

Eenfasige motoren

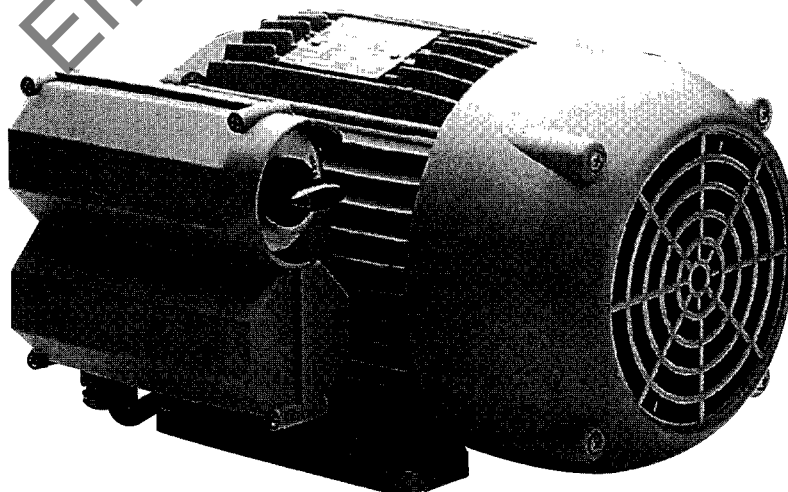
Wegwijzer

Na de studie van de driefasige motoren krijgen in deze leereenheid de eenfasige motoren alle aandacht. Het zijn deze motoren waarmee we in onze dagelijkse leefomgeving zeer veel geconfronteerd worden. De eenfasige motoren worden hoofdzakelijk voor geringere vermogens toegepast, zoals in huishoudelijke toestellen en kleine werktuigen.

De afmetingen variëren van klein tot zeer klein (kleine tot micromotoren). In de meeste toestellen zijn ze niet rechtstreeks te herkennen en vormen ze een geïntegreerd onderdeel van een complex geheel. Factoren als kostprijs, opgenomen vermogen en levensduur vormen in heel wat gevallen de hoofdvereisten. Het nuttige vermogen en rendement zijn dan van ondergeschikt belang. Dit laatste staat erg in tegenstelling met de machines die we tot nog toe bestudeerden. De eenfasige motor is in talrijke huishoudelijke toepassingen een wegwerpartikel geworden. Waar enkele motortypes miniatuuruitvoeringen blijken te zijn van grotere motoren, is het merendeel van de eenfasige motoren het resultaat van technologische spitsvondigheden waarbij de mathematische verklaringen dikwijls zeer ingewikkeld worden.

Eenfasige motoren hebben dikwijls het voordeel dat met betrekkelijk eenvoudige middelen een soepele rotatiefrequentieregeling kan worden verkregen. De keuze van het motortype zal vooral afhangen van o.a. de netspanning en de netfrequentie, het nuttige en opgenomen vermogen, het soort werking (continu, intermitterend of met regelbare rotatiefrequentie), de levensduur, de rotatiefrequentie, de afmetingen enz.

De studie van de eenfasige motoren begint met de theorie over het ontstaan van een draaiveld met de een- of tweefasewikkeling op de stator, respectievelijk aangesloten op een een- en tweefasig net. De werking van de afgeleide eenfasige motoren wordt daarvoor vlug duidelijk.



5.1 De eenfasige inductiemotor: algemene achtergronden

5.1.1 Samenstelling

Doelstelling

- De samenstellende delen van een eenfasige inductiemotor omschrijven.

De eenfasige inductiemotor bestaat, zoals alle motoren, uit een stator en een rotor. Fig. 243 toont alle samenstellende onderdelen van een eenfasige inductiemotor.

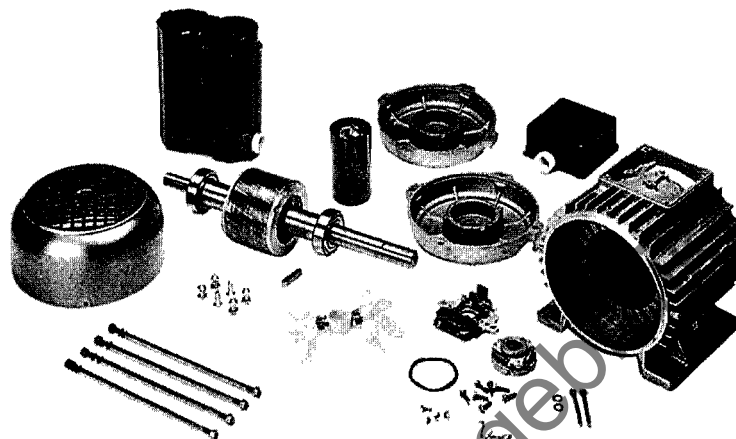


fig. 243

De rotor is uitgevoerd als kooirotor zoals die voorkomt bij de driefasige inductiemotor. De stator bevat, naar gelang van de uitvoering, een eenfasige of meefasige wikkeling.

5.1.2 Principewerking van een eenfasige inductiemotor met eenfasige statorwikkeling gevoed door een eenfasig net

Doelstellingen

- De principewerking toelichten van een inductiemotor met eenfasige statorwikkeling gevoed door een eenfasig net.
- Het theorema van Leblanc verklaren.
- Het niet-aanlopen van een eenfasige inductiemotor met eenfasige statorwikkeling verklaren.
- Het neutraliseren van het inverse draaiveld verduidelijken.

Magnetisch veld

Bij aansluiting van de eenfasige statorwikkeling op een eenfasenet wordt een wisselveld opgewekt. De grootte van het wisselveld (ϕ) verandert tussen de nul- en de maximumwaarde zowel in positieve ($+\phi_m$) als in negatieve ($-\phi_m$) zin. De richting blijft altijd dezelfde. In de fig. 244, 245 en 246 is dit grafisch voorgesteld voor de tijdstippen t_1 en t_2 . De stroom- en fluxwaarden zijn dan respectievelijk maximaal positief (t_1) of maximaal negatief (t_2). De magnetische polariteit van de polen is gezien vanuit de stator.

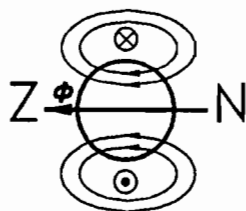


fig. 244

tijdstip t_1

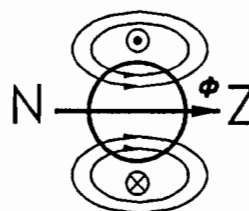


fig. 245

tijdstip t_2

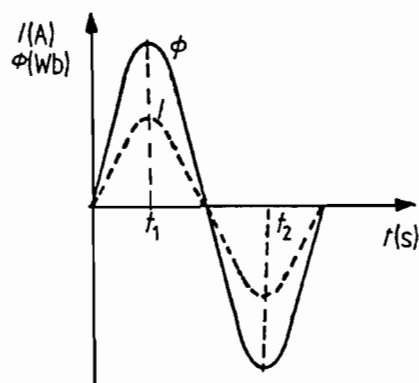


fig. 246

Volgens het theorema van Leblanc kan dit magnetische veld ontbonden worden in twee tegengesteld draaiende draaivelden van gelijke grootte ($\frac{1}{2} \phi_m$) en met dezelfde rotatiefrequentie.

In fig. 247 wordt grafisch voorgesteld wat er in werkelijkheid gebeurt.

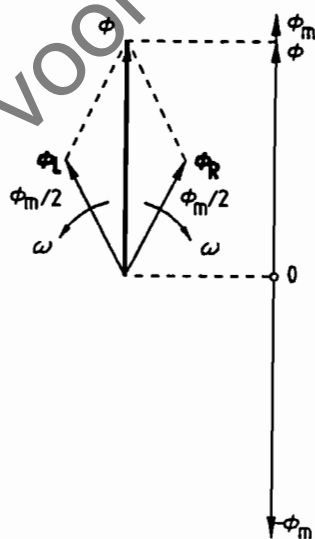


fig. 247

Op een willekeurig tijdstip hebben we de toestand van fig. 247. De totale flux is op dat ogenblik ϕ . Een volgend tijdstip zal ϕ afnemen om zo naar nul te gaan (punt 0), vervolgens van polariteit om te keren en naar de maximale negatieve waarde te evolueren. Het magnetische veld bereikt zijn maximumwaarde als beide draaivelden (ϕ_{rechts} en ϕ_{links}) dezelfde richting én zin hebben. Hebben beide velden dezelfde richting en tegengestelde zin, dan is het magnetisch veld nul.

Aanloop

Voor elk draaiveld, apart beschouwd, gedraagt de motor zich als een driefasige asynchrone inductiemotor. De koppelrotatiegrafieken, voor het rechtse (T_r) en linkse (T_l) draaiveld, zijn weergegeven in fig. 248.

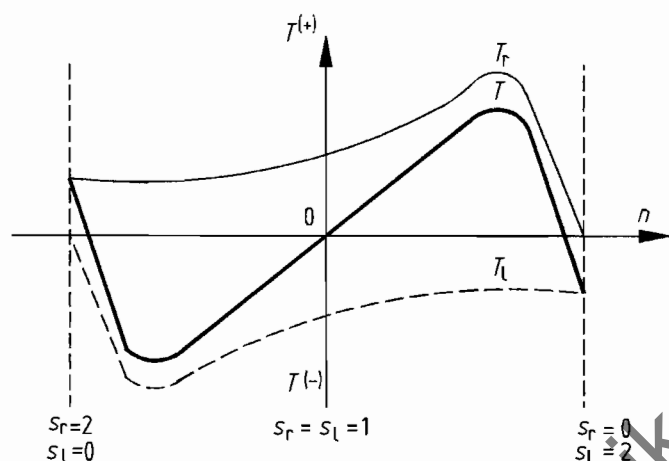


fig. 248

De resulterende koppelrotatiefrequentiegrafiek (T) krijgt men door beide krommen (T_r en T_l) samen te tellen.

We stellen meteen vast dat bij slip 1 (rotorstilstand) het resulterende koppel T nul is. De motor kan uit zichzelf niet aanlopen.

Brengen we de rotor met om het even welk hulpmiddel aan het draaien, dan is er wel een koppel (zij het beperkt) dat de rotor zal versnellen in dezelfde zin als de zin waarin de rotor aangedreven werd. De motor loopt dan aan op dezelfde manier als de driefasige inductiemotor.

Toelichting

Invloed van het tegengestelde draaiveld

Na aanloop zijn er nog altijd twee draaivelden aanwezig. Wat is nu nog de rol van het draaiveld, tegengesteld aan de motordraaizin? Bij het bereiken van de nominale rotatiefrequentie (benaderend de synchrone snelheid) is de relatieve rotatiefrequentie van het inverse veld praktisch het dubbele van de rotatiefrequentie van het statordraaiveld. Het inverse veld ϕ_{invers} genereert een rotorspanning (E_{invers}) die 90° naijlt op ϕ_{invers} (fig. 249).

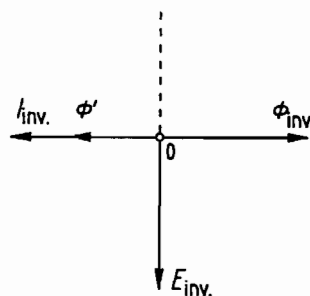


fig. 249

Deze rotorspanning heeft een rotorstroom (I_{invers}) op dubbele netfrequentie tot gevolg. Omwille van het sterk inductieve karakter ($X_r = 2 \pi f_r L_r$) van de rotorgrootheden zal deze inverse rotorstroom praktisch 90° naijlen op E_{invers} . Op zijn beurt wekt deze inverse rotorstroom een flux ϕ' op die in fase is met I_{invers} en praktisch tegengesteld is aan het oorspronkelijke inverse veld ϕ_{invers} . Beide velden ϕ_{invers} en ϕ' heffen elkaar grotendeels op. Er blijft uiteindelijk slechts één draaiveld over.

5.1.3 Principewerking van een inductiemotor met een tweefasige motorwikkeling gevoed door een tweefasig net

Doelstellingen

- De begrippen *eenfasig* en *tweefasig* net onderscheiden.
- De begrippen *eenfasewikkeling* en *tweefasewikkeling* toelichten.
- De gevolgen toelichten van het aansluiten van een tweefasig net op een tweefasewikkeling, wat het magnetisch veld betreft.
- Het ontstaan van een ellipsvormig draaiveld toelichten.
- Het vanzelf aanlopen van een eenfasige inductiemotor aangesloten op een eenfasig net toelichten.
- Het schakelen van een driefasige inductiemotor op een eenfasig net verklaren.

Vooraf: Een tweefasig net levert ons twee spanningen die onderling 90° verschoven zijn (fig. 250).

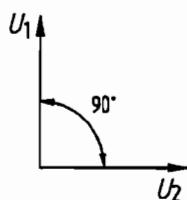
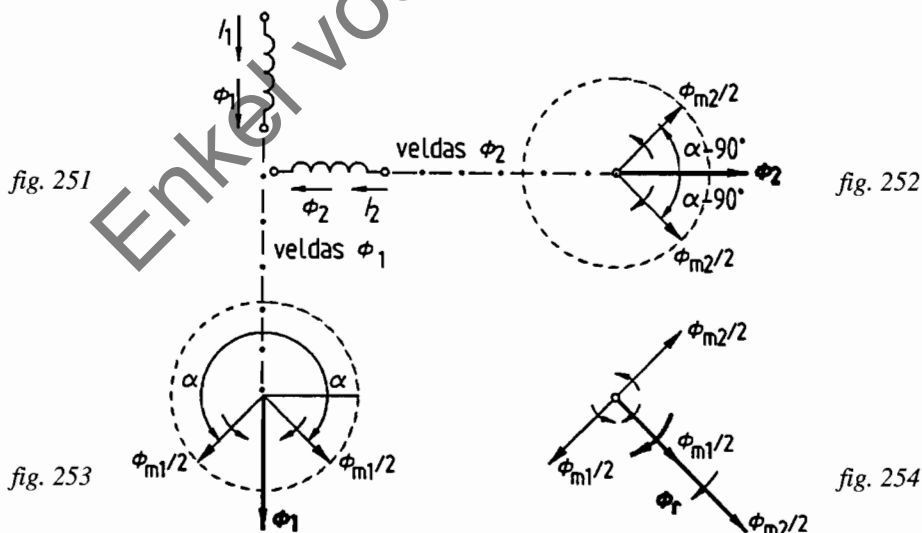


fig. 250

Aanloop

Een tweefasewikkeling bevat twee identieke wikkelingen die ruimtelijk 90° t.o.v. elkaar verschoven zijn (fig. 251).



Sluiten we een tweefasewikkeling aan op een tweefasig net, dan krijgen we een cirkelvormig verlopend draaiveld. Er ontstaan twee wisselvelden ϕ_1 en ϕ_2 die onderling 90° in de ruimte en 90° t.o.v. elkaar verschoven zijn.

We kunnen nu elk van deze velden afzonderlijk ontbinden in twee tegengestelde draaivelden. In de fig. 252 en 253 is de ontbinding van beide velden vectorieel weergegeven.

De ontbinding van het wisselveld ϕ_1 (hoek α) is weergegeven in fig. 253. Op hetzelfde ogenblik (hoek $\alpha - 90^\circ$) kan het wisselveld ϕ_2 voorgesteld worden door fig. 252. De samenstelling van beide velden (vier draaivelden) is voorgesteld in fig. 254.

Uit fig. 254 blijkt dat de linksdraaiende velden $\phi_{m1}/2$ en $\phi_{m2}/2$ elkaar opheffen terwijl de rechtsdraaiende velden $\phi_{m1}/2$ en $\phi_{m2}/2$ zich samenstellen tot het rechtsdraaiende resulterende veld $\phi_r = \phi_{m1}/2 + \phi_{m2}/2$. *Er ontstaat een cirkelvormig draaiveld.*

Staat de kooirotor onder invloed van dit cirkelvormige statordraaiveld, dan krijgt men dezelfde verschijnselen als bij de driefasige inductiemotor. *De motor loopt vanzelf aan* en bereikt zijn nominale rotatiefrequentie bij nominale belasting na zijn aanlooperperiode.

Toelichting

Ellipsvormig draaiveld

Als de wisselfluxen ϕ_1 en ϕ_2 niet aan elkaar gelijk zijn, zullen de linksdraaiende statorvelden elkaar niet volledig neutraliseren. Er ontstaat dan een resulterend linksdraaiend invers draaiveld met als waarde $\phi'_r = \phi_{m1}/2 - \phi_{m2}/2$.

De resulterende veldsterkte van het links- en rechtsdraaiende veld is dan niet constant. Het uiteinde van de resulterende fluxvector beschrijft i.p.v. een cirkelvorm een ellipsvorm gedurende het verloop van één periode van de wisselstroom. We spreken in dit geval van een *ellipsvormig draaiveld*.

De ontbinding van een ellipsvormig draaiveld levert eveneens twee tegengesteld draaiende draaivelden op. Het grootste, het *directe draaiveld* genoemd, bepaalt de draaizin. Het kleinste, het *indirecte draaiveld* genoemd, veroorzaakt een remmende werking.

Om de remmende werking te beletten, zullen in de praktijk de twee statorwikkelingen in de mate van het mogelijke identiek zijn.

Het magnetische veld in de werksituatie

Zowel bij de eenfasige statorwikkeling als bij de tweefasige statorwikkeling bleek dat na de start een wisselveld volstaat om de motor te versnellen en te laten werken als asynchrone motor.

Praktische uitvoering van een vanzelf aanlopende eenfasige inductiemotor op een eenfasig net

Opdat de motor vanzelf zou aanlopen, plaatsen we een tweefasewikkeling op de stator (wikkelingen onderling 90° verschoven in de ruimte). Een van de wikkelingen voeren we uit als hoofdwikkeling, de andere als hulpwikkeling (dunnere draad). De faseverschuiving van $\pm 90^\circ$ tussen beide in parallel geschakelde wikkelingen wordt kunstmatig veroorzaakt door de hulpwikkeling in serie met bv. een capaciteit te plaatsen. *Zo ontstaat het effect van een tweefasewikkeling aangesloten op een tweefasenet.* De motor kan bijgevolg aanlopen. Nadat de hulpwikkeling aangelopen is, kan ze met bv. een centrifugaalschakelaar uitgeschakeld worden.

In fig. 255 is de koppelrotatiefrequentiekromme gegeven voor een inductiemotor met en zonder hulpwikkeling.

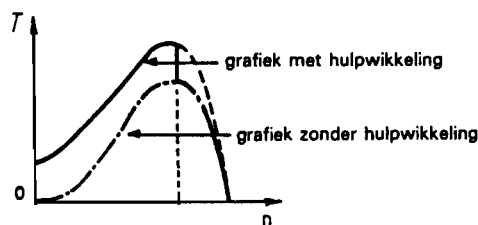


fig. 255

Praktische uitvoering van een driedfasewikkeling tot het verkrijgen van een eenfasige inductiemotor

Een driedfasewikkeling kan eenvoudig omgevormd worden tot een pseudo-tweefasewikkeling. Men schakelt twee fasewikkelingen in serie (hoofdwikkeling). De derde wikkeling vervult de rol van hulpwikkeling.

Uit fig. 256 blijkt dat de hoofdwikkeling $2/3$ van het aantal statorgleuven benut. Het overblijvende $1/3$ van de statorgleuven is dan voorbehouden voor de hulpwikkeling.

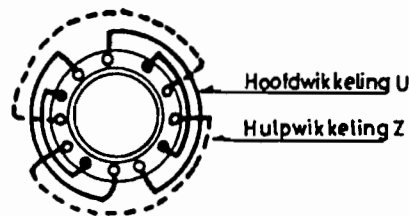


fig. 256

Om het effect van het tweefasenet te krijgen, veroorzaken we weer een kunstmatige faseverschuiving van benaderend 90° door in serie met de hulpwikkeling een faseverschuiwend element te schakelen.

Faseverschuivende elementen

Alle faseverschuivende elementen kunnen voorkomen: condensator, smoorspoel of aangepaste impedantie.

Een voorbeeld van aangepaste impedantie: de hulpwikkeling die toch maar bij de start nodig is uitvoeren met kleinere draaddoorsnede.

5.2 Eenfasige inductiemotortypes

5.2.1 De condensatormotor

Doelstellingen

- De werking van de condensatormotor toelichten.
- De invloed van de capaciteitswaarde op het aanzetkoppel verduidelijken.
- De waarde van de nodige capaciteit berekenen.
- De wisselspanning berekenen waartegen de condensator bestand moet zijn.

Deze motor is de praktische verwezenlijking van de derde toelichting uit paragraaf 5.1.3. De motor heeft een kooirotor terwijl de stator is uitgevoerd met een hoofd- en hulpwikkeling.

In serie met de hulpwikkeling Z plaatsen we een of twee condensatoren (fig. 257a en b).

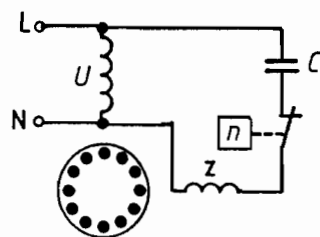


fig. 257a

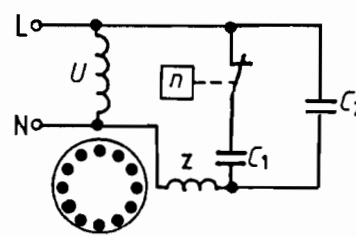


fig. 257b

Voor het geval we één condensator gebruiken, kunnen na aanloop de hulpwikkeling en de condensator aangesloten blijven. Daardoor zal de arbeidsfactor van het net verbeteren. Een nadeel van de schakeling is echter dat het aanloopkoppel maximaal gelijk is aan het nominale bedrijfskoppel. Vergroot men de waarde van de capaciteit van de condensator

tor, dan vergroot het aanloopkoppel (tot 2 à 3 T_n). Om dit hogere aanloopkoppel te krijgen, past men de schakelwijze toe voorgesteld in fig. 257b. Er worden twee condensatoren gebruikt, nl. C_1 en C_2 . Tijdens de aanloop zijn C_1 en C_2 in parallel geschakeld zodat de capaciteitswaarde $C_1 + C_2$ wordt. De koppelrotatiefrequentiekrommen van fig. 258 tonen duidelijk dat het aanloopkoppel groter is dan bij gebruik van C_2 alleen.

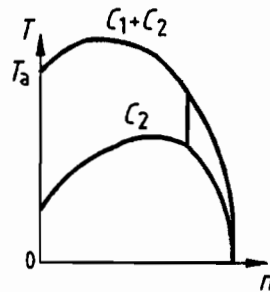


fig. 258

Na aanloop wordt condensator C_1 uitgeschakeld zodat alleen condensator C_2 aangesloten is. Deze condensator zorgt voor verbetering van de arbeidsfactor tijdens het bedrijf van de motor. Het uitschakelen van de hulpwikkeling en condensator C_1 kan gebeuren door bv. een handbediende schakelaar, een centrifugaalschakelaar, een tijd- of stroomgevoelig relais (fig. 259).

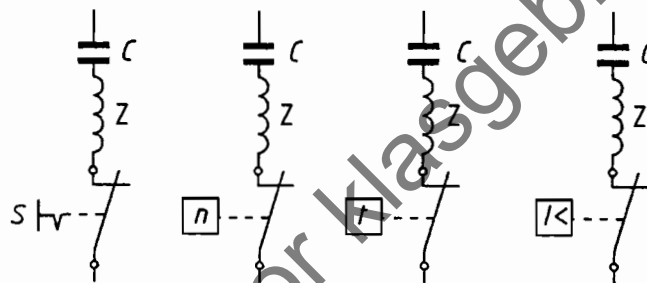


fig. 259

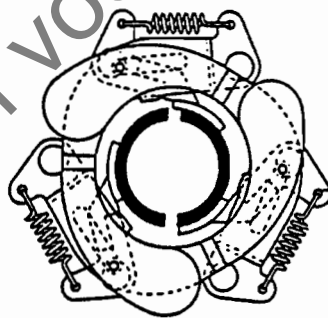


fig. 260

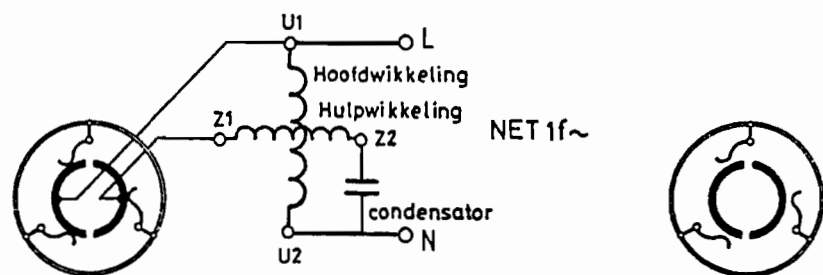


fig. 261

Schakelaar gesloten

Schakelaar geopend

De capaciteitswaarde van de condensator kan met behulp van de volgende formule berekend worden:

$$C = \frac{10^6 \cdot P}{4\pi \cdot f \cdot U^2 \cdot \eta \cdot n} \text{ (in } \mu\text{F)}$$

met

C : capaciteitswaarde (in μF)

P : nuttig vermogen (in W)

f : netfrequentie (in Hz)

η : rendement van de motor

n : effectieve windingsverhouding van hulpfase tot hoofdfase

De wisselspanning waarvoor de condensator voorzien moet zijn, kan met behulp van de volgende formule benaderend berekend worden:

$$U_C = 1,2 \sqrt{1 + n^2}$$

De bedrijfscondensator is van het elektrolytische type (genormaliseerde waarde), speciaal voorzien voor wisselstroom.

Toelichting

Verschillende spanningen

De eenfasige inductiemotor kan geschikt gemaakt worden voor twee spanningen. De hoofdwikkeling bestaat dan uit twee delen die in serie of in parallel geschakeld worden. De hulpwikkeling wordt geschikt gemaakt voor de kleinste spanning.

Omkeren van de draaizin

De draaizin van een eenfasige inductiemotor kan omgekeerd worden door de stroomzin in de hoofdwikkeling of in de hulpwikkeling om te keren. In de praktijk keert men meestal de stroomzin door de hulpwikkeling om.

5.2.2 De spleetpoolmotor of veldverdringingsmotor (shaded pole)

Doelstellingen

- De constructie en principewerking van de spleetpoolmotor toelichten.
- Het toepassingsgebied van de spleetpoolmotor omschrijven.

Constructie

In fig. 262 zijn de constructiebijzonderheden van de spleetpoolmotor principieel weergegeven. De statorwikkeling (arbeidswikkeling) is de enige wikkeling die op het voedende net aangesloten wordt. De statorpooleinden zijn 'gespleten' uitgevoerd. Rond een helft van elk pooleinde zijn een of twee niet-geïsoleerde kortgesloten windingen (kortsluitringen) aangebracht. De rotor is een kooirotor.

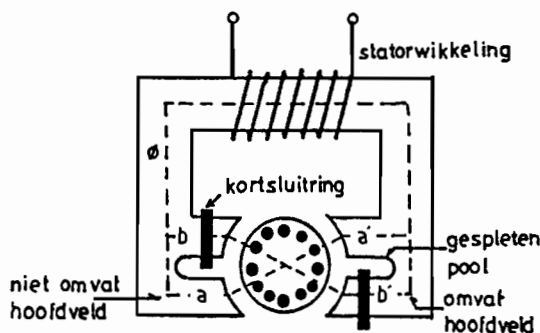


fig. 262

Principewerking

Bij de eenfasige inductiemotor met hulpwikkeling wordt de stroom door de hoofdwikkeling en door de hulpwikkeling rechtstreeks door het voedende net geleverd. Bij de spleetpoolmotor is dit niet het geval; hier wordt alleen de statorwikkeling (arbeidswikkeling) rechtstreeks op het net aangesloten.

De stroomvoerende statorwikkeling veroorzaakt in de magnetische keten een sinusvormig verloopende magnetische flux. (Zie fig. 246.)

Een deel van de hoofdflux wordt omsloten door de kortsluitringen op de pooleinden b en b', een ander deel van de hoofdflux wordt niet omsloten door de kortsluitringen (pooleinden a en a').

Een gevolg van deze toestand is dat bij fluxtoename (tijdstip 0 tot t_1 in fig. 246) in de kortsluitringen inductiestromen ontstaan die hun ontstaansoorzaak (de omsloten hoofdflux) zullen tegenwerken. Bij toenemende (opkomende) flux zal het magnetische veld dat door de kortsluitringen omsloten wordt, tegengewerkt worden en de statorflux zal hoofdzakelijk de richting aa' aannemen. Na 1/4de periode zal de hoofdflux afnemen. De inductiestromen in de kortsluitringen zullen zich ook tegen de fluxdaling verzetten. Terwijl de flux aa' verdwijnt, zullen de inductiestromen in de kortsluitringen er nu voor zorgen dat de flux zich nog even zal handhaven in de richting bb'. Bij het omkeren van de statorflux keert de zin van het magnetische veld om en herhaalt zich het verschijnsel. Er ontstaat een – zij het gebrekkig – draaiveld. Dit draaiveld lijkt in de praktijk voldoende om de motor vanzelf aan te lopen.

We mogen stellen dat er tussen 'beide' magnetische velden (richting aa' en bb') een tweevoudige faseverschuiving ontstaat; deels in de tijd en deels ruimtelijk omwille van de constructie.

Dit type motor wordt veel gebruikt bij toepassingen van geringe vermogens. Het rendement is zeer laag (20 %) en het aanloopkoppel klein (normaal 20 à 50 % T_n , uitzonderlijk 100 %). Constructief ziet de motor eruit als aangegeven in fig. 263.

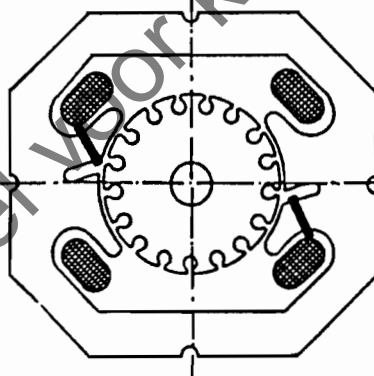


fig. 263

De draaizijn van de spleetpoolmotor kan niet gewijzigd worden. De motor wordt gebruikt voor aandrijving van kleine ventilatoren, eenvoudige cassette-recorders en platendraaiers, waterpompen van wasmachines e.d.

5.3 Wisselstroomcommutatormotoren

Doelstelling

- De constructie van wisselstroomcommutatormotoren toelichten.

Alle types eenfasige wisselstroomcommutatormotoren hebben een stator met veldwikkeling en een rotor met rotorwikkeling, verbonden met een collector-commutator met bijbehorende koolborstels.

Constructief is er veel overeenkomst met de gelijkstroommotor. Afwijkend is het noodzakelijk uitvoeren van een gelamelleerde stator, dit omwille van de wisselflux opgewekt door de voedende wisselstroom. Hoewel constructief ingewikkelder dan de asynchrone en synchrone motor, wordt dit type motoren verkozen waar eenvoudige rotatiefrequentieregeling én/of een hoog aanloopkoppel vereist worden. Men vindt ze terug in kleine arbeidswerktuigen en huishoudelijke toepassingen. Twee types worden hoofdzakelijk gebruikt: de seriemotor en de repulsiemotor.

5.3.1 De seriewisselstroommotor

Doelstellingen

- De principewerking van de seriewisselstroommotor verklaren.
- De bijzonderste eigenschappen toelichten.
- Het toepassingsgebied van de seriewisselstroommotoren omschrijven.

Fig. 264 geeft het elektrische schema van de motor. De wikkelingen C en Z stellen de hulpwikkeling en de compensatiewikkeling voor. Men herkent gemakkelijk de overeenkomsten met de seriegelijkstroommotor. In principe zou een gelijkstroomseriemotor op eenfasige wisselstroom kunnen werken omdat veld- en rotorstroom periodiek en gelijktijdig van teken veranderen, waardoor de zin van het aandrijfkoppel ongewijzigd blijft ($T = k \cdot \phi \cdot I$).

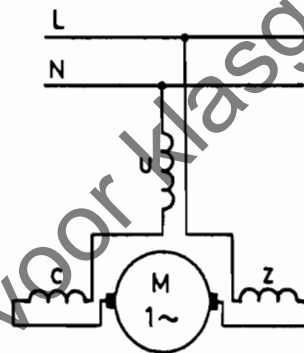


fig. 264

De grootte van het koppel is evenwel niet constant; het verandert voortdurend van waarde en wordt zelfs tweemaal per periode nul. Omwille van de massa-traagheid van de rotor is dit echter niet zichtbaar.

Om de specifieke verliezen en problemen eigen aan het gebruik van wisselstroom (hysteresis- en wervelstroomverliezen, commutatie) te beperken, worden bepaalde voorzieningen toegepast, zoals bv. vermindering van het aantal veldwindingen, verkleinen van de luchtspleet, groot anker, collector met grotere diameter enz.

Als speciaal type seriemotor vermelden we de z.g. *universele motor*.

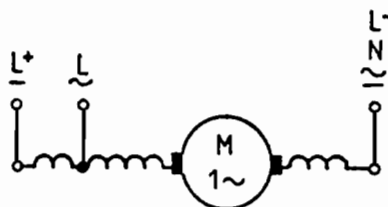


fig. 265

Deze motor is geschikt voor gelijk- en wisselspanning. Bij aansluiting op gelijkspanning worden er wel extra windingen bijgeschakeld (fig. 265). Als bijzonderste eigenschappen vermelden we:

- Het aanloopkoppel is groot en, afgezien van de magnetische verzadiging, evenredig met het kwadraat van de aanloopstroom.
- De koppelrotatiefrequentiekromme is analoog met die van de gelijkstroomseriemotor: de motor kan bij nullast op hol slaan.
- Een aanloopweerstand is niet vereist (coëfficiënt van zelfinductie van de ankerwinding).
- Hoge rotatiefrequenties zijn te verwezenlijken (tot ca. $25\,000\text{ min}^{-1}$).
- De regeling van de rotatiefrequentie bij kleine motoren kan gebeuren met een regelbare voorschakelweerstand of op een elektronische manier.
- Bij kleine motoren (tussen 8 en 350 W) worden geen hulp- of compensatiespoelen toegepast.

Grote seriewisselstroommotoren worden toegepast bij eenfasige wisselstroomtractie. Als netfrequentie wordt hier wel de frequentie 50 Hz of $16\frac{2}{3}\text{ Hz}$ aangewend, dit om de commutatieproblemen te verminderen.

5.3.2 De repulsiemotor

Doelstellingen

- De constructiebijzonderheden van de repulsiemotor toelichten.
- De principewerking van de repulsiemotor verklaren.
- De voordelen van een repulsiemotor opsommen.

Repulsiemotoren verschillen in zoverre van de wisselstroomseriemotoren dat alleen de veldwinding door het net gevoed wordt (fig. 266). De borstels op de commutator zijn onderling doorverbonden én verstelbaar. Door verplaatsing van de borstelbrug op de commutator kan men de motor starten en de rotatiefrequentie en de draaizin bepalen.

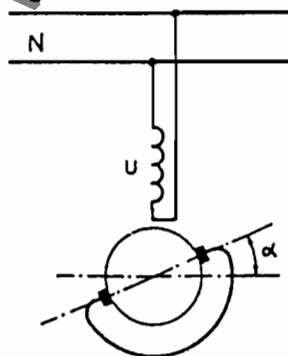


fig. 266

Principiële werking

De elektrische energie wordt door inductie van de stator op de rotor overgedragen. De statorwinding voert, evenals bij inductiemotoren en transformatoren, zowel de magnetiseringsstroom als de op de primaire getransformeerde secundaire arbeidsstroom.

In de stand $\alpha = 0^\circ$ (fig. 266), de nulstand, neemt de motor alleen de magnetiseringsstroom uit het net op; er wordt echter nog geen draaimoment ontwikkeld. Bij verdraaiing van de borstels loopt de motor aan in de zin tegengesteld aan die verdraaiing. In de stand $\alpha = 90^\circ$ (kortsluitstand) wordt, zoals bij een secundair kortgesloten transformator, het

statorveld vrijwel geheel door het rotorveld opgeheven en neemt de motor een grote, sterk faseverschoven kortsluitstroom op zonder een draaikoppel te ontwikkelen. De normale werkstand van de borstels met nominaal vermogen en hoogste rotatiefrequentie ligt gewoonlijk bij een hoek $\alpha = 55^\circ$ à 70° . Het koppel is ongeveer evenredig met

$$T = k \cdot I^2 \cdot \sin 2\alpha$$

waarin I de primaire netstroom is.

Voordelen van de repulsiemotor zijn:

- trappenloos regelen van de rotatiefrequentie;
- omkering van de draaizin zonder tussenkomst van schakelapparatuur.

De repulsiemotor wordt vooral gebruikt bij hijswerktuigen zoals elektrotakels.

Hierbij gebeurt de instelling van de borstelbrug vanaf de begane grond.

5.3.3 De motor met trilcontact (fig. 267)

Doelstellingen

- De principewerking van de motor met trilcontact verklaren.
- De constructiebijzonderheden toelichten.

De motor met trilcontact is een kleine motor die men soms nog aantreft in toestellen met zeer klein vermogen. Een anker A van zacht staal is draaibaar opgesteld tussen de polen van een elektromagneet.

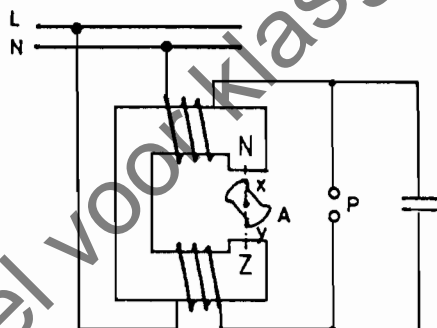


fig. 267

De aansluiting van de elektromagneet op het net gaat via een trilcontact P dat regelmatig geopend wordt door een nok, die met het anker ronddraait. Het openen van contact P gebeurt telkens als het anker voorbij de aslijn xy komt. In de getekende stand worden de uiteinden van het anker aangetrokken door de kortst bijliggende polen. De condensator C dient om de vonken op het contact P te verminderen.

5.4 De driefasige motor gebruikt als eenfasige motor

Doelstellingen

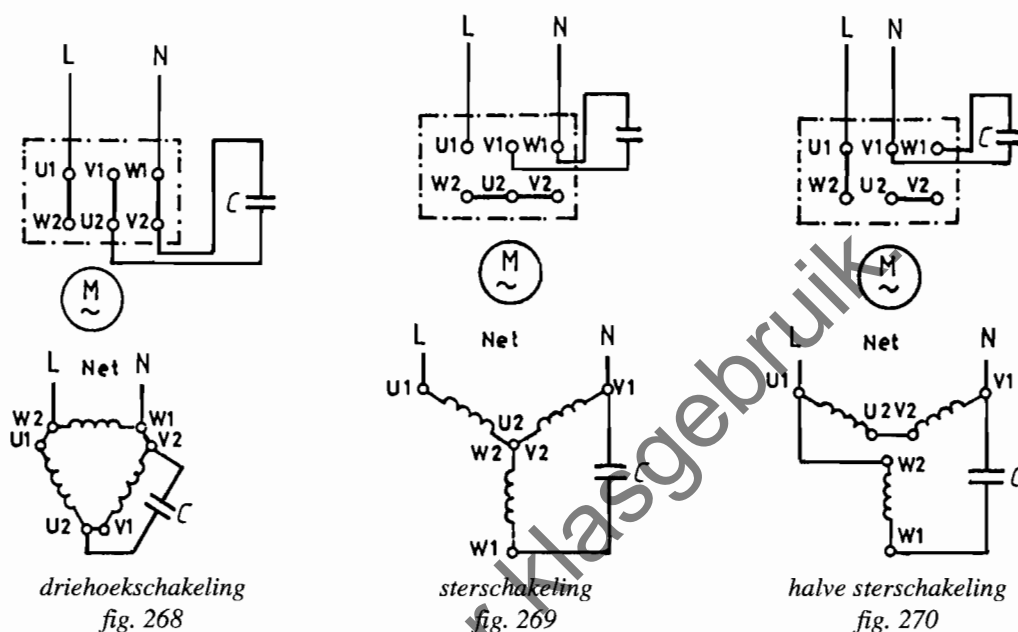
- Het gebruik van de driefasige motor als eenfasige motor toelichten.
- De eigenschappen bij eenfasige motorwerking vergelijken met die bij driefasige motorwerking.

De vaststelling dat een driefasemotor waarvan tijdens de werking een fasedraad onderbroken wordt, verder draait (hij kan in deze omstandigheden niet aanlopen), doet al snel vermoeden dat men mits kleine ingrepen een driefasemotor kan gebruiken als eenfase-

motor. Toelichting 4 van paragraaf 5.1.3 maakte al duidelijk hoe je een driefasewikkeling kon omschakelen tot een pseudo-tweefasewikkeling.

Bij de z.g. *Steinmetzschakeling* wordt één wikkeling van de motor gebruikt als aanloopwikkeling (hulpfase) terwijl de andere wikkelingen volgens een bepaalde manier geschakeld worden.

Drie manieren van schakelingen zijn mogelijk: de driehoekschakeling, de sterschakeling en de halve sterschakeling. De toegepaste schakelwijze hangt af van de spanninggegevens van de motor en de beschikbare netspanning. Een bijgevoegde condensator zorgt voor de benodigde faseverschuiving. De fig. 268, 269 en 270 geven de uitgevoerde verbindingen en de aldus verwezenlijkte schakelwijze.



In vergelijking met de motor gebruikt als driefasige motor gelden de volgende eigenschappen:

- 1 Het nominaal toelaatbare en nuttige vermogen verkleint:

$$P_{1\sim} = 0,75 P_{3\sim}$$

- 2 Het aanloopkoppel verkleint eveneens:

$$T_{a1\sim} = 0,5 T_{a3\sim}$$

- 3 De vereiste capaciteitswaarde van de condensator kan berekend worden met de volgende formule:

$$C = \frac{10^6 \cdot P}{5,22 \cdot \pi \cdot f \cdot U^2 \cdot \eta} \quad (\text{in } \mu\text{F})$$

met

P : nuttig vermogen (in W)

U : netspanning (in V)

f : frequentie (in Hz)

η : rendement

- 4 De wisselspanningswaarde waartegen de condensator bestand moet zijn, berekent men benaderend met de formule

$$U_C = 1,2 U$$

met

U : netspanning

- 5 Draaizinomkering wordt verkregen door het verplaatsen van de condensator over een andere wikkeling.
- 6 Omwille van zijn eenvoudige bouw en bedrijfszekere werking, wordt deze Steinmetzschakeling toegepast bij kleine vermogens.

5.5 Eenfasige synchrone motoren

Doelstelling

- De principewerking van eenfasige synchrone motor verklaren.

De synchrone motor bestaat uit een stator gevoed met wisselstroom, waardoor een wisselveld wordt opgewekt. De rotor wordt gevormd door permanente magneten. Zoals de driefasige asynchrone motor start hij niet zelf en moet hij op synchrone rotatiefrequentie gebracht worden.

Twee types worden veel gebruikt: de motor met permanente magneetrotor en de reluctantiemotor.

5.5.1 De synchrone motor met permanente magneetrotor

Om de aanloop te verzekeren, is de stator uitgevoerd zoals de spleetpoolstator. De rotor is gevormd uit een ronde schijfmagneet (fig. 271 en 272), vervaardigd uit speciaal metaaloxide. Op deze schijf zijn aan twee kanten zachtstalen plaatjes bevestigd met uitstekende klauwen. Na het asynchroon aanlopen van de rotor wordt die in synchronisme getrokken.

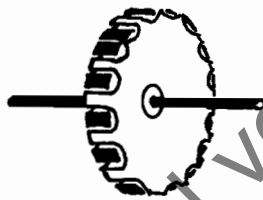


fig. 271

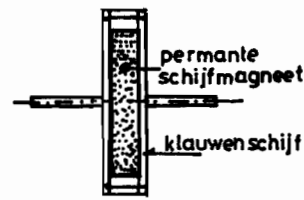


fig. 272

5.5.2 De reluctantiemotor

Ook hier is de stator van het spleetpooltype om de asynchrone aanloop te verzekeren. De rotor bestaat uit een kooiwikkeling. Het rotorblikpakket bevat axiale uitsparingen overeenkomstig het gewenste aantal poolparen (fig. 273). De uitsparingen in het rotorlichaam vergroten plaatselijk de reluctantie (de luchtspleet is groter). De opgewekte statorflux gaat nu bij voorkeur langs de plaatsen met de geringste reluctantie, waardoor polen ontstaan in de rotoruitsteeksels.

Na het aanlopen van de motor als asynchrone kooimotor wordt de rotor eveneens in synchronisme getrokken en blijft verder als synchrone motor draaien.

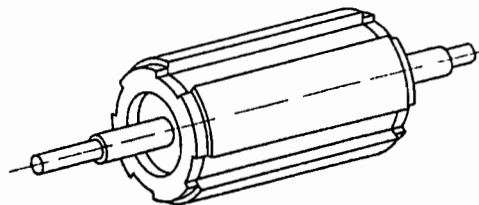


fig. 273

5.5.3 De hysteresismotor

De rotor van de hysteresismotor bestaat uit een hulsvormig deel van speciaal ferromagnetisch materiaal met grote hysteresislus (fig. 274). Bij de aanwezigheid van een stator-draaiveld worden in de huls wervelstromen en hysteresisverliezen opgewekt. Beide leveren het draaikoppel. Dit draaikoppel kan wiskundig als volgt worden uitgedrukt:

$$T = H + sW$$

d.w.z. het koppel is afhankelijk van een constant blijvend deel, geleverd door de hysteresis (H), en een veranderend deel (sW) afkomstig van de wervelstromen. Dit laatste deel is afhankelijk van de rotorslip en is het grootst bij de aanloop ($s = 1$).

Bij synchronisme ($s = 0$) vervalt de term sW zodat alleen H overblijft. Dit betekent dat het belastingskoppel de waarde H niet mag overschrijden.

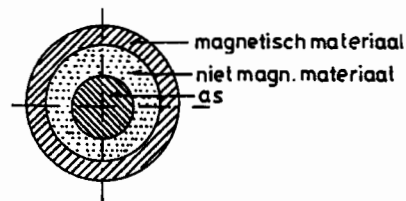


fig. 274

Enkel voor klasgebruik.

SYNTHESE

Eenfasige motoren

Eenfasige inductiemotoren

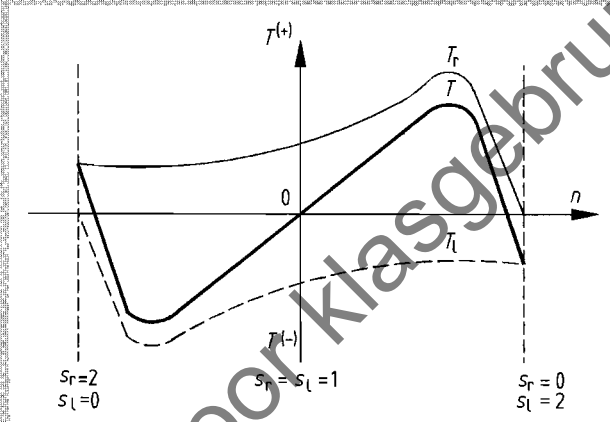
Samenstelling

De eenfasige inductiemotor bestaat uit een stator en een rotor. De stator bevat een eenfase- of een meefasewikkeling terwijl de rotor een kooirotor is.

Magnetisch veld en aanloopmogelijkheid

Eenfasewikkeling op een eenfasenet

Een **inductiemotor met een eenfasewikkeling** op de stator aangesloten op een **eenfasenet** veroorzaakt volgens het theorema van Leblanc twee gelijke en tegengesteld draaiende magnetische draaivelden die bij de stilstaande rotor twee gelijke en tegengestelde koppels veroorzaken.



De motor loopt niet vanzelf aan.

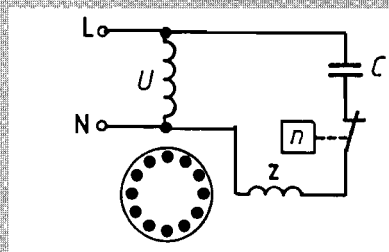
Brengen we de motor op een of andere manier in beweging, dan zal hij met een beperkt koppel in dezelfde zin aanlopen zoals dat het geval was bij een driefasige inductiemotor.

Twefasewikkeling op een tweefasenet

Een **inductiemotor met een twefasewikkeling** op de stator aangesloten op een **tweefasenet** veroorzaakt een cirkelvormig draaiveld.

De motor zal onder invloed van het draaiveld vanzelf aanlopen.

De condensatiemotor



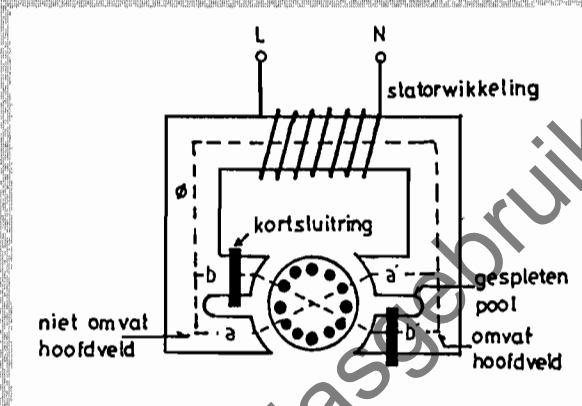
Om een inductiemotor met een eenfasewikkeling op de stator en aangesloten op een eenfasenet vanzelf te laten aanlopen plaatsen we, 90° verschoven in de ruimte, een tweede wikkeling (hulpwikkeling) met een of twee condensatoren in serie. Op deze manier creëren we een magnetisch draaiveld waardoor de motor vanzelf aanloopt.

Na aanloop kunnen de hulpwikkeling en de condensator uitgeschakeld worden en zal de motor verder draaien.

Het uitschakelen van de hulpwikkeling kan gebeuren door bv. een handbediende schakelaar, een centrifugaalschakelaar, een tijd- of stroomgevoelig relais.

Andere types van inductiemotoren

Spleetpoolmotor of veldverdringingsmotor



Met slechts één statorwikkeling op een eenfasenet wordt omwille van het veldverdringingseffect een pseudo-draaiveld ontwikkeld waardoor de motor vanzelf aanloopt.

Wisselstroomcommutatormotoren

We onderscheiden:

- de seriewisselstroommotor (de universele motor);
- de repulsiemotor

Eenfasige synchrone motoren

De synchrone motor bestaat uit een stator gevoed met wisselstroom. Gevolg is dat er een wisselveld wordt opgewekt. De rotor wordt gevormd door permanente magneten.

Zoals de driefasige synchrone motor loopt ook de eenfasemotor niet vanzelf aan.

We onderscheiden de volgende types:

- de synchrone motor met permanente magneetrotor;
- de reluctantiemotor;
- de hysteresismotor.

Om het aanlopen te verzekeren worden de onderscheiden types (spleetpooltype) zodanig uitgevoerd dat ze als inductiemotor (asynchroon) aanlopen. De constructiebijzonderheden zullen ervoor zorgen dat de rotorpolen 'in pas' getrokken worden met het wisselveld van de stator waardoor de rotor op synchrone rotatiefrequentie verder blijft draaien.

Toepassingsgebied

Eenfasige motoren worden veel toegepast voor compacte aandrijftechniek (kleine vermogens van enkele watt tot ± 100 watt).

De eenfasige inductiemotoren komen in aanmerking voor toepassingen waarbij men een soepele rotatiefrequentieregeling wenst (zoals voor huishoudtoepassingen en kleine arbeidswerktuigen).

Is een relatief groot aanzetkoppel met hoge rotatiefrequentie vereist, dan zullen de commutatormotoren de beste oplossing bieden (slijpschijven).

Is er constante rotatiefrequentie nodig zoals aandrijvingen voor klokken, apparatenbouw, machinebouw, medische apparatuur, instrumenten, verkoopautomaten, printers, scanners enz., dan komen de synchrone motoren in aanmerking.

Enkel voor klasgebruik.

9121

Enkel voor klasgebruik.