

Vermogen en arbeidsfactor in driefasenetten

WEGWIJZER

Leereenheid 8 bracht ons inzicht in de samenstelling van een driefasenet. De functie van de lijnen en van de nulgeleider werd duidelijk omschreven. Bij het aansluiten van driefasige verbruikers op een driefasenet vloeien stromen en verdeelt de beschikbare spanning zich over de aangesloten impedanties. De waarden van die stromen en spanningen kunnen alle worden berekend.

Zoals voor eenfasige kringen volgt na de leereenheden over de samenstelling en de berekening van wisselstroomkringen een leereenheid over het vermogen en de arbeidsfactor in driefasenetten. De algemene begrippen over vermogen, energie en arbeidsfactor zoals ze in leereenheid 7 werden verklaard, zijn in driefasige kringen integraal toepasselijk.

Als een belasting evenwichtig is, zal elke fase van de belasting eenzelfde vermogen opnemen en de faseverschuivingshoek (arbeidsfactor) zal dan ook voor elke fase identiek zijn. In dit geval kunnen we spreken over de $\cos\varphi$ of arbeidsfactor van de driefasige verbruiker.

Maar als de belasting onevenwichtig is, dan zullen het vermogen en de arbeidsfactor van elke fase onderling verschillen. In dat geval moet je het vermogen en de arbeidsfactor telkens per fase beschouwen. Je kan dan hoogstens over een gemiddeld opgenomen vermogen en over een gemiddelde arbeidsfactor van een driefasige verbruiker spreken.

In deze leereenheid zullen we verschillende belastingsmogelijkheden onderzoeken. Ook verduidelijken we de nodige berekeningen om de arbeidsfactor en het vermogen van een driefasenet te berekenen. Wegens het grote belang van deze leerstof voor de sterkstroomtechniek zullen we ook aandacht besteden aan het meten van driefasig actief vermogen voor de verschillende belastingsgevallen.

9.1 Vermogens geleverd door de bron en opgenomen door de belasting

Leerdoel

Hierna kan je:

- uit de grootheden van elke fase het schijnbaar, actief en reactief vermogen van een driefasige belasting berekenen.

Afhankelijk van de schakeling van de driefasige bron (generator of transformator) voedt de bron een viergeleidernet (sterschakeling met nulgeleider) of een driegeleidernet (driehoekschakeling of sterschakeling zonder nulgeleider). Een driefasige bron levert stroom als ze belast wordt. Als we het veelal beperkt vermogensverlies in de leidingen verwaarlozen is het vermogen dat door de bron geleverd wordt gelijk aan het vermogen dat door de belasting opgenomen wordt.

Voor elke eenfasige belasting of elke fase van een driefasige belasting is het **schijnbaar** opgenomen vermogen gelijk aan het product van de spanning over de fase en de stroomsterkte door de fase.

$$S_f = U_f \cdot I_f \text{ (VA)}$$

Voor elke eenfasige belasting of elke fase van een driefasige belasting is het **actief** opgenomen vermogen gelijk aan het product van de spanning over de fase, de stroomsterkte door de fase en de cosinus van de faseverschuivingshoek φ (arbeidsfactor) tussen de spanning over en de stroom door de fase.

$$P_f = U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi_f \text{ (W)}$$

Voor elke eenfasige belasting of elke fase van een driefasige belasting is het **reactief** vermogen gelijk aan het product van de spanning over de fase, de stroomsterkte door de fase en de sinus van de faseverschuivingshoek tussen de spanning over en de stroom door de fase.

$$Q_f = U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi_f \text{ (var)}$$

Een driefasig vermogen dat door de bron geleverd wordt aan een driefasige belasting is altijd gelijk aan de som van de vermogens die door de drie fasen van de belasting opgenomen worden.

$$S_{3f} = U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 \text{ (VA)}$$

$$P_{3f} = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + U_3 \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3 \text{ (W)}$$

$$Q_{3f} = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 + U_3 \cdot I_3 \cdot \sin \varphi_3 \text{ (var)}$$

De formules gelden voor evenwichtige (symmetrische) en onevenwichtige (asymmetrische) belasting.

9.2 Driefasige vermogens bij evenwichtige belasting

Leerdoelen

Hierna kan je:

- uitgaande van de fasegrootheden de formules voor de berekening van het schijnbaar, actief en reactief vermogen van een evenwichtige belasting opstellen.
- uitgaande van de lijnspanning en lijnstroom (lijn grootheden) de formules voor de berekening van het schijnbaar, actief en reactief vermogen van een evenwichtige belasting opstellen.

In een driefasenet veronderstellen we dat de bron een driefasespanning levert. Dat houdt in dat de drie fasespanningen van de generator even groot zijn. Als we een evenwichtige belasting aansluiten op het net zijn de drie fasestromen van de belasting even groot en de faseverschuivingshoeken tussen elke fasespanning en elke fasestroom zijn ook even groot.

Voor evenwichtige belastingen kunnen we de formules van de driefasige vermogens vereenvoudigen tot:

$$\begin{aligned}S_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \text{ (VA)} \\P_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi_f \text{ (W)} \\Q_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi_f \text{ (var)}\end{aligned}$$

In tegenstelling tot de lijn grootheden (U_L en I_L) die we altijd kunnen meten, is er bij meting van de fase grootheden (U_f en I_f) altijd één grootheid die we niet rechtstreeks kunnen meten. Een lijnspanning kunnen we rechtstreeks meten tussen twee lijnen van het net. Een fasespanning kunnen we maar rechtstreeks meten als we kunnen meten tussen een lijn en de nulgeleider van het net of het sterpunt van de belasting.

Bij een evenwichtige belasting die in driehoek geschakeld is kunnen we een fasestroom maar meten als we een verbinding van het klemmenbord verbreken en een A-meter ertussen plaatsen of een stroommeet tang over een verbinding van het klemmenbord haken. Een lijnstroom kunnen we rechtstreeks meten door een lijn van het net.

In de praktijk is het dus handiger om de driefasige vermogens uit te drukken in functie van de lijn grootheden in plaats van in functie van de fase grootheden.

Voor de sterschakeling resulteert dit in:

$$S_{3f} = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 \cdot \frac{U_L}{\sqrt{3}} \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \text{ (VA)}$$

Voor de driehoekschakeling resulteert dit in:

$$S_{3f} = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 \cdot U_L \cdot \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \text{ (VA)}$$

Voor elke evenwichtige belasting kunnen we de driefasige vermogens berekenen met de formules:

$$\begin{aligned}S_{3f} &= \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \text{ (VA)} \\P_{3f} &= S_{3f} \cdot \cos \varphi_f = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi_f \text{ (W)} \\Q_{3f} &= S_{3f} \cdot \sin \varphi_f = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi_f \text{ (var)}\end{aligned}$$

Hoewel we de formules van het actief en reactief vermogen schrijven in functie van de lijngrootheden U_L en I_L is φ nog steeds de faseverschuivingshoek tussen de fasegrootheden U_f en I_f .

Toelichting

Evenwichtige belasting in ster en viergeleidernet

Bij een evenwichtige belasting die in ster geschakeld is, sluiten we de nulgeleider nooit aan op het sterpunt van de belasting.

9.3 Arbeidsfactor van een driefasige belasting

Leerdoelen

Hierna kan je:

- de betekenis van de arbeidsfactor van een driefasige belasting toelichten.
- de gemiddelde arbeidsfactor van een onevenwichtige belasting in een willekeurig tijdsbestek bepalen.

Uit de voorgaande leerstof onthou je dat de faseverschuivingshoek tussen fasestroom en fasespanning in de formules van het driefasig vermogen een belangrijke rol speelt. Die faseverschuivingshoek kan voor elke fase een andere waarde hebben. De arbeidsfactor per fase kan dus verschillend zijn en is enkel afhankelijk van de impedantie van elke fase.

Je kan enkel spreken over de arbeidsfactor van een driefasige verbruiker als de verbruiker een evenwichtige belasting vormt en de faseverschuivingshoek in elke fase dus dezelfde is.

Verwarmingstoestellen kunnen we beschouwen als zuiver ohmse belastingen, zodat $\cos \varphi = 1$ en $\sin \varphi = 0$. Bij driefasige motoren is de arbeidsfactor van elke fase bij nominale belasting aangegeven op de kenplaat.

In netten die onevenwichtig belast worden (distributienetten) kan je de gemiddelde arbeidsfactor bepalen uit de aflezingen van een driefasige kWh- en kvarh-meter na een bepaalde tijd.

$$\cos \varphi = \frac{W_{\text{actief}}}{\sqrt{W_{\text{actief}}^2 + W_{\text{reactief}}^2}} \left(\frac{\text{kWh}}{\sqrt{\text{kWh}^2 + \text{kvarh}^2}} \right)$$

9.4 Verbeteren van de arbeidsfactor

Leerdoelen

Hierna kan je:

- de verbetering van de arbeidsfactor in een driefasenet verklaren.
- de capaciteit van de condensator bepalen om de arbeidsfactor van een evenwichtige belasting met constant reactief vermogen te verbeteren tot een willekeurige waarde.
- het verband tussen de capaciteit van de condensatoren en de toegepaste ster- of driehoekschakeling aantonen.

9.4.1 Methodes om de arbeidsfactor te verbeteren

Bij evenwichtige belastingen met constant reactief vermogen worden drie identieke condensatoren in ster of driehoek tussen de lijnen geschakeld om de arbeidsfactor te verbeteren.

Bij driefasenetten waarin het reactief vermogen in de tijd wijzigt door het in- en uitschakelen van verbruikers (gelijktijdigheid) of het variëren van de belasting, wordt de arbeidsfactor verbeterd door een automatische condensatorbatterij. Hiervoor wordt een centrale compensatie-eenheid aangesloten op een centraal punt van de elektrische installatie. Het condensatorvermogen is opgedeeld in een aantal groepen van telkens drie identieke condensatoren. Afhankelijk van de arbeidsfactor schakelt een automatische blindstroomregelaar een aantal condensatorgroepen in.

Voor een continue verbetering van de arbeidsfactor wordt een onbelaste synchrone draaistroommotor aangesloten op het net voor de condensatorenbatterij. Als de bekrachtigingstroom van de synchrone motor hoog ingesteld is, gedraagt hij zich capacitef. Een automatische blindstroomregelaar regelt de bekrachtigingstroom van de synchrone motor afhankelijk van de arbeidsfactor.

9.4.2 Capaciteitsbepaling

De bepaling van de capaciteit verloopt op dezelfde manier als bij eenfasige verbruikers. In de praktijk streven we er steeds naar om de fasestroom meer in fase te krijgen met de fasespanning.

a Condensatoren in driehoek

In figuur 9.1 stellen we vast dat elke condensator C parallel geschakeld is met een fase Z . Om de faseverschuivingshoek φ tot φ' te verkleinen moet het reactief vermogen van een condensator volgens paragraaf 7.5.4 van leereenheid 7 gelijk zijn aan:

$$Q_C = P_f(\tan \varphi - \tan \varphi')$$

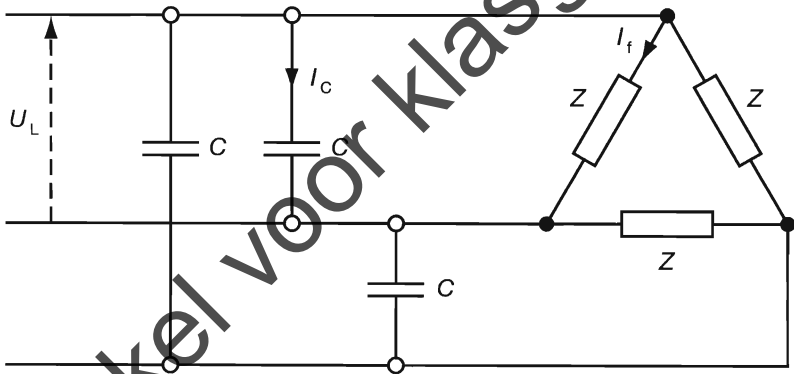


Fig. 9.1 Verbeteren van de arbeidsfactor met condensatoren in driehoek

Het opgenomen vermogen van een condensator is ook gelijk aan:

$$Q_C = U_L I_C = U_L \cdot \frac{U_L}{X_C} = U_L^2 \omega C$$

Uit de combinatie van de vorige vergelijkingen kunnen we de capaciteit van een condensator bepalen.

$$C = \frac{P_f(\tan\varphi - \tan\varphi')}{U_L^2 \cdot \omega}$$

$$\text{met } P_f = \frac{P_{3f}}{3} \text{ is } C = \frac{P_{3f}(\tan\varphi - \tan\varphi')}{3 \cdot U_L^2 \cdot \omega}$$

b Condensatoren in ster

Als we de condensatoren in ster schakelen om bij dezelfde verbruiker van figuur 9.1 de arbeidsfactor te verbeteren van $\cos\varphi$ tot dezelfde waarde $\cos\varphi'$, dan moeten condensatoren met hetzelfde reactief vermogen geïnstalleerd worden. De schakeling van de belasting beïnvloedt de berekening van de capaciteit niet rechtstreeks.

De spanning over de condensatoren is $\sqrt{3}$ maal kleiner bij de sterschakeling zodat de capaciteit van de condensatoren die we moeten gebruiken om eenzelfde reactief vermogen op te nemen driemaal groter moet zijn ($Q_C = U_C^2 \cdot \omega \cdot C$).

Bij de sterschakeling is de capaciteit dus:

$$C = \frac{P_{3f}(\tan\varphi - \tan\varphi')}{U_L^2 \cdot \omega}$$

Uit beide mogelijke schakelingen van condensatoren kunnen we besluiten dat voor de driehoekschakeling de kleinste capaciteiten nodig zijn en dat de driehoekschakeling de meest economische schakeling is. Bij de sterschakeling zal de spanning over de condensatoren echter $\sqrt{3}$ maal kleiner zijn, waardoor bij hoogspanning de voorkeur toch naar de sterschakeling gaat.

9.5 Meting van het actief vermogen in een driefasennet

Leerdoelen

Hierna kan je:

- de schakeling van de driewattmetermethode tekenen en beschrijven.
- de schakeling van de tweewattmetermethode tekenen en beschrijven.
- bij de verschillende belastingsgevallen de meest geschikte methode voor de meting van het driefasig actief vermogen kiezen en verantwoorden.
- het verband tussen de lezing van de meettoestellen en het driefasig actief vermogen toelichten.

9.5.1 Driewattmetermethode

De schakeling van een driefasige wattmeter stellen we voor in figuur 9.2. De driefasige wattmeter kunnen we ook vervangen door drie eenfasige wattmeters. We onderbreken een lijn en schakelen de stroomspoel van een wattmeter in de lijn met het beginpunt aan de netzijde en het eindpunt aan de belastingszijde. Bij lage belastingsimpedanties sluiten we het beginpunt van de spanningsspoel van elke wattmeter aan op het eindpunt van de bijhorende stroomspoel. De eindpunten van de spanningsspoelen verbinden we aan elkaar in een sterpunt.

Het sterpunt van de spanningsspoelen verbinden we met een evenwichtig sterpunt.

Als evenwichtig sterpunt kunnen we eventueel gebruiken:

- het sterpunt van de spanningsspoelen als de impedanties van de drie spanningsspoelen identiek zijn;
- de nulgeleider van een viergeleidernet;
- het sterpunt van een in ster geschakelde evenwichtige belasting;

- een kunstmatig sterpunt dat we maken met drie identieke weerstanden (waarvan de weerstandswaarde ongeveer een tiende van de weerstandswaarde van een spanningsspoel is) in ster tussen de lijnen te schakelen aan de netzijde voor de wattmeters;
- een kunstmatig sterpunt dat we maken door twee bijkomende weerstanden (waarvan de weerstandswaarde identiek is aan de weerstandswaarde van de spanningsspoel) samen met de spanningsspoel van een enkele wattmeter in ster te schakelen tussen de lijnen.

Het vermogen aangegeven door een wattmeter P_{lezing} is het product van de stroomsterkte door de stroomspoel, de spanning over de spanningsspoel en de cosinus van de faseverschuivingshoek tussen de twee voornoemde elektrische grootheden.

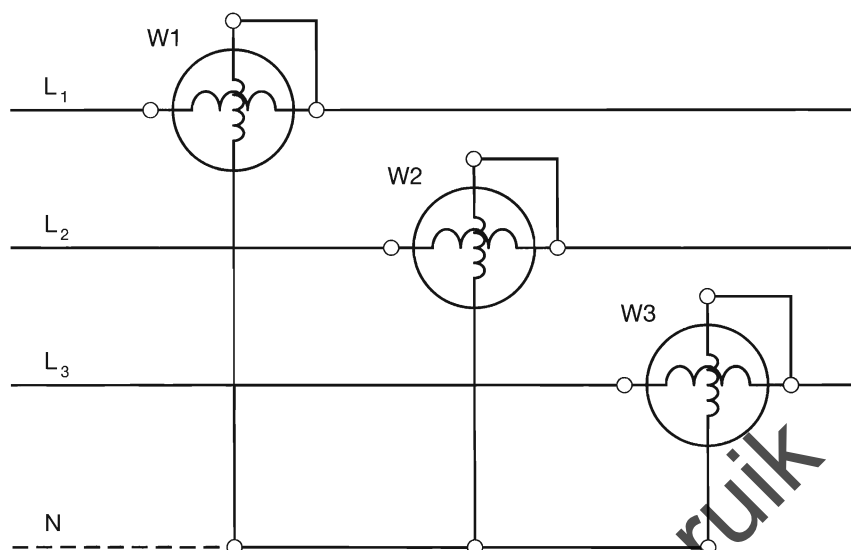


Fig. 9.2 Schakeling van een driedfasige wattmeter

Bij onevenwichtige belasting is het driedfasig actief vermogen gelijk aan de som van de drie lezingen.

$$P_{3f} = P_{\text{lezing1}} + P_{\text{lezing2}} + P_{\text{lezing3}}$$

Als de belasting constant is, kan je met een wattmeter de drie vermogens apart meten en de lezingen optellen om het driedfasig vermogen te berekenen.

Bij evenwichtige belasting volstaat een meting met een enkele eenfasige wattmeter en het driedfasig vermogen is dan de lezing op de wattmeter vermenigvuldigd met drie.

$$P_{3f} = 3 \cdot P_{\text{lezing}}$$

9.5.2 Tweewattmetermethode

Het driedfasig actief vermogen kunnen we ook meten door twee eenfasige wattmeters te schakelen volgens de schakeling voorgesteld in figuur 9.3.

We onderbreken een lijn en schakelen de stroomspoel van een wattmeter in de lijn met het beginpunt aan de netzijde en het eindpunt aan de belastingszijde. Bij lage belastingsimpedanties sluiten we het beginpunt van de spanningsspoel van elke wattmeter aan op het eindpunt van de bijhorende stroomspoel. De eindpunten van de spanningsspoelen verbinden we aan de lijn waarin geen stroomspoel opgenomen is.

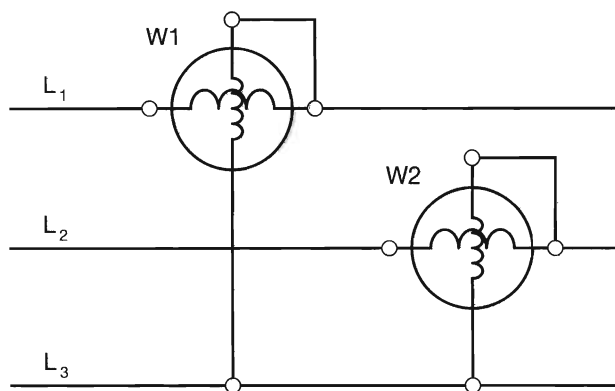


Fig. 9.3 Schakeling van de tweewattmetermethode

De schakeling wordt ook de Aronschakeling genoemd. Ze is niet bruikbaar bij een onevenwichtige belasting die in ster aangesloten is op een viergeleidendernet.

Bij evenwichtige, ohmse belasting kan je de meting eenmaal uitvoeren met een enkele wattmeter en is $P_{3f} = 2 \cdot P_{\text{lezing}}$

Bij alle andere belastingsgevallen is $P_{3f} = P_{\text{lezing1}} + P_{\text{lezing2}}$

Als de faseverschuivingshoek tussen de fasespanning en de fasestroom groter is dan 60° zal een van de wattmeters een negatieve waarde tonen. De afgelezen negatieve waarde moet dan opgeteld worden bij positieve waarde van de andere wattmeter. Als je wattmeter alleen in een zin kan uitwijken, moet je de aansluitingen van de spanningsspoel omwisselen.

Bij een constante belasting kan je de meting uitvoeren door tweemaal te meten met een enkele eenfasige wattmeter, waarbij je de aansluitingen van de begin- en eindpunten van de meetspoelen nauwgezet respecteert.

Toelichtingen

Andere metingen in driefasenetten

We meten het driefasig vermogen en de arbeidsfactor in een schakelkast met een elektronische energiebewakingsmodule en in de dagelijkse praktijk met een vermogenanalyser. De toestellen worden aangesloten volgens het principe van de driewattmetermethode. Op het display kan je alle elektrische grootheden per fase, de gemiddelden, de maxima en minima naar wens aflezen. De bespreking van specifieke metingen voor o.a. $\cos\varphi$ of reactief vermogen is hierdoor weinig zinvol geworden.

Cos φ -aanduiding bij de tweewattmetermethode

De waarde van de $\cos\varphi$ die verschijnt op het display van een elektronische energiebewakingsmodule of vermogenanalyser, die geschakeld is volgens de tweewattmetermethode, is niet de arbeidsfactor van een fase van de belasting. De aanduiding is de cosinus van de faseverschuivingshoek tussen de spanning over de spanningsspoel en de stroom door de stroomspoel.



In het labboek vind je mogelijke opdrachten en demonstraties rond het meten van het driefasig actief vermogen bij de verschillende mogelijke belastingsgevallen.

9.6 Voorbeelden

- 1 Hoe groot is het schijnbaar vermogen van een driefasige generator die met een lijnspanning van 10 kV een stroomsterkte van 55 A levert? Welk actief vermogen kan deze generator leveren aan een verbruikersnet met een arbeidsfactor van 0,8?

Gegeven: $U_L = 10,00 \text{ kV}$
 $I_L = 55,0 \text{ A}$
 $\cos\varphi = 0,80$

Gevraagd: S_{3f} P_{3f}

Oplossing: Driefasig schijnbaar vermogen:

$$S_{3f} = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot 10,00 \cdot 10^3 \cdot 55,0 = 953 \cdot 10^3 \text{ VA} = 953 \text{ kVA}$$

Actief vermogen:

$$P_{3f} = S_{3f} \cdot \cos\varphi = 953 \cdot 10^3 \cdot 0,80 = 762 \cdot 10^3 \text{ W} = 762 \text{ kW}$$

- 2 Een driefasige motor is in driehoek geschakeld op een net van 3x400 V en levert een nuttig vermogen van 20 kW aan zijn riemschijf. De motor werkt met een rendement van 0,82 en een arbeidsfactor van 0,80. Welke stroomsterkte zal de A-meter geschakeld in een van de lijnen aanduiden en hoe groot is de stroomsterkte in de fasen van de motor?

Gegeven: motor in driehoekschakeling
 $U_L = 400 \text{ V}$
 $P_n = 20,0 \text{ kW}$
 $\eta = 0,82$
 $\cos\varphi = 0,80$

Gevraagd: I_L , I_f

Oplossing: Toegevoerd vermogen:

$$P_t = \frac{P_n}{\eta} = \frac{20,0 \cdot 10^3}{0,82} = 24,4 \cdot 10^3 \text{ W} = 24,4 \text{ kW}$$

Lijnstroom:

$$P_t = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos\varphi \Rightarrow I_L = \frac{P_t}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} = \frac{24,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,80} = 44,0 \text{ A}$$

Fasestroom:

$$I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{44,0}{\sqrt{3}} = 25,4 \text{ A}$$

- 3 Een driefasige generator, in ster geschakeld, levert een fasestroom van 350 A terwijl de fase-spanning 230 V bedraagt. Bereken het vermogen op de as toegevoerd als de generator werkt met een rendement van 0,87 en arbeidsfactor 0,70. Hoe groot is het schijnbaar en het reactief vermogen door de generator geleverd?

Gegeven: generator in sterschakeling

$$I_f = 350 \text{ A}$$

$$U_f = 230 \text{ V}$$

$$\eta = 0,87$$

$$\cos\varphi = 0,70$$

Gevraagd: P_n , S_{3f} , Q_{3f}

Oplossing: Nuttig vermogen:

$$P_n = P_{3f} = 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos\varphi = 3 \cdot 230 \cdot 350 \cdot 0,70 = 169,1 \cdot 10^3 \text{ W} = 169,1 \text{ kW}$$

Toegevoerd vermogen van de generator:

$$P_t = \frac{P_n}{\eta} = \frac{169,1 \cdot 10^3}{0,87} = 194,4 \cdot 10^3 \text{ W} = 194,4 \text{ kW}$$

Schijnbaar vermogen:

$$S_{3f} = 3 \cdot U_f \cdot I_f = 3 \cdot 230 \cdot 350 = 242 \cdot 10^3 \text{ VA} = 242 \text{ kVA}$$

Reactief vermogen:

$$Q_{3f} = S_{3f} \cdot \sin\varphi = S_{3f} \cdot \sin(\cos^{-1}(\cos\varphi)) = 242 \cdot 10^3 \cdot \sin(\cos^{-1}(0,70)) = 172,9 \cdot 10^3 \text{ var} = 172,9 \text{ kvar}$$

9.7 Opdrachten

- 1 Een driefasige generator in ster geschakeld levert onder een fasespanning van 5,00 kV een totaal vermogen van 150,0 kW. Bereken de arbeidsfactor als de lijnstroom in elke lijndraad 70,0 A bedraagt.
- 2 Een driefasige inductiemotor 230/400 V is in driehoek geschakeld en werkt met een rendement van 0,80 terwijl de arbeidsfactor 0,65 bedraagt. Bereken het nuttig vermogen als de motor een stroomsterkte van 18,00 A opneemt.
- 3 De meettoestellen, geschakeld in een driegeleidernet, duiden de volgende waarden aan: voltmeter: 400 V, amperemeter: 80,0 A en wattmeter: 42,1 kW (P_{3f}). Bereken het schijnbaar vermogen en de arbeidsfactor van de aangesloten gebruiker.
- 4 Een driefasig toestel wordt gevoed door een 300 m lange leiding die bestaat uit drie koperdraden van elk 6 mm² doorsnede. Het toestel neemt een vermogen op van 18,00 kW en werkt met een arbeidsfactor van 0,80. De lijnspanning aan de gebruiker gemeten is 370 V. Bereken het jouleverlies in de leiding.



Op de cd-rom vind je een diagnostische toets en extra taken.

SYNTHESE

Vermogen en arbeidsfactor in driefasenetten

1 Berekenen van het driefasig schijnbaar, actief en reactief vermogen

De driefasige vermogens kunnen we altijd berekenen, als de fasegrootheden gekend zijn, met de formules:

$$\begin{aligned}S_{3f} &= U_1 \cdot I_1 + U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 \text{ (VA)} \\P_{3f} &= U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + U_3 \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3 \text{ (W)} \\Q_{3f} &= U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 + U_3 \cdot I_3 \cdot \sin \varphi_3 \text{ (var)}.\end{aligned}$$

Bij een evenwichtige belasting kunnen we de vereenvoudigde formules gebruiken:

$$\begin{aligned}S_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \text{ (VA)} \\P_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi_f \text{ (W)} \\Q_{3f} &= 3 \cdot U_f \cdot I_f \cdot \sin \varphi_f \text{ (var)}\end{aligned}$$

Meestal gebruiken we voor een evenwichtige belasting de formules waarin de lijnspanning en de lijnstroom voorkomen:

$$\begin{aligned}S_{3f} &= \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \text{ (VA)} \\P_{3f} &= S_{3f} \cdot \cos \varphi_f = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi_f \text{ (W)} \\Q_{3f} &= S_{3f} \cdot \sin \varphi_f = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_L \cdot \sin \varphi_f \text{ (var)}\end{aligned}$$

Hoewel we de formules van het actief en reactief vermogen schrijven in functie van de lijn-grootheden U_L en I_L is φ nog steeds de faseverschuivingshoek tussen de fasegrootheden U_f en I_f .

2 Arbeidsfactor

Je kan enkel spreken over de arbeidsfactor van een driefasige verbruiker als de verbruiker een evenwichtige belasting vormt en de faseverschuivingshoek in elke fase dus dezelfde is.

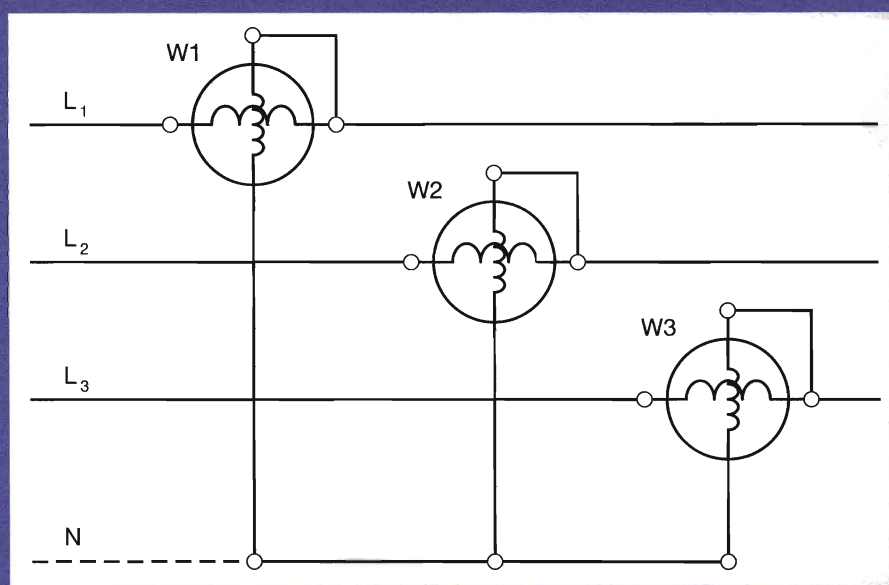
In netten die onevenwichtig belast worden (distributienetten) kan je de gemiddelde arbeidsfactor bepalen uit de aflezingen van een driefasige kWh- en kvarh-meter na een bepaalde tijd.

$$\cos \varphi = \frac{W_{\text{actief}}}{\sqrt{W_{\text{actief}}^2 + W_{\text{reactief}}^2}} \left(\frac{\text{kWh}}{\sqrt{\text{kWh}^2 + \text{kvarh}^2}} \right)$$

Het verbeteren van de arbeidsfactor is mogelijk door het bijschakelen van condensatoren parallel aan de belasting.

3 Meting van het driefasig actief vermogen

We meten het driefasig actief vermogen volgens het principe van de driewattmetermethode.



De tweewattmetermethode wordt soms gebruikt om het driefasig actief vermogen te meten.

