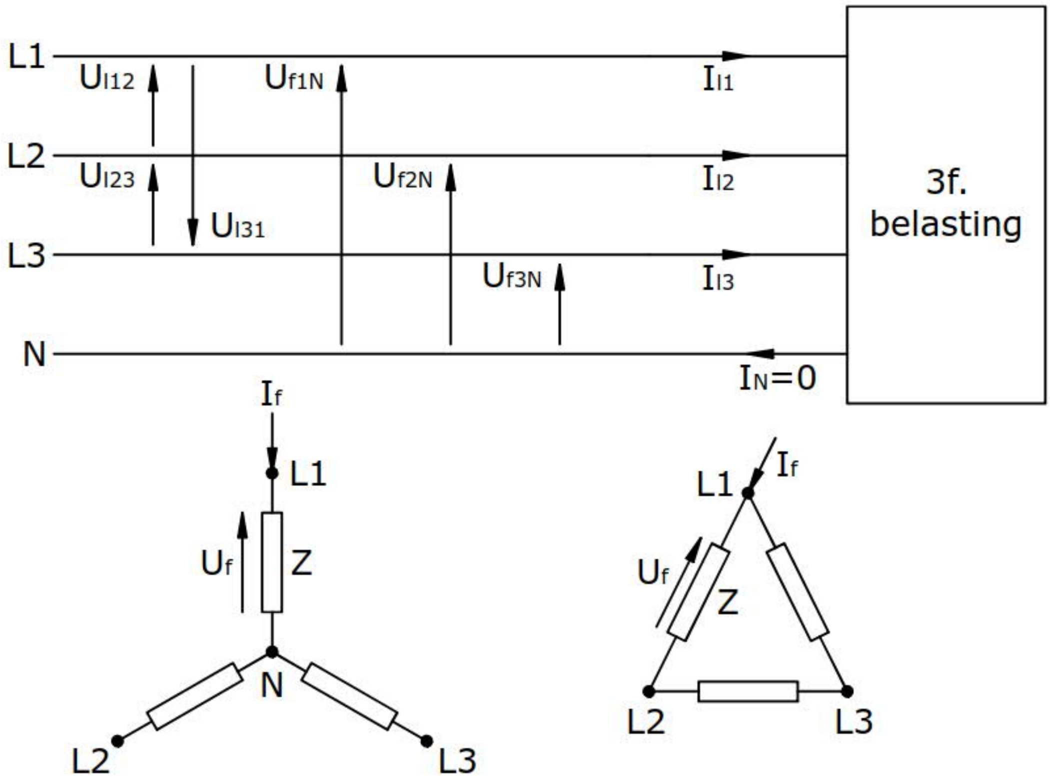
# *DRIEFASIGE SYMMETRISCHE BELASTING*

1. Een driefasige symmetrische belasting wordt aangesloten tussen de drie lijnen L1, L2 en L3 van een driefasig net en eventueel de nulgeleider N van het driefasig net. Een driefasige symmetrische belasting is samengesteld uit drie takken die dezelfde impedantie *Z* bezitten. De drie lijnstromen die de symmetrische belasting uit het net trekt, hebben dezelfde effectieve waarde en zijn onderling 120° in fase verschoven t.o.v. elkaar.
De drie takken kunnen op twee manieren met elkaar verbonden worden: hetzij in ster, hetzij in driehoek.
De spanning over de impedantie *Z* wordt de fasespanning genoemd, de stroom door de impedantie *Z* wordt de fasestroom genoemd.



2. Tussen de fasespanning en de fasestroom in elke tak van een driefasige, symmetrische belasting bestaat de betrekking:

$$Z = \frac{\hat{U}_f}{\hat{I}_f} = \frac{U_f e^{j\alpha}}{I_f e^{j\beta}} = \frac{U_f}{I_f} e^{j(\alpha-\beta)} = \frac{U_f}{I_f} e^{j\varphi}$$

$$|Z| = \frac{U_f}{I_f} \qquad (1)$$

$$\arg(Z) = \varphi$$

$Z$ is de complexe impedantie van de driefasige belasting. De grootte (de modulus) van de impedantie $Z$ is de verhouding van de effectieve fasespanning op de effectieve fasestroom. Het argument van de impedantie $Z$ is het verschil tussen de fasehoek van de fasespanning en de fasehoek van de fasestroom. Dit verschil wordt aangeduid met de hoek $\varphi$.
Als de fasespanning voorijlt op de fasestroom, geldt dat $\alpha > \beta$ en dus $\varphi > 0$ (+). In dat geval is er sprake van een *inductieve* belasting.
Als de fasespanning naijlt op de fasestroom, geldt dat $\alpha < \beta$ en dus $\varphi < 0$ (–). In dat geval is er sprake van een *capacitieve* belasting.
Als de fasespanning en de fasestroom met elkaar in fase zijn, geldt dat $\alpha = \beta$ en dus $\varphi = 0$. In dat geval is er sprake van een (zuiver) *resistieve* belasting.
De complexe impedantie kunnen we uitwerken met de formule van Euler:

$$\begin{aligned} Z &= |Z| e^{j\varphi} \\ &= |Z|\cos\varphi + j|Z|\sin\varphi \end{aligned} \qquad (2)$$

3. Het enkelfasig schijnbaar vermogen dat de impedantie $Z$ opneemt, volgt uit:

$$S = \hat{U}_f \hat{I}_f^* = U_f e^{j\alpha} \cdot I_f e^{-j\beta} = U_f I_f e^{j(\alpha-\beta)} = U_f I_f e^{j\varphi}$$

$$|S| = U_f I_f \qquad (3)$$

$$\arg(S) = \varphi$$

$$S = |S| e^{j\varphi} = |S|\cos\varphi + j|S|\sin\varphi \qquad (4)$$

Uit vgl. (1):

$$I_f = \frac{U_f}{|Z|} \Rightarrow |S| = U_f I_f = \frac{U_f^2}{|Z|}$$

Invullen in vgl. (4):

$$S = |S| e^{j\varphi} = \frac{U_f^2}{|Z|} e^{j\varphi} \tag{5}$$

4. Het totaal driefasig schijnbaar vermogen van de driefasige belasting volgt dan uit:

$$S_{3f} = 3|S| e^{j\varphi} = 3U_f I_f e^{j\varphi} \tag{6.a}$$

$$S_{3f} = 3|S| e^{j\varphi} = \frac{3U_f^2}{|Z|} e^{j\varphi} \tag{6.b}$$

5. Driefasige belasting in ster.

Tussen de vaste lijnspanning van het net en de fasespanning over de impedantie $Z$ bestaat de relatie:

$$U_{f,Y} = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \tag{7}$$

Tussen de opgenomen lijnstroom uit het net en de fasestroom door de impedantie $Z$ bestaat de relatie:

$$I_{f,Y} = I_{l,Y} \tag{8}$$

De opgenomen lijnstroom volgt uit:

$$|Z| = \frac{U_{f,Y}}{I_{f,Y}} = \frac{U_l}{\sqrt{3} I_{l,Y}} \Rightarrow I_{l,Y} = \frac{U_l}{\sqrt{3}|Z|} \tag{9}$$

Vgll. (7) en (8) invullen in vgl. (6.a):

$$S_{3f} = 3\frac{U_l}{\sqrt{3}} I_{l,Y} e^{j\varphi} = \sqrt{3} U_l I_{l,Y} e^{j\varphi} \tag{10.a}$$

Vgl. (7) invullen in vgl. (6.b):

$$S_{3f} = \frac{3}{|Z|} \cdot \left( \frac{U_l}{\sqrt{3}} \right)^2 e^{j\varphi} = \frac{U_l^2}{|Z|} e^{j\varphi} \qquad (10.b)$$

Vult men in vgl. (10.a) nog vgl. (9) in dan bekomt opnieuw vgl. (10.b).

6. Driefasige belasting in driehoek.

Tussen de vaste lijnspanning van het net en de fasespanning over de impedantie *Z* bestaat de relatie:

$$U_{f,\Delta} = U_l \qquad (11)$$

Tussen de opgenomen lijnstroom uit het net en de fasestroom door de impedantie *Z* bestaat de relatie:

$$I_{f,\Delta} = \frac{I_{l,\Delta}}{\sqrt{3}} \qquad (12)$$

De opgenomen lijnstroom volgt uit:

$$|Z| = \frac{U_{f,\Delta}}{I_{f,\Delta}} = \frac{\sqrt{3}U_l}{I_{l,\Delta}} \Rightarrow I_{l,\Delta} = \frac{\sqrt{3}U_l}{|Z|} \qquad (13)$$

Vgll. (11) en (12) invullen in vgl. (6.a):

$$S_{3f} = 3U_l \frac{I_{l,\Delta}}{\sqrt{3}} e^{j\varphi} = \sqrt{3}U_l I_{l,\Delta} e^{j\varphi} \qquad (14.a)$$

Vgl. (11) invullen in vgl. (6.b):

$$S_{3f} = \frac{3U_l^2}{|Z|} e^{j\varphi} = \frac{U_l^2}{|Z|/3} e^{j\varphi} \qquad (14.b)$$

Vult men in vgl. (14.a) nog vgl. (13) in dan bekomt opnieuw vgl. 14.b).

7. Vergelijkt men vgl. (10.b) –belasting in ster– met vgl. (14.b) –belasting in driehoek– dan stelt men vast dat, wanneer men drie identieke impedanties *Z* in driehoek en nog eens drie identieke impedanties *Z* in ster op hetzelfde net aansluit, de belasting in driehoek een driemaal groter schijnbaar vermogen uit het net opneemt dan de belasting in ster.

De verhouding tussen de lijnstroom in driehoek en de lijnstroom in ster volgt uit vgll. (13) en (9):

$$\frac{I_{l,\Delta}}{I_{l,Y}} = \frac{\sqrt{3}U_l}{|Z|} \cdot \frac{\sqrt{3}|Z|}{U_l} = 3 \qquad (15)$$

Dezelfde impedanties $Z$ in driehoek geschakeld trekken een driemaal grotere lijnstroom uit het net dan dezelfde impedanties in ster geschakeld.

8. Vgl. (14.b) suggereert dat men de driefasige belasting met impedanties $Z$ in driehoek in gedachten evenzeer kan beschouwen als een driefasige belasting in ster met impedanties $Z/3$. Daarmee is het mogelijk om een driefasig symmetrisch belast netwerk te analyseren op grond van het schema van slechts één fase van het driefasig netwerk.
Bemerk ook dat een driefasige belasting met impedanties $Z/3$ in ster, dezelfde lijnstroom trekt uit het net als de driefasige belasting met impedanties $Z$ in driehoek: vul $Z/3$ in in vgl. (9) en vergelijk de uitkomst met de uitdrukking van vgl. (13).