentie: tot 40000 N/m².

De juiste borsteldruk is zeer belangrijk in verband met de vorming en instandhouding van de commutatorfilm en de borstelovergangsweerstand. Deze laatste is begrepen tussen 0,1 en 0,02 Ω .

Borstelhouders nemen dikwijls de borstelstroom over. Dat is mogelijk omdat de borstelpen geïsoleerd is t.o.v. de borstelbrug.

Reactieborstels

In het algemeen, maar vooral bij snellopende machines, geeft men de voorkeur aan reactieborstels. Hierbij staan de borstels onder een hoek t.o.v. de loodlijn op de commutator. Gewoonlijk staan de borstels stekend tegen de draaizin in (fig. 190).

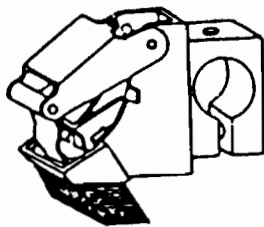
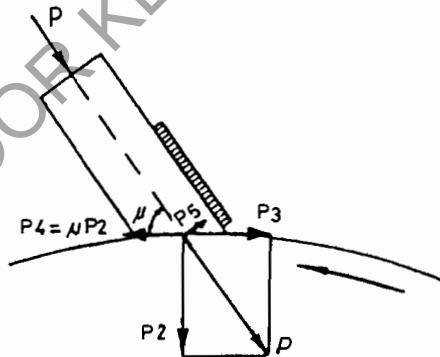


fig. 190



In fig. 189 en 191 zijn enkele afbeeldingen van borstelhouders weergegeven.

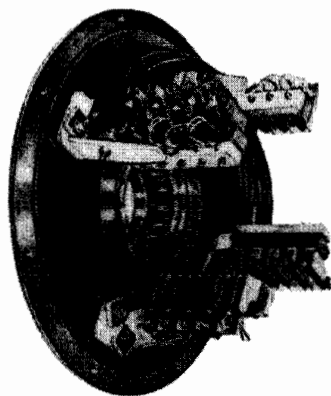


fig. 191a



fig. 191b

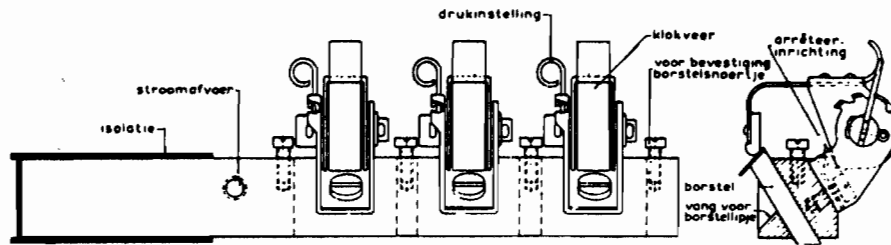


fig. 191c

d Het klemmenbord

Doelstelling

- Aan de hand van een schets de samenstelling van het klemmenbord verduidelijken.

In fig. 192 is een mogelijke afbeelding van het klemmenbord van een compoundmachine weergegeven. Bij andere gelijkstroommachines ontbreken bepaalde klemmen of zijn bepaalde klemmen niet verbonden.

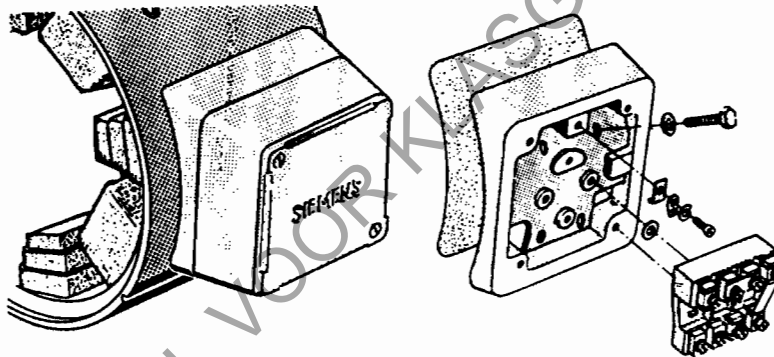


fig. 192a

Klemmenbord en behuizing

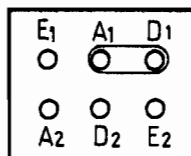


fig. 192b

5.3 Montagebijzonderheden

5.3.1 Bouwvormen

Doelstellingen

- De nood aan verschillende opstellingsmogelijkheden verduidelijken.
- Aan de hand van de symbolische voorstellingen de bouwvormen onderscheiden.

De bouwvormen geven aan op welke wijze de machine wordt opgesteld en eventueel verbonden met het aandrijvend of aangedreven werktuig, naargelang het een generator of motor betreft. De bouwvormen worden aangeduid door kenmerkende letters en cijfers.

Zo staat bouwvorm B voor machines met draagschild(en) en horizontale opstelling van de as.

B₃, B₅, B₇, B₈ : voetmontage, 1 vrij aseinde
 B₄, B₁₀ : flensmontage
 B₉ : 1 draagschild, montage direct aan het statorhuis

Bouwvorm V staat voor machines met draagschild(en) en verticale opstelling van de as.

V₁, V₂, V₃, V₄, V₁₀ : flensmontage
 V₅, V₆ : voetmontage, 1 vrij aseinde
 V₈, V₉ : 1 draagschild, montage direct aan het statorhuis

In fig. 193 zijn verschillende bouwvormen weergegeven.

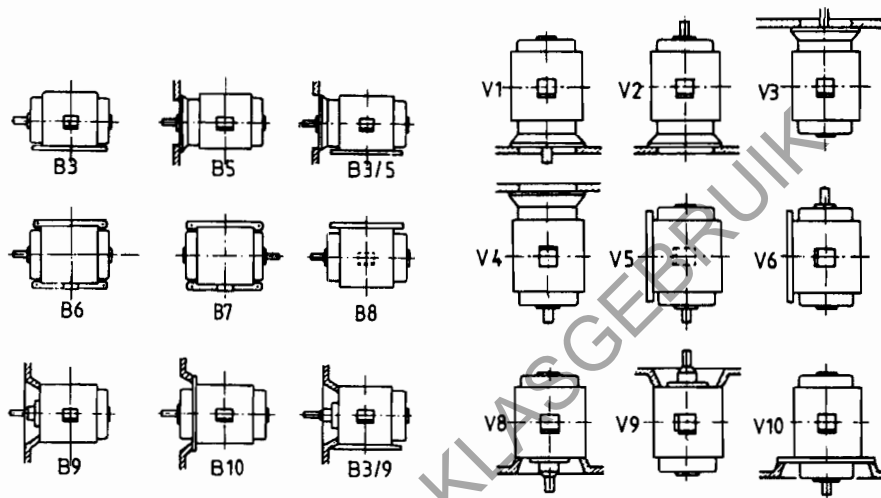


fig. 193
 Enkele bouwvormen

5.3.2 Uitvoeringsvormen

Doelstellingen

- Naar gelang van de gegeven werkomstandigheden de meest geschikte uitvoeringsvorm kiezen.
- Uit de codecijfers de werkomstandigheden afleiden.

Elektrische machines worden gebruikt in zeer uiteenlopende omstandigheden. Ze moeten noodzakelijkerwijs aan die omstandigheden aangepast zijn.

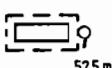
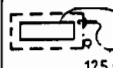
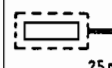
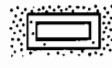
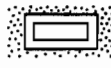
Men onderscheidt aldus de volgende types, gekenmerkt door een codenummer IPXX. De letters IP staan voor *insulation protection*. Bestaande normen: NBN C20-001; IEC 529; DIN 40050.

De aanduiding IP wordt gevolgd door twee cijfers. Het eerste cijfer geeft de graad van bescherming tegen het indringen van vaste voorwerpen aan (zie fig. 194, tabel 1). Het tweede cijfer geeft de graad van bescherming tegen het indringen van vloeistoffen (zie tabel 2) aan.

Voor de aanduidingen volgens NF C20 - 010 - normen is een derde cijfer voorzien. Dat derde cijfer wijst op de graad van mechanische bescherming (slagvastheid). In tabel 3 zijn ook die waarden weergegeven.

BESCHERMINGSWAARDEN ELEKTRISCH MATERIEEL

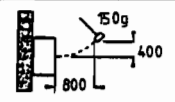
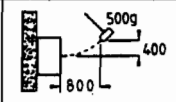
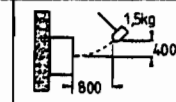
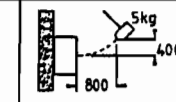
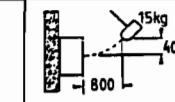
BESCHERMING TEGEN AANRAKING VAN ONDER SPANNING STAANDE DELEN BESCHERMING TEGEN INDRINGEN VAN VASTE VOORWERPEN

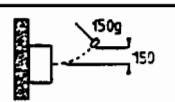
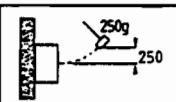
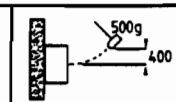
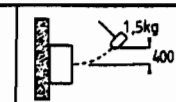
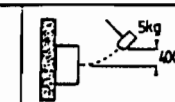
	Geen bescherming	Bescherming tegen toevallige aanraking Vaste voorwerpen groter dan 50 mm	Bescherming tegen aanraking met de vingers Vaste voorwerpen groter dan 12 mm	Bescherming tegen aanraking met gereedschap Vaste voorwerpen groter dan 2,5 mm	Bescherming tegen aanraking met fijn gereedschap Vaste voorwerpen groter dan 1 mm	Volledige bescherming tegen aanraking Schadelijke neerslag van stof	Volledige bescherming tegen aanraking Indringen van stof
PROEF		 52,5 mm	 12,5 mm	 2,5 mm	 1 mm		
CEE symbool							
beschermingsgraad volgens NBN C20-001 IEC 529 DIN 40050	IP0X	IP1X	IP2X	IP3X	IP4X	IP5X	IP6X
NF C20-010	IP0XX	IP1XX	IP2XX	IP3XX	IP4XX	IP5XX	IP6XX

BESCHERMING TEGEN INDRINGEN VAN VLOEISTOFFEN

	Geen bescherming	Verticaal vallende waterdruppels	Vallende waterdruppels tot 15° van de verticale	Regen (tot 60° van de verticale)	Waterprojecties uit willekeurige richting (360°)	Waterstralen uit willekeurige richting (360°)	Omstandigheden zoals op de brug van een schip	Onderdompeling
PROEF			 15°	 60°		 p1	 p2 > p1	
CEE symbool								
beschermingsgraad volgens NBN C20-001 IEC 529 DIN 40050	IPX0	IPX1	IPX2	IPX3	IPX4	IPX5	IPX6	IPX7
NF C20-010	IPX0X	IPX1X	IPX2X	IPX3X	IPX4X	IPX5X	IPX6X	IPX7X

MECHANISCHE BESCHERMING : SLAGVASTHEID

PROEF					
beschermingsgraad volgens NBN C20-001	RC1	RC2	RC3	RC4	RC5
Slagenenergie (J)	0,6	2	6	20	60

PROEF					
beschermingsgraad volgens NF C20-010	IPXX1	IPXX3	IPXX5	IPXX7	IPXX9
Slagenenergie (J)	0,225	0,5	2	6	20

Na 10 slagen mag het omhulsel geen schade vertonen die de beschermingsgraad IP . . in gedrang brengt.

fig. 194

5.3.3 Onderhoud

Doelstellingen

- De drie onderhoudsniveaus onderscheiden.
- De werkzaamheden per onderhoudsniveau opsommen en toelichten.

Men onderscheidt de volgende onderhoudsniveaus:

- a* dagelijks onderhoud;
- b* doorgedreven onderhoud;
- c* revisieonderhoud.

a Dagelijks onderhoud

Het dagelijks onderhoud (niet noodzakelijk elke dag!) omvat bv. nasmeren van de lagers, controle en eventueel vervangen van de koolborstels.

b Doorgedreven onderhoud

Dit onderhoud kan omvatten:

- controleren van lagers en spieën;
- demonteren van lagerplaten;
- zuiver maken van verschillende onderdelen zoals lagers, collector;
- smeren van lagers;
- meting van de isolatieweerstand.

c Revisieonderhoud

Dit kan slechts geschieden in een gespecialiseerd bedrijf.

De volgende werkzaamheden kunnen plaatsvinden:

- demonteren van de machine;
- zuiver maken van de onderdelen;
- opnieuw lakken van spoelen en wikkelingen;
- vervangen van lagers en borstels;
- uitbalanceren van het anker;
- uitlopers van de spoelen herisoleren;
- hermonteren en beproeven van de machine.

5.3.4 Bestelspecificaties

Bij het bestellen van een gelijkstroommachine zal men de volgende gegevens opgeven:

- het opgenomen of afgegeven vermogen;
- de klemspanning;
- het toerental bij nominale belasting;
- de uitvoeringsvorm;
- de bouwvorm en het bedrijfstype.

Als bedrijfsspanningen zijn de volgende waarden gebruikelijk:

- voor generatoren: 115, 230, 460, 630, 1200 en 2400 V;
- voor motoren: 24, 40, 110, 220, 440, 600, 750, 1500 en 3000 V.

5.4 Diagnostische toets

Zie Toetsenboekje.

5.5 Herhalingstaken – Basis / Verrijkingsoopdrachten

De technologisch gerichte leerinhoud van leereenheid 5 vraagt als herhalings- en verrijkingstaken opdrachten die zijn aangepast aan de studierichting. De leerkracht zou als taken de volgende opdrachten kunnen voorzien:

- het monteren en demonteren van een didactische gelijkstrooommachine;
- het monteren en demonteren van een gelijkstrooommachine zoals ze in de praktijk voorkomt;
- het uitvoeren van enkele metingen: de borsteldruk, de borsteldoorsnede, het bepalen van de plaats van de borstels op de collector, het opzoeken van de wikkelingen enz.

De leerkracht zou ook de meest recente documentatie ter hand kunnen stellen.

De leerlingen kunnen dan deze documentatie als verbreding en verdieping van de leerstof doornemen.

Ook dia's, video- en filmopnamen zouden de leerstof kunnen actualiseren.

ENKEL VOOR KLASGEBRUIK

SYNTHESE

Algemene bouw van gelijkstroommachines

Een gelijkstroommachine (motor of generator) bestaat uit twee grote delen: de rotor (bewegende deel) en de stator (vaststaande deel).

De rotor omvat: het anker, de ankerwikkeling, de as, de collector-commutator en eventueel een ventilator.

Het *anker* is samengesteld uit geprofileerd dynamoblik met openingen voor de ankerwikkeling, de klembouten, de ventilatie en de as.

De *ankerwikkeling* uit koper of aluminium met ronde of rechthoekvormige doorsnede is samengesteld met spoelen vervaardigd m.b.v. mallen of wikkelmachine.

De *as* draagt het anker, de collector, de ventilator en de lagers. De as maakt de mechanische koppeling met andere machines mogelijk.

De *collector-commutator* is samengesteld uit hardkoperen lamellen in trapeziumvorm, onderling van elkaar geïsoleerd met ingefreesde mica. Elke lamel heeft een groef waarin de uitlopers van de spoelen worden gesoldeerd.

De eventueel aanwezige *ventilator* zorgt voor gedwongen luchtkoeling.

De stator omvat: het juk, de polen, de borstels, de borstelhouders en het klemmenbord.

Het *juk* (machinehuis), uitgevoerd in ferromagnetisch materiaal, maakt deel uit van de magnetische keten en dient als sluitweg voor de poolflux. De uitvoeringsvorm varieert van cirkel-, rechthoek- tot achtvorm.

Als *polen* onderscheidt men hoofd- en hulppolen. De poolkern draagt de poolwikkeling en is de bron van de magnetomotorische kracht. De poolschoen is breder dan de poolkern en zorgt voor een maximale fluxverdeling. Om de ijzerverliezen te beperken zijn de poolschoenen gelamelleerd.

De *borstel* en *borstelhouders* zorgen voor glijdend elektrisch contact tussen bewegende collectorlamellen en stilstaande aansluitklemmen. De borstelhouders bevatten naast de koolborstels een veerwerk voor het behouden van de nodige contactdruk tussen koolborstel en collectorlamel.

Het klembord maakt aansluitingen en (her)schakelingen mogelijk tussen wikkelingen en het uitwendig netwerk.

Montagebijzonderheden

Verschillende *bouwvormen* zijn noodzakelijk naar gelang van de opstellingswijze, bv. horizontale of verticale opstelling van de as.

De *uitvoeringsvormen* worden bepaald door de bedrijfsomstandigheden (bv. vochtige of stofrijke omgeving). De onderscheiden typen worden gekenmerkt door een codenummer IPXXX. Het eerste cijfer geeft de beschermingsgraad tegen indringen van vaste voorwerpen, het tweede cijfer geeft de graad van bescherming tegen indringen van vloeistoffen en het derde cijfer wijst op de graad van mechanische bescherming (slagvastheid).

Voor het onderhoud van machines onderscheidt men: dagelijks onderhoud, doorgedreven onderhoud en revisieonderhoud.

Bestelspecificaties zijn het vermogen, de klemspanning, de rotatiefrequentie bij nominale belasting, de uitvoeringsvorm en het bedrijfstype.