

Samenvatting T1

Je moet nu weten:

- dat apparaten energie omzetten. Voorbeelden zijn:
 - gloeilampen: elektrische energie wordt omgezet in warmte- en lichtenergie;
 - motor: elektrische energie wordt omgezet in hoofdzakelijk bewegingsenergie;
 - batterij: chemische energie wordt omgezet in elektrische energie;
 - zonnecel: lichtenergie wordt omgezet in elektrische energie.

Verder moet je weten:

- dat energie (symbool W) wordt uitgedrukt in Joule:
 - $1 \text{ MJ} = 1\,000\,000 \text{ J}$
 - $1 \text{ kJ} = 1\,000 \text{ J}$
- dat vermogen de hoeveelheid omgezette energie per seconde is;
- dat een lamp met een vermogen (P) van 100 W , 100 J elektrische energie per seconde omzet in warmte- en lichtenergie;
- dat je het schijnbaar vermogen berekent met de formule $P_s = U \cdot I$;
- dat het werkelijke vermogen de energie is die werkelijk wordt omgezet in “tastbare” energievormen, bijvoorbeeld warmte, licht en beweging;
- dat je het werkelijke vermogen berekent met $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$.
Hierin is de $\cos \varphi$ de arbeidsfactor die aangeeft welk deel van het schijnbaar vermogen wordt omgezet in werkelijk vermogen;

Ten slotte moet je weten:

- dat $\cos \varphi$ nooit groter is dan 1 .

T 2

Sterschakeling, driehoekschakeling en vermogen

Wat ga je doen?

Je gaat meten aan een net met verscheidene spanningen. Je gaat schakelingen maken waar je verscheidene gekoppelde spanningen tegelijk gebruikt. Met die spanningen kun je verschillende schakelingen bouwen. Van die schakelingen kun je het vermogen bepalen.

Waar komt dit in de beroepspraktijk voor?

Bij alle grote installaties en bij installaties met machines gebruik je verschillende spanningen tegelijk.

Met name bij motoren en grote ovens gebruik je 3-fasen-schakelingen.



Aan het einde van deze les kun je:

- de spanningen aan een meer-geleidernet meten;
- aangeven wat je bedoelt met fasespanning, fasestroom, lijnspanning en lijnstroom;
- aangeven wanneer je een nulleider nodig hebt;
- het vermogen van gelijkbelaste fasen berekenen;
- aangeven waar je meer-geleidernetten gebruikt;
- sterschakelingen en driehoekschakelingen onderscheiden;
- het vermogen van een sterschakeling of driehoekschakeling bepalen.

1

Sterschakeling

Fasespanning en lijnspanning

Naslagwerk

- fasespanning
- lijnspanning
- sterschakeling

Om praktische en economische redenen worden in de elektriciteitscentrales niet één maar drie spanningen gelijktijdig opgewekt. Deze drie spanningen zijn even groot. De spoelen waarin deze spanningen worden opgewekt, zijn aan één kant met elkaar verbonden. Zie **figuur 1**.

Hierdoor kunnen de drie spanningen met hooguit 4 draden worden uitgevoerd in plaats van elke spoel 2 draden (totaal $3 \times 2 = 6$).

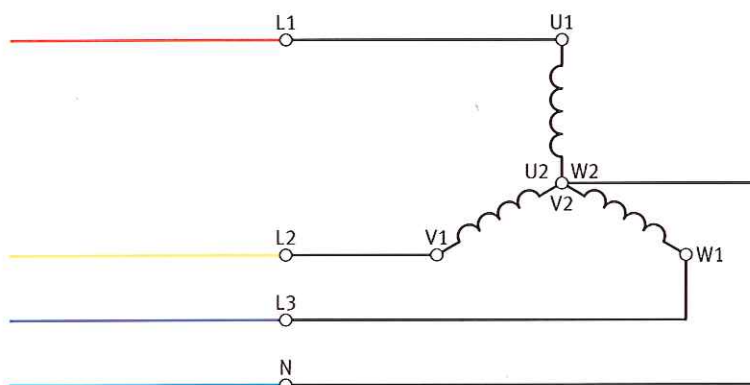


Fig. 1 Verbonden spoelen waarin spanningen worden opgewekt

De vier draden noem je:

- fasedraad L1;
- fasedraad L2;
- fasedraad L3;
- nuldraad N (de gekoppelde draad).

Door de drie spoelen te koppelen, krijg je ook verschillende spanningen. In ons laagspanningsnet zijn dat 230 V en 400 V. De laagste spanning noem je de **fasespanning**. Dat is de spanning die je meet tussen de nul (N) en één van de fasen L.

De grootste spanning noem je **lijnspanning**. Dat is de spanning die je meet tussen twee van de drie fasen L.

De schakeling in **figuur 2** heeft de vorm van een ster. Je noemt hem daarom **sterschakeling**.

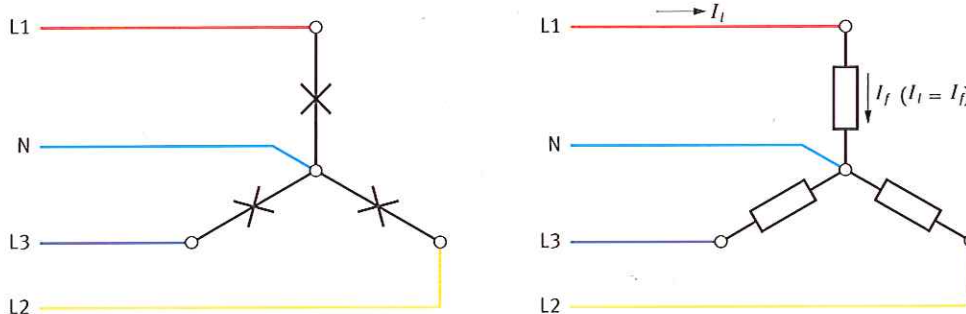


Fig. 2 Sterschakeling

4-geleidernet

Een net met drie fasen en één nuldraad noem je een **4-geleidernet**. Zo'n net wordt gebruikt om motoren en grote ovens op aan te sluiten. Ook grote elektrische lichtinstallaties worden op een 4-geleidernet aangesloten. Bij jou thuis wordt waarschijnlijk gebruikgemaakt van de nuldraad en één van de fasedraden.

Op een 4-geleidernet kun je dus apparaten aansluiten zoals in **figuur 3**.

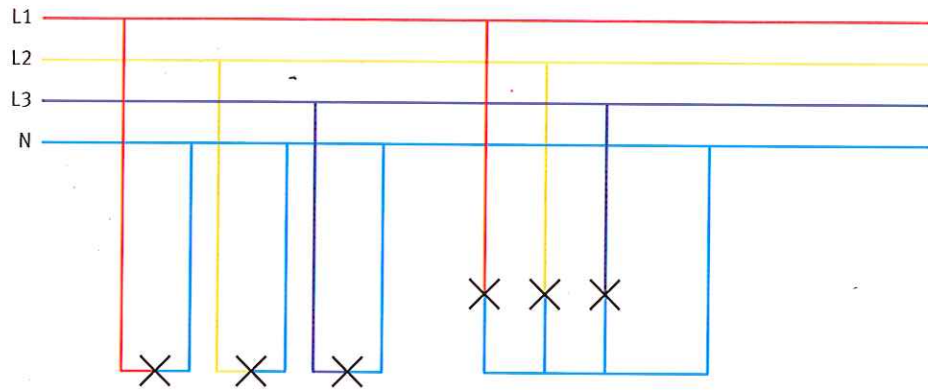


Fig. 3 Een 4-geleidernet

De spanning op het apparaat is de spanning tussen nul en één van de fasen. Dat is dus de **fasespanning**.

De spanning tussen de fasen onderling (lijnspanning) is $\sqrt{3}$ maal groter dan de fasespanning.

Dus bij een fasespanning van 230 V is de lijnspanning $\sqrt{3} \times 230 \text{ V} = 400 \text{ V}$.

Als je nu nog eens naar **figuur 2** kijkt, zie je dat bij de stersschakeling de fase­stroom en lijnstroom hetzelfde zijn.

Ofwel: $I_f = I_l$



- De stroom door de toevoerdraden noem je de lijnstroom.
- De stroom door de toestellen noem je de fase­stroom.
- Bij een sters­schakeling zijn lijnstroom en fase­stroom altijd even groot.
- Bij een sters­schakeling is de lijnspanning $\sqrt{3}$ keer groter dan de fasespanning.

Werkboek

Maak nu in je werkboek **paragraaf 1 Sters­schakeling**.

2

Driehoekschakeling

Naslagwerk

- driehoekschakeling
- lijnspanning

In **figuur 4** zie je een driehoekschakeling. Hierbij sluit je alle toestellen aan op telkens* twee verschillende fasen:

- op L1 en L2;
- op L2 en L3;
- op L3 en L1.

De toestellen krijgen dus de spanning tussen twee fasen ofwel twee lijnen. Je noemt deze spanning de **lijnspanning**. De vorm van deze schakeling lijkt op een driehoek. Je noemt hem daarom **driehoekschakeling**. Er is nu geen nuldraad aanwezig. De fasespanning kun je dus niet tussen nul en een fase meten.

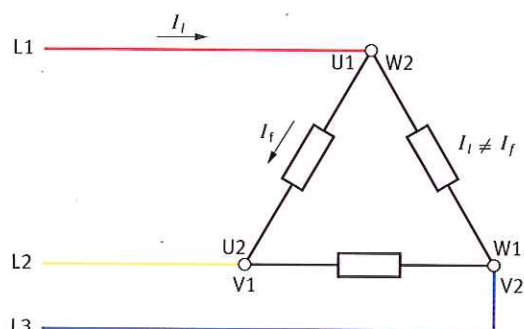
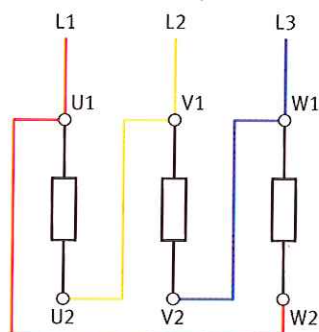


Fig. 4 Driehoekschakeling

a Als schema getekend

b Als driehoek getekend



Bij een driehoekschakeling zijn fasespanning en lijnspanning hetzelfde.

Zoals je in **figuur 4** kunt zien, zijn er wel verschillende stromen:

- de stromen door de toestellen noem je *fasestroom*;
- de stromen door de fasen of lijnen noem je *lijnstromen*.

De lijnstroom is $\sqrt{3}$ keer groter dan de fasestroom.



Bij een driehoekschakeling is de lijnstroom altijd $\sqrt{3}$ keer groter dan de fasestroom.

De stroom door de weerstanden is de fasestroom. De fasestroom kun je altijd berekenen met de wet van Ohm.

Ofwel:

$$I_{\text{fase}} = \frac{U_{\text{fase}}}{R}$$

Hierin is:

I_{fase} = de stroom door het toestel in ampère;

U_{fase} = de spanning over het toestel in volt;

R = de weerstand van het toestel in ohm.

Overzicht ster- en driehoekschakeling

In **figuur 5** zie je een overzicht voor de sterschakeling en de driehoekschakeling.

De driehoekschakeling gebruik je bijna alleen bij gelijkbelaste fasen. Je noemt dat een *symmetrische belasting*.

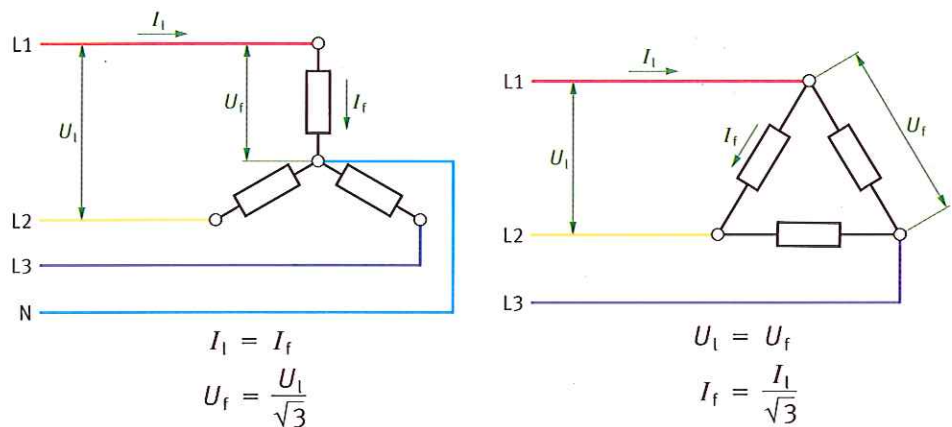


Fig. 5

a Sterschakeling

b Driehoekschakeling

3

Vermogen in 3-geleidernet of 4-geleidernet

Berekenen vermogen

In hoofdstuk T1 van deze moduul heb je al geleerd hoe je het vermogen moet berekenen:

$$P = U \cdot I$$

Dit geldt voor iedere fase.

Bij gelijkbelaste fasen geldt deze formule 3 keer. Voor elke fase moet je hetzelfde vermogen berekenen.

$$P_{\text{totaal}} = 3 \cdot U \cdot I$$

U is dan U_f , ofwel U is dus de spanning over het toestel.

I is dan I_f , ofwel I is de stroom door het toestel.

$$P_{\text{totaal}} = 3 \cdot U_f \cdot I_f$$

Bij drie gelijkbelaste fasen kun je ook de volgende formule gebruiken:

$$P_{\text{totaal}} = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l$$

Dit geldt zowel voor toestellen in driehoek als voor toestellen die in ster staan geschakeld.

Deze formule gebruik je meestal voor motoren.

Je hebt het dan over schijnbaar vermogen.

$$\text{Dus: } P_s = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l$$

Het werkelijk vermogen is dan: $P_w = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi$

Motor aangesloten op 3-geleidernet

Schijnbaar vermogen

In **figuur 6** zie je een motor aangesloten op een 3-geleidernet van 230/400 V. Deze motor neemt een stroom op van 10 A.

Hoe groot is het opgenomen schijnbaar vermogen?

Bij een net 230/400 V is de hoogste spanning 400 V. Dat is dus de lijnspanning. De opgenomen stroom is de stroom door de toevoerleidingen. Dat is dus I_l .

$$P_s = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l$$

$$\text{dus: } P_s = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 10 \text{ A} = 6900 \text{ VA}$$

Hoe groot is nu het opgenomen werkelijk vermogen als $\cos \varphi$ gelijk is aan 0,8?

$$P_w = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi$$

$$\text{dus: } P = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \times 10 \text{ A} \times 0,8 = 5520 \text{ W}$$

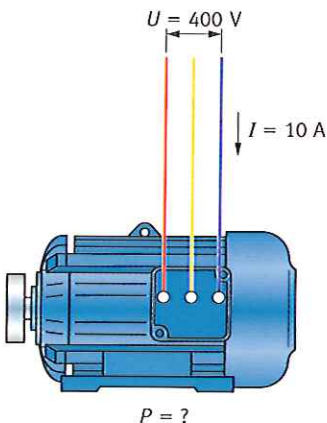


Fig. 6 Motor aangesloten op 3-geleidernet $3 \times 400 \text{ V}$

Stroom door toevoerdraden

Als je het schijnbaar vermogen weet, kun je ook de stroom door de toevoerdraden uitrekenen.

Een motor, bijvoorbeeld met een opgenomen schijnbaar vermogen van 10 400 W, is aangesloten op een net 230/400 V.

Hoe groot is de stroom in de toevoerdraden?

De stroom in de toevoerdraden is I_1 .

De hoogste spanning is weer U_1 .

$$P_s = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1$$

$$\text{dus: } 10\,400 \text{ VA} = \sqrt{3} \times 400 \text{ V} \cdot I_1$$

$$\text{dus: } 10\,400 \text{ VA} = 690 \text{ V} \cdot I_1$$

$$\text{dus: } I_1 = \frac{10\,400 \text{ VA}}{690 \text{ V}} = 15 \text{ A}$$

Werkboek

Maak nu in je werkboek **paragraaf 3 Vermogen in 3-geleidernet of 4-geleidernet**.

Samenvatting T2

Je moet nu weten:

- dat voor een *sterschakeling* het volgende geldt:
 - de drie fasendraden heten: L1, L2 en L3;
 - de neutrale geleider heet nuldraad: N;
 - de N-draad is nodig als de drie fasen niet hetzelfde zijn belast;
 - er zijn 2 verschillende spanningen;
 - de lijnspanning is de spanning tussen twee fasen;
 - de fasespanning is de spanning tussen een fase en de nulleider;
 - de lijnspanning is $\sqrt{3}$ maal groter dan de fasespanning;
 - meestal is de fasespanning 230V en de lijnspanning 400V;
 - de lijnstroom is de stroom door de toevoerdraden;
 - de fasestroom is de stroom door de aangesloten toestellen;
 - de lijnstroom en fasestroom zijn gelijk bij gelijk belaste fasen.
- dat voor een *driehoeksschakeling* het volgende geldt:
 - de lijnspanning en de fasespanning zijn gelijk;
 - de fasespanning is de spanning over de aangesloten toestellen;
 - er is geen nuldraad;
 - de fasestroom is de stroom door de toestellen;
 - de lijnstroom is de stroom door de toevoerdraden;
 - de lijnstroom is $\sqrt{3}$ groter dan de fasestroom bij gelijk belaste fasen.
- dat voor vermogen bij meerfasensystemen het volgende geldt:
 - P_w is het werkelijk vermogen van alle aangesloten toestellen samen.
 - $P_w = P_1 + P_2 + P_3$
 - bij gelijk belaste fasen is $P_w = \sqrt{3} \cdot U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi$

T 3

Draaiveld en de Lorentz-kracht

Wat ga je doen?

In deze les ga je ontdekken hoe een draaiend magnetisch veld ontstaat. Verder ga je ontdekken hoe een Lorentz-kracht ontstaat.

Waar kom je dit in de beroepspraktijk tegen?

Zowel de Lorentz-kracht als het draaiend magnetisch veld kom je tegen in elke motor. Je kunt ze niet zien, maar ze zijn er wel.

Na deze les kun je:

- een draaiveld laten zien;
- aangeven hoe je een draaiveld moet gebruiken;
- aangeven waarvan de snelheid van een draaiveld afhankelijk is;
- de draairichting van een draaiveld veranderen;
- de Lorentz-kracht aantonen;
- toepassingen van de Lorentz-kracht noemen;
- noemen waarvan de Lorentz-kracht afhankelijk is.

