

mbo

Wisselstroom- machines

TECHNIEKSTAD



COLOFON

©2019 Kenteq, Hilversum

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand dan wel openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname, of enige andere wijze, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

Kenteq
Postbus 81
1200 AB Hilversum

info@techniekstad.nl

Inhoudsopgave

1	Synchrone machines	5
1.1	Synchrone generatoren	6
1.2	Driefasenwisselstroomgeneratoren	13
1.3	Bekrachtigingssystemen voor binnenpoolmachines	17
1.4	Synchrone motoren	20
1.5	Normalisatie	22
1.6	Samenvatting	24
1.7	Antwoorden	26
2	Draaiveld	29
2.1	Draaiveld	30
2.2	Samenvatting	36
2.3	Antwoorden	37
3	Asynchrone driefasen wisselstroommotoren	39
3.1	Kooiankermotor	40
3.2	Asynchrone motor	40
3.3	Rotorkeuze	55
3.4	Samenvatting	63
3.5	Antwoorden	65
4	Aanzetten en beveiligen van driefasen wisselstroommotoren	67
4.1	Voorwaarden voor installateurs	68
4.2	Aanzetinrichting	68
4.3	Aanzetmethodes	69
4.4	Beveiligen van motoren	86
4.5	Samenvatting	94
4.6	Antwoorden	95
5	Remmen van driefasen wisselstroommotoren	97
5.1	Remmen	98
5.2	Samenvatting	102
5.3	Antwoorden	103
6	Toerentalregelmethodes voor wisselstroommotoren	105
6.1	Rotortoerental	106
6.2	Frequentieregeling	106
6.3	Slipregeling	108
6.4	Poolomschakelbare motoren	109
6.5	Dahlanderschakeling	110
6.6	Dahlanderschakeling met magneetschakelaars	115
6.7	Samenvatting	117
6.8	Antwoorden	118
7	Eénfase wisselstroommotoren	119
7.1	Asynchrone motoren	120
7.2	Commutatormotoren	132

7.3	Samenvatting	138
7.4	Antwoorden	139
8	Driefasen wisselstroommotoren aansluiten op een éénfasenet	141
8.1	Ster- en driehoekschakeling	142
8.2	Steinmetzschakeling	142
8.3	Samenvatting	145
8.4	Antwoorden	146
9	Uitvoeringsvormen en energie efficiency wisselstroommotoren	147
9.1	Uitvoeringsvormen	148
9.2	Klemaanduidingen voor motoren	155
9.3	Draairichting en klemaanduiding	157
9.4	Energie efficiency	159
9.5	Samenvatting	164
9.6	Antwoorden	165
10	Vragen	167
10.1	Vragen Synchrone machines	167
10.2	Vragen Draaiveld	171
10.3	Vragen asynchrone driefasen wisselstroommotoren	173
10.4	Vragen Aanzetten en beveiligen van driefasen wisselstroommotoren	177
10.5	Vragen Remmen van driefasen wisselstroommotoren	181
10.6	Vragen Toerentalregelmethode voor wisselstroommotoren	186
10.7	Vragen Eénfase wisselstroommotoren	190
10.8	Vragen Driefasen wisselstroommotoren aansluiten op een éénfasenet	196

1 Synchronische machines

Inleiding

Onder synchronische machines verstaan we onder andere wisselstroomgeneratoren en synchronische motoren. Generatoren komen we onder andere tegen in elektriciteitscentrales van nutsbedrijven en in bedrijven met een eigen elektriciteitsopwekking. De generatoren die dan toegepast worden zijn veelal geschikt voor het afgeven van grote vermogens (tot 2.000 MVA). Generatoren met kleinere vermogens komen we tegen bij noodstroomaggregaten en alternatieve opwekking van elektriciteit, zoals bij windmolens en warmte-krachtkoppeling.

Hier bespreken we in het kort:

- wisselstroom generatoren
- bekrachtigingssystemen
- synchronische motoren
- normalisatie.

Leerdoelen

Je kunt:

- uitleggen wat synchronische generatoren zijn
- het verschil uitleggen tussen een buitenpool- en een binnenpoolmachine
- uitleggen wat driefasenwisselstroom is
- bekrachtigingssystemen voor binnenpoolmachines benoemen
- uitleggen wat de kenmerken van synchronische motoren zijn.

1.1 Synchronische generatoren

In een generator vindt omzetting plaats van mechanische energie naar elektrische energie. De mechanische energie, geleverd door de aandrijvende machine, ontstaat op haar beurt weer door omzetting van thermische energie (olie, gas), waterkracht (stuwmeer, getijden), kernenergie en windenergie naar mechanische energie. De aandrijvende machine van een generator bestaat meestal uit een turbine of een verbrandingsmotor.

Bij de opwekking van elektrische energie spelen onder andere de volgende punten een rol:

- de grootte van de opgewekte spanning
- het vermogen dat maximaal geleverd kan worden
- de verliezen bij de energieomzetting
- de uitvoeringsvorm van de generator
- de wijze van koelen
- het parallelschakelen van een generator aan een net.

De opgewekte spanningen zijn in het algemeen:

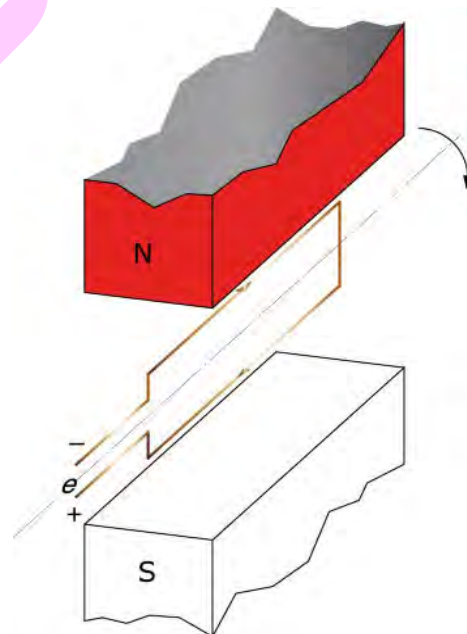
- 400 V voor vermogens tot 1 MVA
- 10 kV tot 25 kV voor grotere vermogens.

Bij synchrone machines is het toerental van de rotor (n_{rot}) gelijk aan het toerental van het draaiveld (n_d). In plaats van toerental spreken we ook wel over rotatiefrequentie. De rotatiefrequentie (n_{rot}) is het aantal omwentelingen per seconde dat de rotoras maakt en wordt uitgedrukt in omw/s of in Hz. Het draaiveld kunnen we het eenvoudigst voorstellen als een magneet die met een constante snelheid ronddraait.

Principe

Aan alle generatoren ligt het principe van elektrische inductie ten grondslag.

Een belangrijke toepassing van de elektrische inductie is het opwekken van de emk in een spoel die met constante snelheid rond draait in een homogeen magnetisch veld (zie de afbeelding hiernaast).



Opwekken van emk in een ronddraaiende spoel

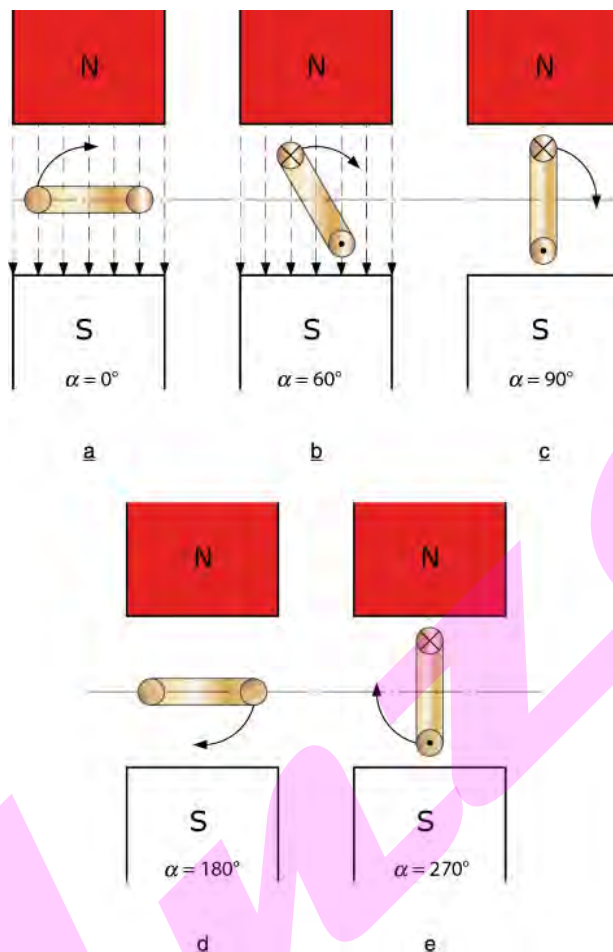
Afgeleid kan worden dat de momentele waarde van de in een winding opgewekte emk gelijk is aan de verandering van de door de winding omvatte flux per tijdseenheid.

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Als in het veld een spoel met N windingen ronddraait, dan is de grootte van de bronspanning:

$$e = - N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

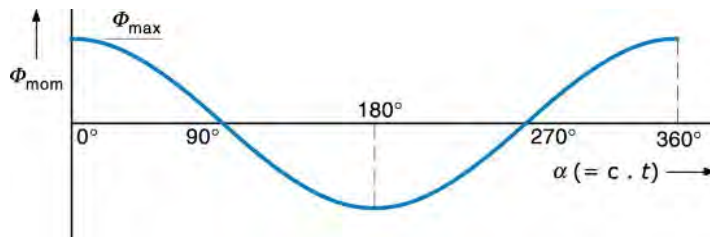
Als de spoel met constante snelheid in een homogeen veld ronddraait, dan verandert de omvatte flux Φ sinusvormig. De omvatte flux is het totaal aan veldlijnen dat door de spoel gaat.



De stand van de spoel in vijf situaties weergegeven

In de afbeelding is voor de ronddraaiende winding de stand van de spoel in vijf situaties weergegeven. In afbeelding a maakt de winding met de horizontale as een hoek van 0° ($\alpha = 0^\circ$). De omvatte flux is maximaal (het grootst mogelijke aantal veldlijnen wordt omvat). In afbeelding b maakt de winding een hoek van 60° met het horizontale vlak ($\alpha = 60^\circ$). In afbeelding c is een hoek van 90° afgelegd ($\alpha = 90^\circ$) en is de omvatte flux nul. De flux verandert dus bij $\alpha = 0^\circ$ tot $\alpha = 90^\circ$ van Φ_{\max} naar nul.

De verandering is niet constant, maar verloopt sinusvormig.



De verandering verloopt sinusvormig

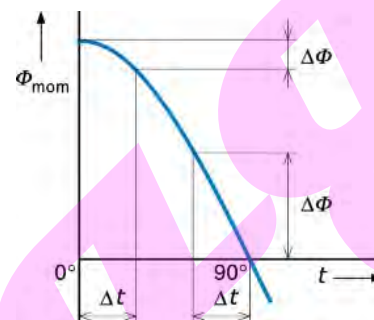
Ga zelf na hoe dat verloopt in de situaties afbeelding d en e (180° en 270°).

Voor de omvatte flux Φ op een bepaald moment (Φ_{mom}) geldt nu:

$$\Phi_{\text{mom}} = \Phi_{\text{max}} \cdot \cos \alpha$$

Als de spoel met een constante snelheid draait, kan de op de horizontale as aangegeven hoek α vervangen worden door de tijd (t).

Een bijzondere eigenschap van elke sinusvorm blijkt als we de verandering van de flux over een gehele omwenteling bekijken. De hoogte verandert het snelst op de punten waar de sinus de horizontale as kruist. Verder van de kruising af neemt de snelheid van de fluxverandering steeds verder af.



Verder van de kruising neemt de snelheid van fluxverandering af

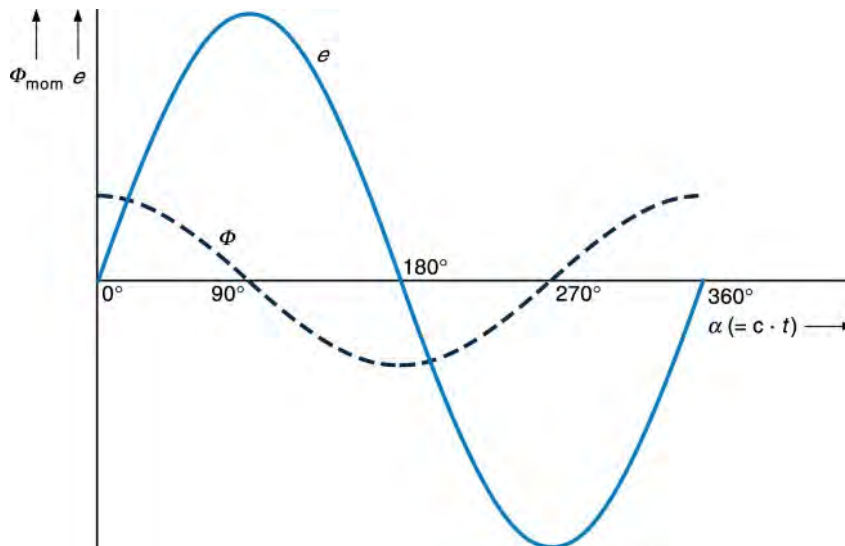
In de top van de sinus is de verandering zelfs een ogenblik nul. Het bijzondere in het verloop van de hoogteverandering zien we door de snelheid van de verandering in een grafiek uit te tekenen.

Het blijkt dat de snelheid van de hoogteverandering ook weer een sinusvorm is!

Voor het opwekken van de spanning heeft dit tot gevolg dat de sinusvormige verandering van de flux ook een sinusvormige spanning oplevert. De grootte van de spanning hangt af van de snelheid van de fluxverandering vanwege:

$$e = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Het verloop van de flux en de daardoor opgewekte bronspanning zijn aangegeven in de afbeelding. Hieruit blijkt dat ook de opgewekte spanning sinusvormig is en 90° na-ijlt op de sinusvormige fluxverandering.



De opgewekte spanning ijlt 90° na op de sinusvormige fluxverandering

Voor de grootte van de bronspanning als functie van de hoekverdraaiing α geldt de formule:

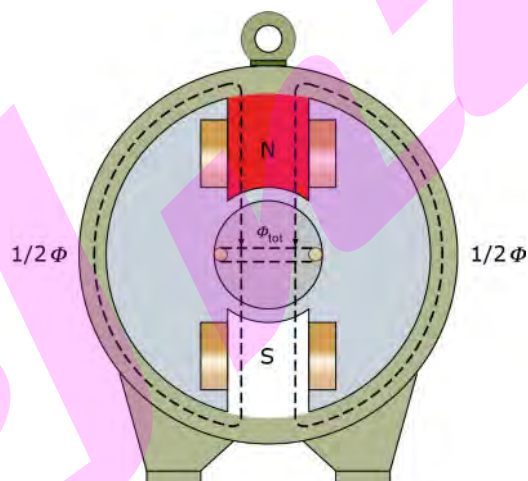
$$e = E_{\max} \cdot \sin \alpha$$

e = momentele waarde in V

E_{\max} = de maximale waarde in V

Buitenpool- en binnenpoolmachine

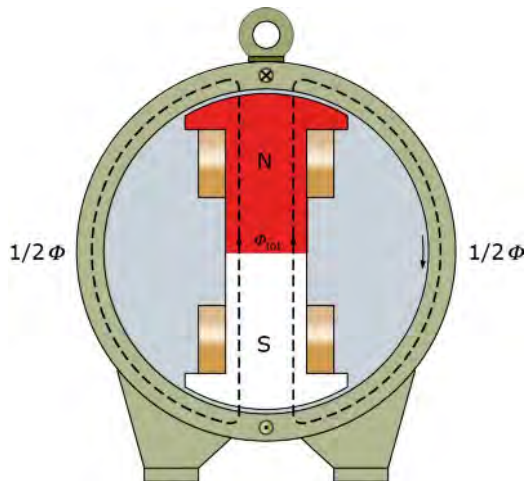
We hebben de generator hiervoor beschreven met stilstaande polen (de stator) en ronddraaiende windingen (de rotor). Zo'n generator noemen we een buitenpoolmachine.



Principe doorsnede van een buitenpoolmachine

De spanning wordt opgewekt in het draaiende (roterende) deel van de machine. De spanning moet dan naar buiten worden gebracht door middel van slepringen en borstels. Vooral bij grotere vermogens moeten de slepringen zwaar worden uitgevoerd. Het contact tussen slepring en borstel is een zwak punt. Vanwege deze nadelen maken we in de praktijk meer gebruik van de binnenpoolmachine.

De binnenpoolmachine bestaat uit ronddraaiende polen (de rotor) en stilstaande spoelen (de stator). Dit is weergegeven met het verloop van de veldlijnen. Omdat de spoel stilstaat zijn er geen sleepringen nodig voor het naar buiten brengen van de spanning. Als de polen bestaan uit elektromagneten dan moet de stroom naar de polen echter wel via sleepringen worden overgebracht. Deze stroom (de bekrachtigings- of magnetiseringsstroom) is echter veel kleiner dan de opgewekte stroom en ook de sleepringen kunnen daarom veel kleiner zijn.



Principe doorsnede van een binnenpoolmachine

Naast de begrippen stator en rotor, gebruiken we ook nog de naam anker. De definitie hiervoor luidt:

Het anker van een roterende elektrische machine is dat deel waarin de spanning wordt opgewekt.

Het anker kan dus zowel in de stator als in de rotor liggen. Bij de buitenpoolmachine is de rotor het anker; bij de binnenpoolmachine is de stator het anker.

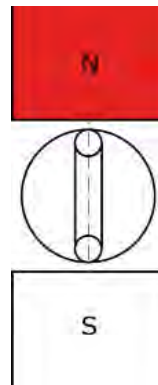
Buitenpoolmachines komen voor bij vermogens tot 100 kVA; bij hogere vermogens komen uitsluitend binnenpoolmachines voor. We gebruiken de binnenpoolmachine omdat:

- de wisselstroom direct kan worden afgenomen van de stilstaande stator
- in de stator meer ruimte beschikbaar is voor de wikkeling, zodat dikkere isolatie kan worden toegepast, waardoor spanningen mogelijk zijn tot circa 25 kV
- door de robuuste uitvoering van de rotor hogere toerentallen mogelijk zijn, waardoor de afmetingen van de machine kleiner kunnen uitvallen.

Frequentie en pooltal

Behalve de grootte van de opgewekte spanning in generatoren is ook de frequentie van de spanning belangrijk.

Onder de frequentie van de spanning verstaan we het aantal periodes dat per seconde doorlopen wordt. Symbool: f , eenheid: hertz (Hz).



Principe doorsnede tweepolige generator

Bij de tweepolige generator zal bij een omwenteling van het anker (360 ruimtelijke graden) een volledige sinus (360 elektrische graden) worden doorlopen. De frequentie van de spanning is dan gelijk aan de rotatiefrequentie (omwentelingen per seconde) van de as.

$$f_{\text{elek}} = n_{\text{rot}}$$

Omdat het tot nu toe gebruikelijk is om het toerental van de as in omwentelingen/ minuut uit te drukken kunnen we herleiden:

$$n_{\text{rot}} = \frac{n}{60}$$

En dus ook:

$$f_{\text{elek}} = \frac{n}{60}$$

f = frequentie in Hz

n = toerental in min^{-1}

De frequentie is dus afhankelijk van het toerental.

Voorbeeld 1

Een wisselstroomgenerator bezit 32 polen. De spanning moet een frequentie hebben van 60 Hz. Met welk toerental moet deze machine aangedreven worden?

Oplossing:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \text{ of } n = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \times 60}{16} = 225 \text{ min}^{-1}$$

Voorbeeld 2

Een wisselstroomgenerator wordt aangedreven door een diesel waarvan de rotatiefrequentie 6,25 Hz bedraagt. De wisselspanning moet een frequentie hebben van 50 Hz. Bereken het aantal polen.

Oplossing:

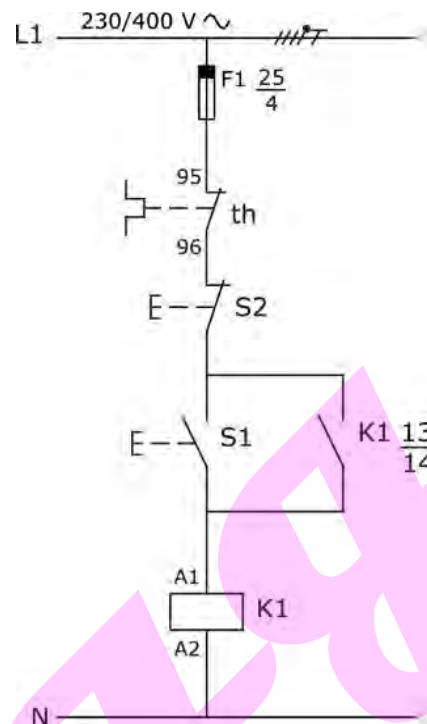
$$f = P \cdot n_{rot}$$

$$50 = p \times 6,25$$

$p = 8$, dus acht poolparen is zestien polen.

Dit is een elektromagnetische schakeling waardoor er automatisch een nulspanningsbeveiliging in opgenomen is. Je zet met drukknop S1 de spanning op het relais. Het relais komt op en contact K1:1 sluit zich, dit is het overneemcontact. Wanneer de spanning wegvalt zal het relais terugvallen in zijn rustpositie. Overneemcontact K1:1 valt ook tegelijkertijd terug in zijn rustpositie. Als je de motor nu weer wil laten starten moet eerst drukknop S1 weer ingedrukt worden.

Met drukknop S2 kun je de motor normaal stopzetten.



Stuurstroomschema motorschakeling



1. Een achtpolige generator moet een spanning opwekken met een frequentie van 50 Hz.

Met welk toerental moet de generator worden aangedreven?



2. Met hoeveel polen moet een generator worden uitgevoerd om bij een toerental van 600 min^{-1} een spanning op te wekken met een frequentie van 60 Hz?



3. Een wisselstroomgenerator wordt aangedreven met een rotatiefrequentie van 12,5 Hz. De frequentie van het net moet 50 Hz zijn.
Hoeveel polen heeft de generator?

1.2 Driefasenwisselstroomgeneratoren

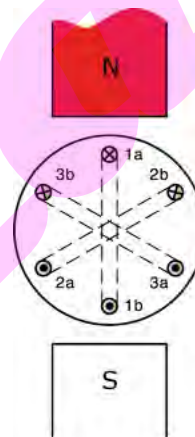
Driefasenwisselstroomwikkeling

Eerder is al gesproken over de eenfasegenerator die maar één spoel bezit die spanning levert. Dit wordt in de praktijk echter maar heel weinig gebruikt. Bij de meeste machines wordt het anker van drie spoelen voorzien, waardoor de generator drie afzonderlijke eenfasespanningen levert.

Opmerking:

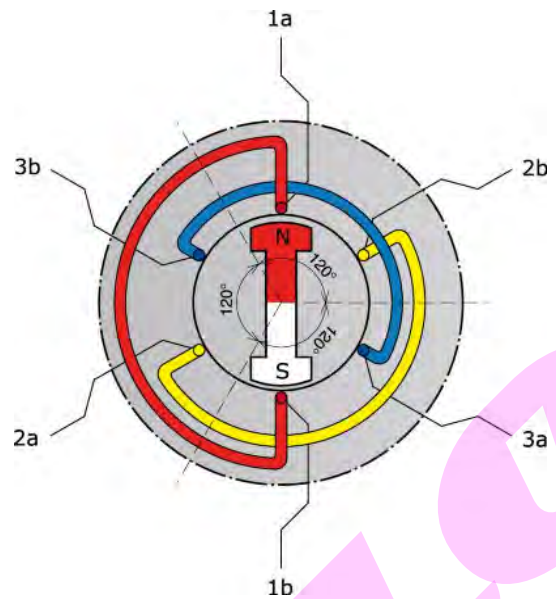
Afhankelijk of we binnen- of buitenpolen hebben, zit het anker in het stator- respectievelijk het rotordeel.

Als we de drie spoelen in het anker van een tweepolige (één poolpaar) generator onderling 120° ruimtelijk verschuiven, dan krijgen we de beschikking over drie eenfasespanningen die onderling ook 120° elektrisch verschoven zijn.

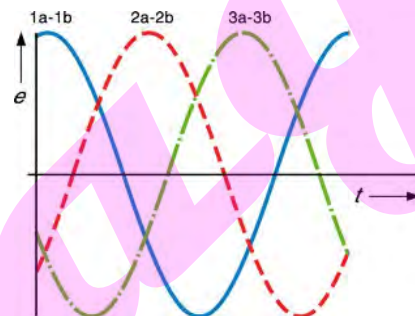


Principeddoorsnede van een tweepolige driefasengenerator met buitenpolen

Hier zie je een tweepolige driefasenwisselstroomgenerator met binnenpolen.



Tweepolige driefasenwisselstroomgenerator met binnenpolen



Spanningsbeeld van een driefasenwisselspanning

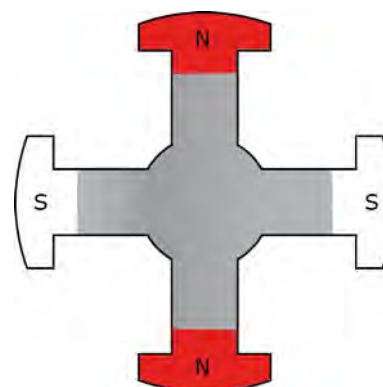
Het spanningsbeeld is voor beide machines hetzelfde. Door deze drie spanningen onderling te koppelen kunnen we de energie transporteren met slechts drie geleiders in plaats van zes geleiders die voor drie afzonderlijke eenfasespanningen nodig zijn. Omdat we op deze wijze veel goedkoper de energie kunnen transporteren dan voor afzonderlijke eenfasemachines, gebruiken we vrijwel altijd driefasenwisselstroom.

Rotorconstructie van een binnenpoolmachine

Bij de binnenpoolmachine levert de rotor het magnetisch veld. De magneten van de rotor zijn, gezien het te leveren vermogen door de generator, elektromagneten. Er bestaan twee uitvoeringsvormen:

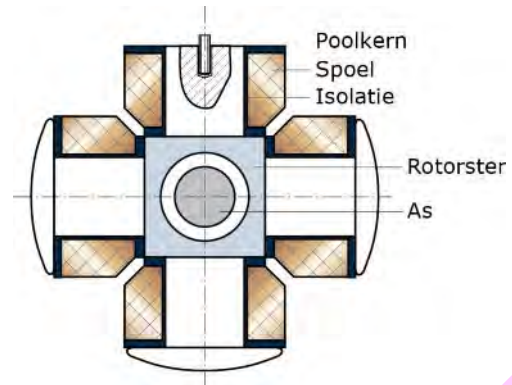
- rotor met uitspringende polen
- rotor met vlakke polen.

De rotor met uitspringende polen wordt ook wel poolrad genoemd.



Vierpolig (twee poolparen) poolrad

De mechanische constructie van een poolrad is hier afgebeeld.



Mechanische constructie van een vierpolig poolrad elektromagnetisch bekrachtigt

Het poolrad is massief omdat de flux niet wisselt en er dus geen wervelstromen ontstaan zoals in de stator.

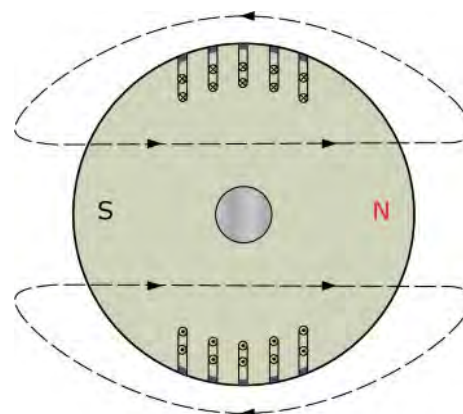
De rotor met uitspringende polen bestaat uit vier of meer polen en wordt toegepast voor generatoren die door waterturbines en dieselaggregaten worden aangedreven. De toerentallen variëren van 60 min^{-1} tot 1500 min^{-1} .

De generatoren met een laag toerental hebben een groot pooltal en een grote rotordiameter (tot circa 15 m). Een pool bestaat uit de poolkern, waarop de bekrachtigingswikkeling is aangebracht en de poolschoen.

In de poolschoen wordt vaak een dempingswikkeling aangebracht. Deze dempingswikkeling bestaat uit ongeïsoleerde staven, die aan de uiteinden met een ring kortgesloten worden. De dempingswikkeling dient om de invloed van snelle belastingsveranderingen te beperken. De werking is vergelijkbaar met dat van een kooianker van een kortsluitankermotor.

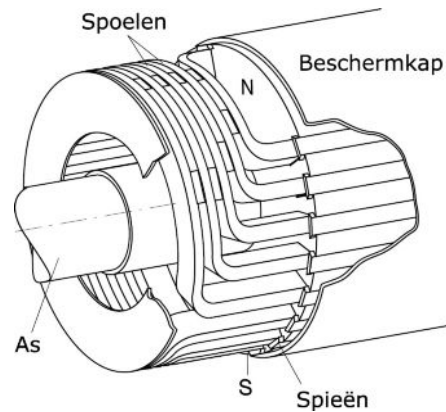
De rotor met vlakke polen wordt ook wel turborotor of trommelrotor genoemd. De rotor is cilindervormig, in de omtrek zijn gleuven aangebracht, waarin de veldwikkeling wordt aangebracht.

In de afbeelding is een tweepolige turborotor met de veldrichting aangegeven



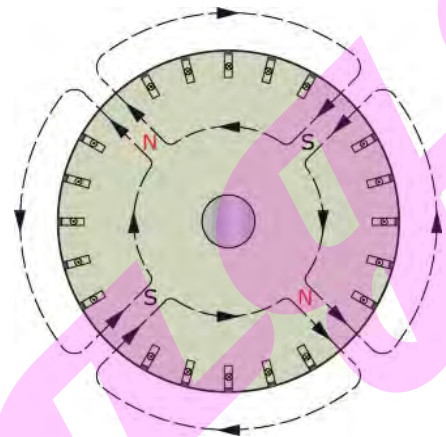
Principedoorsnede van een tweepolige turborotor

De mechanische constructie van een tweepolige turborotor is hiernaast afgebeeld.



Detail van de mechanische constructie van een tweepolige turborotor

Dit is een vierpolige turborotor.



Principedoorsnede van een vierpolige turborotor

De turborotor wordt toegepast voor een toerental van 1.500 of 3.000 min^{-1} en wordt aangedreven door een stoomturbine of een gasturbine. Een rotor met uitspringende polen voor 3.000 min^{-1} is niet toepasbaar vanwege de grote krachten die op de uitspringende polen worden uitgeoefend. De turborotor is, net als de rotor met uitspringende polen, massief. De diameter van de turborotor is ongeveer 1.200 mm . Een grotere diameter wordt niet toegepast vanwege de grote omtreksnelheid bij 3.000 min^{-1} en de krachten die het gevolg zijn van deze grote snelheid. Omdat de diameter beperkt is, wordt wel een grotere lengte toegepast.

Statorconstructie van een binnenpoolmachine

Het statorhuis bestaat uit een gelaste constructie, waarin de statorblikken worden bevestigd. Omdat in de stator een wisselend magnetisch veld ontstaat, is de stator opgebouwd uit een blikpakket van dynamostaal. Vooral bij grote machines wordt 'dynamoblik' gebruikt met een laag verliescijfer. De blikken zijn meestal segmentvormig.

In het algemeen wordt het statorblikpakket in axiale zin in kleinere blikpakketten verdeeld, die op afstand van elkaar worden gehouden door middel van afstandstukken. Hierdoor ontstaan ventilatiekanalen, die voor een betere koeling van de stator zorgen. Het gehele blikpakket wordt bijeengehouden door drukschotels. In de stator wordt de wikkeling aangebracht.

Koeling van een binnenpoolmachine

De koeling van de generatoren kan gebeuren via:

A. Luchtkoeling

Dit wordt alleen toegepast bij generatoren met kleinere vermogens tot 75 MVA.

B. Waterstofkoeling

De waterstofkoeling heeft ten opzichte van luchtkoeling de volgende voordelen:

- waterstof heeft een lagere soortelijke massa dan lucht, waardoor de ventilatieverliezen veel kleiner zijn dan bij luchtkoeling (bij 1 bar is de verhouding 1 op 10)
- het rendement is daardoor hoger
- betere warmte-afvoer doordat de warmtegeleiding van waterstof circa zevenmaal zo groot is als van lucht.

Het gevaar van waterstof is wel dat het samen met zuurstof het explosieve knalgas kan vormen. Het explosiegevaar bestaat echter alleen tussen 4% en 75% waterstof.

Statorkoeling

Bij grotere vermogens kan de stator nog beter worden gekoeld door het waterstof rechtstreeks door het statorkoper te voeren. Het koper moet dan wel hol worden uitgevoerd.

Als we hol koper toepassen kunnen we nog een stap verder gaan en de holle geleider direct met water koelen. Met water kunnen we circa 13 maal zoveel warmte afvoeren als met waterstof. Er zijn dan vermogens mogelijk tot 2.000 MVA.

Aan de uiteinden van de wikkeling zijn extra voorzieningen nodig voor het (onder spanning) toe- en afvoeren van het koelwater. De geleidbaarheid van het water wordt klein gehouden door het extreem goed te zuiveren.

1.3 Bekrachtigingssystemen voor binnenpoolmachines

De magneetwikkeling van de rotor wordt bekrachtigd door gelijkstroom. Het voor de bekrachtiging benodigde vermogen varieert van ongeveer 0,25% van het nominale generatorvermogen bij grote vermogens tot 5% bij kleine vermogens. De bekrachtiging kan worden verkregen van:

- roterende opwekkers; dit zijn generatoren die gekoppeld zijn aan de as van de hoofdgenerator;
- eigen bekrachtiging; de bekrachtiging komt uit het net waar ook de hoofdwikkeling aan levert.

Roterende opwekkers

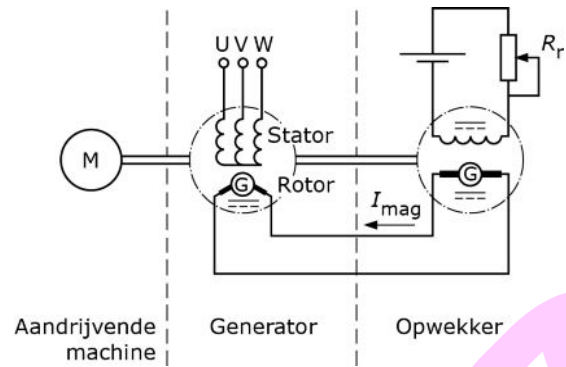
Een gelijkstroomgenerator verzorgt de bekrachtiging. De generator wordt via een verlengde as van de hoofdgenerator aangedreven (zie de hierna volgende afbeelding) en wordt ook wel opwekker genoemd. Door het regelen van het veld van de opwekker met de regelweerstand R_r kan ook de bekrachtigingsstroom I_{mag} van de hoofdgenerator worden geregeld en op deze wijze de klemspanning.

Opmerking:

De voorstelling met accuvoeding en regelbare weerstand dient alleen om het principe aan te geven. In werkelijkheid komt de gelijkstroom van een regelbare voeding. De bekrachtigingsstroom zorgt voor het magnetisch veld, vandaar I_{mag} .

Opwekker

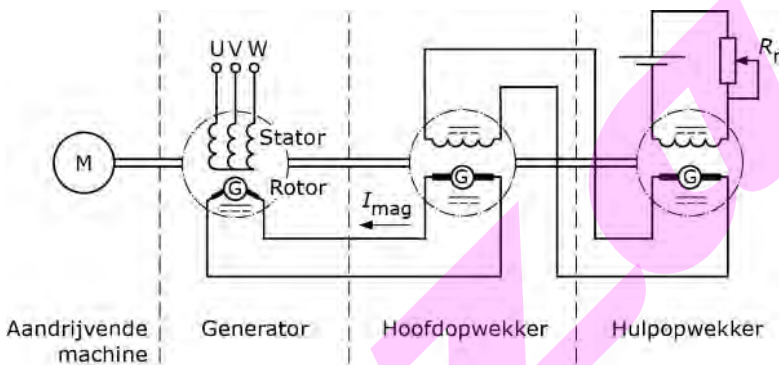
De opwekker kan op dezelfde as gemonteerd zijn. Ook kan de opwekker op de hoofdgenerator gemonteerd worden en met behulp van V-snaren worden aangedreven. Bij grote machines is de bekrachtigingsstroom groot. De stroom door het veld van de opwekker is dan ook groot; hierdoor is het nauwkeurig regelen van de klemspanning moeilijk.



Generatorset met een gelijkstroomgenerator als hoofdopwekker

Er wordt dan een hulpopwekker toegepast die de bekrachtigingsstroom voor de hoofdopwekker levert. Door het veld van de hulpopwekker te regelen, wordt ook de bekrachtigingsstroom van de hoofdopwekker geregeld. Dit heeft een verandering van I_{mag} tot gevolg.

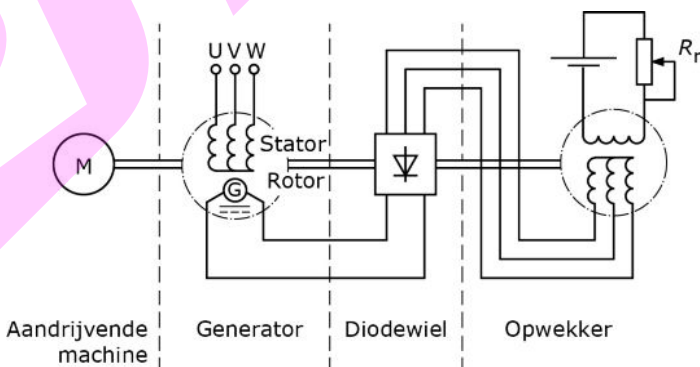
Hierdoor varieert de bekrachtiging van de hoofdgenerator en wordt uiteindelijk daarvan de spanning geregeld.



Generatorset met een extra gelijkstroomgenerator als hulpopwekker

Gelijkgerichte wisselspanning

Naast de bekrachtiging door middel van gelijkstroomgeneratoren kan ook gebruik worden gemaakt van een gelijkgerichte wisselspanning. Deze methode wordt momenteel steeds meer toegepast. De gelijkrichter wordt gevoed door de opgewekte wisselspanning van de opwekker. De opgewekte wisselspanning wordt gelijkgericht en toegevoerd aan de magneetwikkeling van de hoofdgenerator.

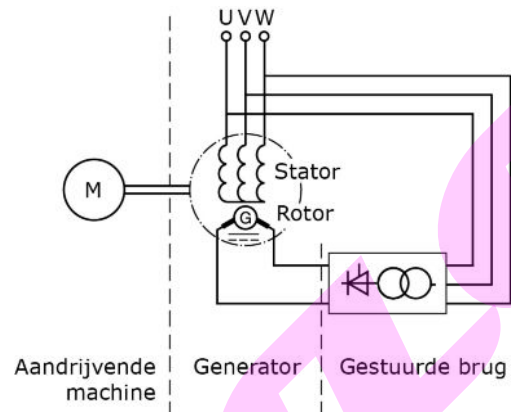


Generatorset met een wisselspanningsgenerator als opwekker

De gelijkrichterdiodes worden meestal aangebracht op de rotor; ze draaien dus mee. We spreken dan van een diodewiel. De opwekker is dan uitgevoerd als buitenpoolmachine. De spanning van de opwekker kan daardoor eenvoudig geregeld worden met de bekrachtiging van de (stilstaande) buitenpolen. Op deze wijze is er nergens meer een sleeping of koolborstel nodig.

Eigen bekrachtiging

We spreken van eigen statische bekrachtiging als geen afzonderlijke opwekker wordt gebruikt voor de veldenergie. De veldenergie kan via een transformator van de stator worden afgenomen. De spanning wordt gelijkgericht en tevens in grootte geregeld via een gestuurde brug.



Generatorset met eigen bekrachtiging

Als de generator in bedrijf moet worden genomen, maken we bij afwezigheid van de netspanning gebruik van het remanent magnetisme van het poolrad. Door dit zwakke veld, dat altijd aanwezig is in het poolrad, wordt eerst een kleine spanning opgewekt; deze wordt via de transformator en het gelijkrichtsysteem toegevoerd aan de magneten, waardoor de opgewekte spanning weer groter wordt. Zo komt de generator zelf op spanning.

?

4. Verklaar de naam synchrone machine.

?

5. Hoe luidt de formule voor het opwekken van een spanning van een geleider die zich loodrecht door een magnetisch veld beweegt?



6. Bepaal de richting van de opgewekte stroom in de geleider in de afbeelding.





7. Met welke formule bepalen we de momentele waarde van de spanning van een ronddraaiende winding in een magnetisch veld?



8. Wat gebeurt er met de vorm van de spanning van een ronddraaiende winding als het toerental niet constant is?

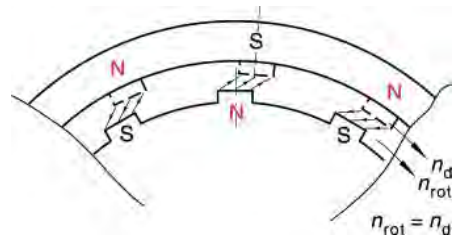


9. Omschrijf de verschillen tussen een binnenpool- en een buitenpoolmachine.

1.4 Synchronische motoren

Zoals we bij de generator in parallelbedrijf hebben gezien verandert het toerental niet ook al wil de aandrijfmachine sneller. De generator blijft synchroon met het net.

Ook als de aandrijfmachine langzamer wil, lukt dit niet en blijft de generator synchroon. In dit geval gaat de rotor iets najlen op het draaiveld. Het resultaat is nu echter dat de machine energie opneemt uit het net en de generator blijft als synchrone motor werken. Ook in dit geval geldt dat de kracht tussen rotor en draaiveld niet zo groot mag worden dat de machine uit de pas valt.



De rotor ijlt iets na op het draaiveld

Er is in feite geen principieel verschil tussen een synchrone generator en een synchrone motor. Het eigenlijke verschil zit in het feit dat een generator gekoppeld wordt met een aandrijvende machine, terwijl we een synchrone motor juist willen gebruiken om een werktuig aan te drijven.

Aanlopen van een synchrone motor

Een praktisch probleem voor het inschakelen van een synchrone motor is dat hij eerst op toeren moet worden gebracht en op dezelfde manier wordt ingeschakeld als beschreven bij parallelbedrijf van generatoren. De motor moet daarom door een hulpmotor of door het werktuig (in sommige gevallen kan dat) op toeren worden gebracht en gesynchroniseerd. Na het inschakelen kan de machine als synchrone motor gebruikt worden.

Eigenschappen synchrone motor

De synchrone motor heeft een aantal voor- en nadelen.

De voordelen zijn onder andere:

- constant toerental (bij constante netfrequentie)
- regelbare $\cos \varphi$.

De nadelen zijn onder andere:

- loopt niet uit zichzelf aan
- niet overbelastbaar
- gelijkstroombekrachtiging noodzakelijk.

We zullen hierna bekijken wat aan het probleem van niet uit zichzelf aanlopen kan worden gedaan.

Om de synchrone motor op toeren te laten komen zijn er drie manieren, namelijk het gebruik van:

- een hulpmotor
- een hulpwikkeling
- een elektronische frequentie-omzetter.

Hulpmotor

Bij het gebruik van een hulpmotor wordt ervoor gezorgd dat deze de rotor van de synchrone motor met hetzelfde aantal toeren laat draaien als het draaiveldtoerental.

Als n_{rot} gelijk is aan n_d kan de stator op het net gesynchroniseerd worden en wordt de hulpmotor uitgeschakeld. De synchrone motor kan door middel van zijn bekrachtiging en het draaiveld op toeren blijven.

Hulpwikkeling

Als we de motor uit zichzelf willen laten aanlopen, moeten we er een extra voorziening in aanbrengen en wel een hulpwikkeling. Deze hulpwikkeling bestaat slechts uit een kortgesloten kooi. Dit noemen we ook wel een kooiwikkeling. De op deze manier uitgevoerde synchrone motor lijkt veel op een kooiankermotor, maar wanneer deze motor op toeren is gekomen wordt de bekrachtiging ingeschakeld, waarna de motor zich synchroniseert. Nadeel van deze manier van aanzetten is de hoge aanzetstroom.

Frequentie-omzetter

Met een frequentie-omzetter kan een voedingsspanning met een variabele frequentie worden opgewekt. Door de frequentie vanaf nul op te regelen, kan de motor synchroon aanlopen. Bovendien geeft de regelbare frequentie de mogelijkheid om het toerental te veranderen.

Toepassingen

- Aandrijving van machines met een groot vermogen, waarvoor een constante snelheid vereist wordt, bijvoorbeeld in de papierindustrie en de textielindustrie.
- Als compensatie ten behoeve van de $\cos \varphi$ -verbetering.

1.5 Normalisatie

Voor wisselstroomgeneratoren gelden de normen NEN-EN-IEC 60034-1 - Roterende elektrische machines - Deel 1: Beoordeling en prestatie en NEN-EN-IEC 60034-8.

In de norm NEN-EN-IEC 60034-1 worden voor wisselstroomgeneratoren onder andere gegevens vermeld ten aanzien van:

Bedrijf

Er bestaan diverse bedrijfstypen, zoals continu bedrijf (type S1), intermitterend bedrijf (type S3), kortstondig bedrijf (type S2), enzovoort. Op de betekenis hiervan zal bij de driefasenswisselstroommotoren nader worden teruggekomen. Het toegekend vermogen van een generator is het schijnbare elektrische vermogen aan de klemmen, uitgedrukt in VA, met toevoeging van de arbeidsfactor.

Temperatuurverhogingen

Met betrekking tot de toegestane temperatuurverhogingen zijn er klassen ingedeeld. Deze klassen (A, B, E, F en H) geven aan welke temperatuurverhogingen bij bepaalde condities toegestaan zijn. De toegestane temperatuurverhogingen worden onder andere bepaald door de toegepaste materialen.

Diverse andere eigenschappen

Onder andere worden hierbij vermeld:

- Een generator moet gedurende dertig seconden kunnen worden belast met 150% van de nominale stroom. De spanning moet gedurende deze proef zo weinig mogelijk afwijken van de nominale waarde.
- Een generator moet gedurende twee minuten een toerental kunnen doorstaan dat gelijk is aan 1,2 van het nominale toerental.

Kenplaten

Op elke machine moeten één of meerdere kenplaten worden aangebracht, waarop onder andere de volgende gegevens moeten worden vermeld: