Vertiefung

Ausführungen zum Punkt 4

Symmetrisches Dreiphasenwechselstromsystem

Symmetrische dreiphasige Quelle

Symmetrische dreiphasige Quelle besteht aus **drei** Wechselspannungs- oder (Wechselstrom-) Quellen gleichen Effektivwertes der Spannung (des Stromes) und gleicher Frequenz,

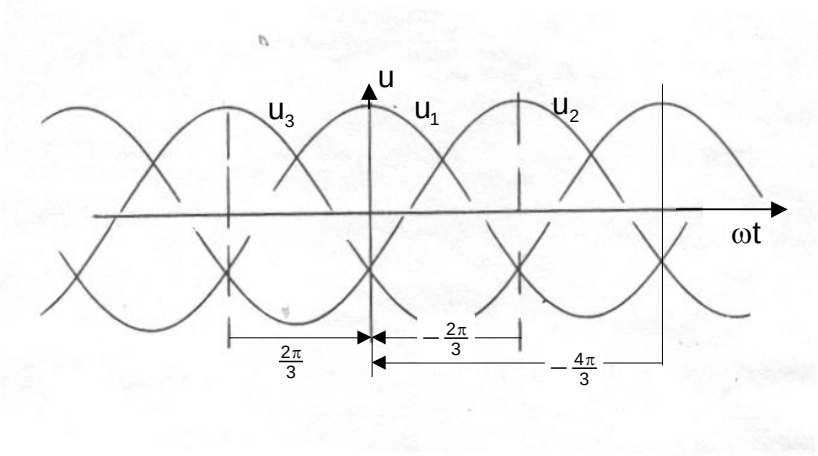
gegenseitige Phasenverschiebung $-\frac{2\pi}{3}; (-120^{o})$

$$u_1 = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos\left(\omega t + \varphi_u\right)$$

$$u_2 = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos\left(\omega t + \varphi_u - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$u_3 = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos\left(\omega t + \varphi_u - \frac{4\pi}{3}\right)$$

$$u_3 = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos\left(\omega t + \varphi_u + \frac{2\pi}{3}\right)$$



Symmetrischer Verbraucher

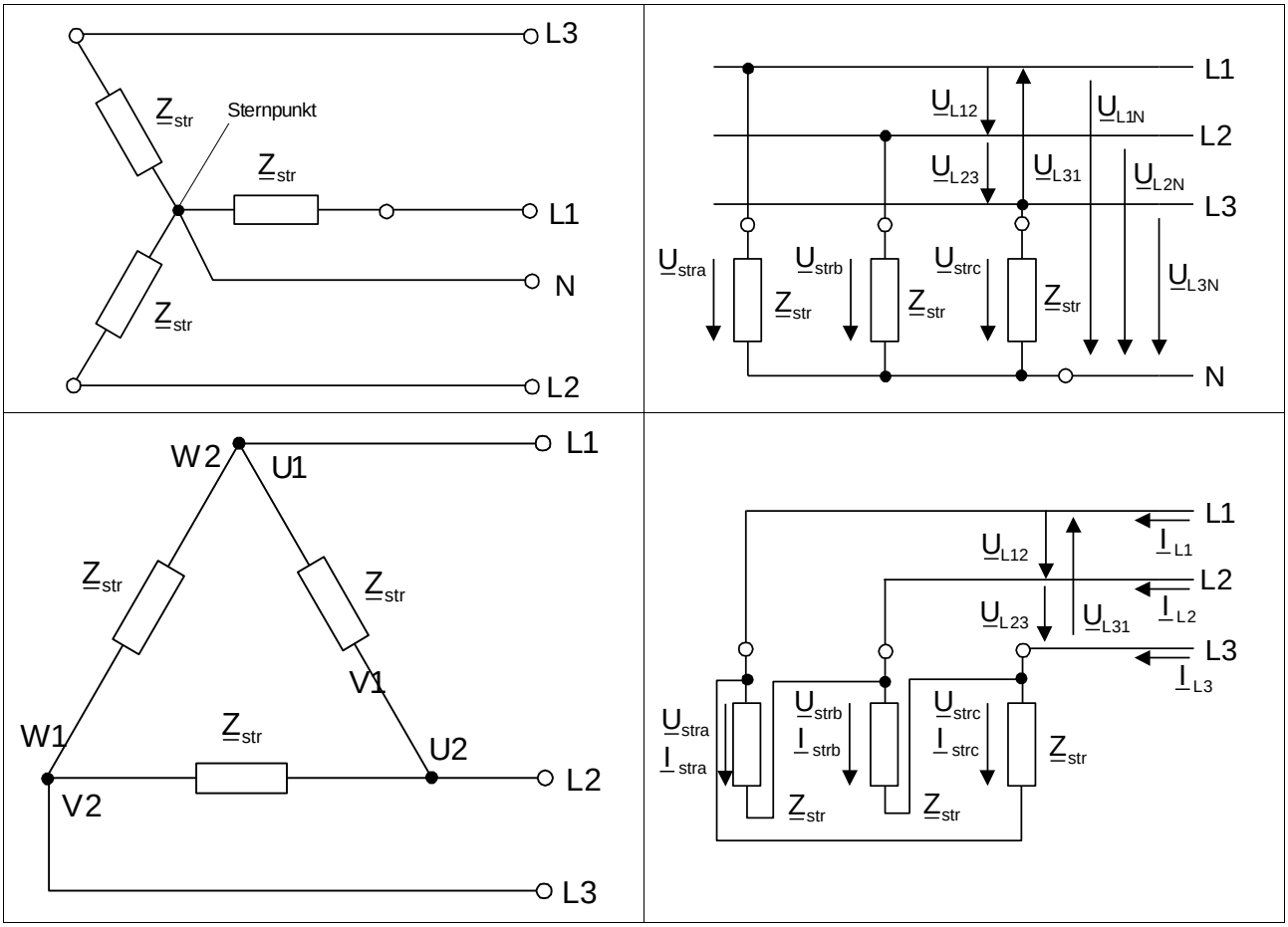
Symmetrischer Verbraucher besteht aus **drei gleichartig** aufgebauten passiven Zweipolen, die Widerstände, Spulen und Kondensatoren enthalten können.
Diese drei gleichartigen Zweipole sind die **Stränge** des Verbrauchers (Gerätes).
Schließt man die drei Zweipole jeweils an die drei symmetrischen Quellen an, so fließen drei Ströme i_1 , i_2 , i_3 , die bei gleicher Frequenz gleichen Effektivwert I haben und gegenüber der Phasenlage der Spannungen um den gleichen Winkel verschoben sind.
Sie bilden ein symmetrisches dreiphasiges Stromsystem.

Übersicht 1

Vergleich der Spannungen, Ströme und Leistungen bei Stern- und Dreieckschaltung und symmetrischer Belastung mit der Impedanz Z

(die Spannungsangabe bei Drehstromanlagen und Geräten ist immer die **Leiter-Leiter-Spannung**)

Strangspannung, das ist die zwischen den Strangklemmen definierte Spannung
Strangstrom, das ist der durch den Strang fließende Strom



Bei **Stern**schaltung der Stränge gelten zwischen Strang- und Systemwerten die Beziehungen:

$$U_{str} = U_{LN} \qquad U_{str} = \frac{U_{LL}}{\sqrt{3}} \quad I_{str} = I_L$$

Bei **Dreieck**schaltung der Stränge gelten zwischen Strang- und Systemwerten die Beziehungen:

$$U_{str} = U_{LL} \qquad I_{str} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} \quad I_L = \sqrt{3} \cdot I_{str}$$

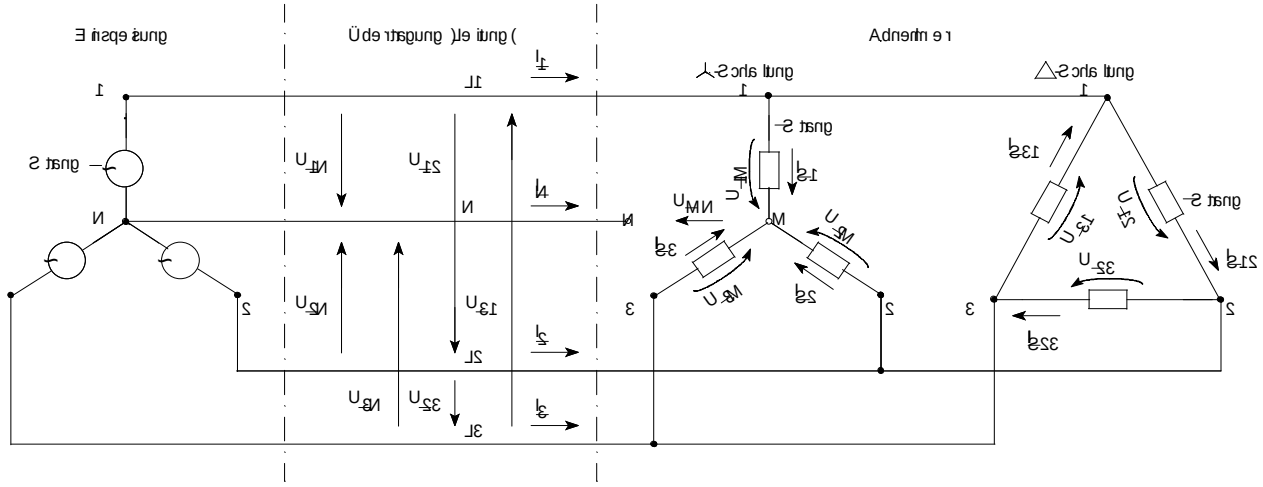
Die Effektivwerte von Leiter-Leiter- und Leiter-Neutralleiterspannungen unterscheiden sich um den Faktor $\sqrt{3}$ (Verkettungsfaktor).

Übersicht 2

	Sternschaltung Y	Dreieckschaltung Δ	Verhältnis Y : Δ
Strangwiderstand Z_{Str}	Z_{Str}	$\frac{Z_{Str}}{3}$ (Dreieck-Stern-Umwandlung)	3 : 1
Strangspannung U_{Str}	$U_{LN} = \frac{U_{LL}}{\sqrt{3}}$	U_{LL}	1 : $\sqrt{3}$
Strangstrom I_{Str}	$\frac{U_{Str}}{Z_{Str}} = \frac{U_{LL}}{\sqrt{3} \cdot Z_{Str}}$	$\frac{U_{Str}}{Z_{Str}} = \frac{U_{LL}}{Z_{Str}}$	1 : $\sqrt{3}$
(Außen-)Leiterstrom I_L	$\frac{U_{Str}}{Z_{Str}} = \frac{U_{LL}}{\sqrt{3} \cdot Z_{Str}}$ $I_L = I_{Str}$	$\frac{3 \cdot U_{LL}}{Z_{Str} \cdot \sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{LL}}{Z_{Str}}$ $\frac{I_L}{\sqrt{3}} = I_{Str}$	1 : 3

Übersicht 3

Drehstromleistung



$P = 3\ U_{str}\ I_{str} \cos\varphi$ $\qquad$ $P = 3\ U_Y\ I \cos\varphi = \sqrt{3}\ U_\Delta\ I \cos\varphi$

$Q = 3\ U_{str}\ I_{str} \sin\varphi$ $\qquad$ $Q = 3\ U_Y\ I \sin\varphi = \sqrt{3}\ U_\Delta\ I \sin\varphi$

$S = 3\ U_{str}\ I_{str}$ $\qquad$ $S = 3\ U_Y\ I \quad = \sqrt{3}\ U_\Delta\ I$

$\underline{S} = P + j\ Q$

Verbraucher in Sternschaltung bzw. in Dreieckschaltung:

$$S = 3 \cdot U_Y \cdot I_L = \frac{3 \cdot U_{LL} \cdot I_L}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot U_{LL} \cdot I_L$$

$$S = \frac{3 \cdot U_{LL} \cdot I_L}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} \cdot U_{LL} \cdot I_L = \sqrt{3} \cdot U_\Delta \cdot I_L$$

Übersicht 4

Vorbereitung und Formeln

Sternschaltung: $Z_{S1}=U_{1N}I_{S1}$

$Z_{S2}=U_{2N}I_{S2}$

$Z_{S3}=U_{3N}I_{S3}$

Dreieckschaltung: $Z_{S1}=U_{12}I_{S1}$

$Z_{S2}=U_{23}I_{S2}$

$Z_{S3}=U_{31}I_{S3}$

Leistung: $S=\sqrt{3}\times U_{LL}\times I_L$

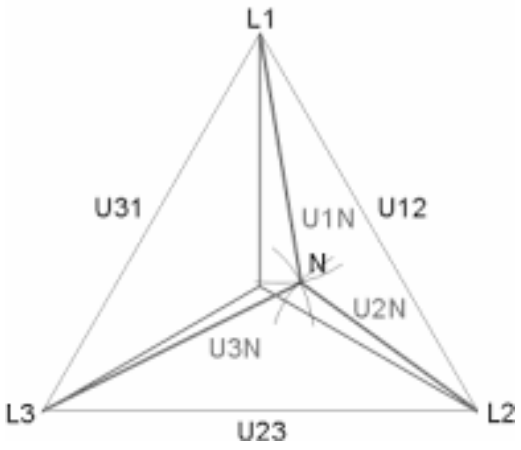
$P=\sqrt{3}\times U_{LL}\times I_L\times\cos\varphi$

$Q=\sqrt{3}\times U_{LL}\times I_L\times\sin\varphi$

Konkrete Vorgabewerte finden Sie in der Versuchsanleitung!

Übersicht 5

Beispiel für eine Sternpunktverlagerungsspannung und deren grafische Ermittlung!



Übersicht 6

Link zu einem Video: Drehstrom, Leistung berechnen (Stern- und Dreieck-Schaltung)

https://www.youtube.com/watch?v=wy16EklBOXc