

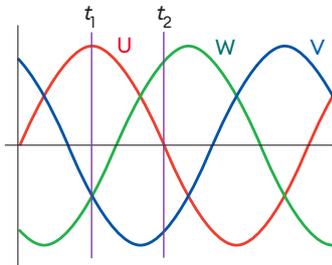
Schaltungsarten

AC-Grundlagen

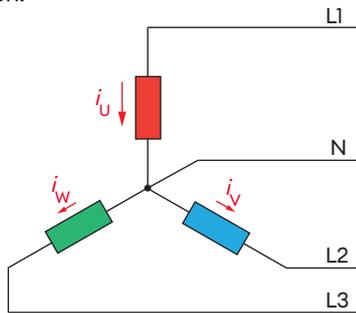
Bildquellen: bku

Sternschaltung

Untersuchen wir den Stromverlauf bei einem Elektromotor, der in Sternschaltung an das Drehstromnetz angeschlossen ist. Das Liniendiagramm zeigt die Stromstärke in den drei Leitern. Um den Stromverlauf zu analysieren, müssen wir Augenblickswerte betrachten.



Zum Zeitpunkt t_1 ist der Strom des Leiters U maximal positiv. In den Leitern V und W fließt der gleich grosse Strom, aber in entgegengesetzter Richtung. Misst man die Strecken von der Nulllinie bis zu den farbigen Linien, erkennt man, dass die beiden Strecken nach unten (addiert) gleich lang sind wie die Strecke nach oben.



Zum Zeitpunkt t_2 ist der Strom des Leiters U null. In den Leitern V und W fließt der gleich grosse Strom, aber in entgegengesetzter Richtung. Betrachtet man andere beliebige Zeitpunkte, fällt auf, dass die Summe der zuströmenden und der wegströmenden Stromstärken identisch ist. Mit anderen Worten, es fließt kein Strom über den Neutralleiter N.

Hinweis: Dies ist nur zutreffend bei symmetrischer Belastung! Auf die asymmetrische Belastung der Leiter wird später eingegangen.

Dreieckschaltung

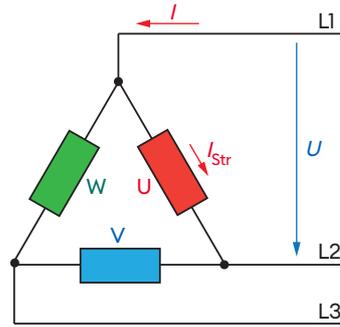
Ein Elektromotor soll mit einer Dreieckschaltung betrieben werden. Die Aussenleiterspannung U betrage 400 V und die Spulenwiderstände $R = 10 \Omega$. Der Strangstrom berechnet sich somit:

$$I_{\text{Str}} = U / R = 400 \text{ V} / 10 \Omega = 40 \text{ A}$$

Für die Leistung ergibt sich:

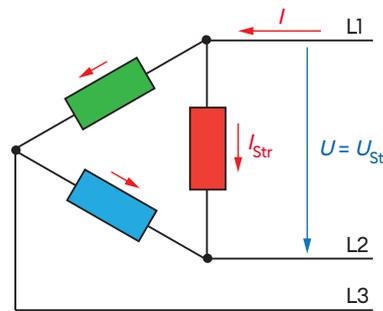
$$P = 3 \cdot U \cdot I_{\text{Str}} = 3 \cdot 400 \text{ V} \cdot 40 \text{ A}$$

$$P = 48'000 \text{ W}$$



Erkenntnis: Wird ein Elektromotor in Dreieck- statt Sternschaltung betrieben, ergibt sich eine dreifach höhere Leistung. Das ist doch erstaunlich. Wie erklärt sich diese Leistungssteigerung?

Wird die Dreieckschaltung etwas anders dargestellt, ist besser ersichtlich, dass die Strangspannung U_{Str} nicht nur am Leiter U, sondern parallel auch an den Leitern W und V wirksam ist.



Es fließt also auch ein Strom über die Leiter W und V. Der Leiterstrom I ist dadurch um den Faktor $\sqrt{3}$ höher als der Strangstrom I_{Str} .

In der Dreieckschaltung wirkt an jedem Leiter U, V, W die Leiterspannung, bei der Sternschaltung hingegen nur die Strangspannung (z.B. L1 zu N). Die Strangspannung ist um den Faktor $\sqrt{3}$ kleiner als die Leiterspannung (L1 zu L2). Die Rechnung $\sqrt{3} \cdot \sqrt{3}$ ergibt 3, was letztlich der dreifachen Leistung entspricht. Unabhängig von der Schaltungsart kann zur Leistungsberechnung (Scheinleistung) folgende Formel verwendet werden:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I$$

U Effektivwert der Leiterspannung in V
 I Effektivwert des Leiterstromes in A

Angewendet auf die beiden Beispiele:

Sternschaltung

$$S = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 23 \text{ A} = 15'935 \text{ VA}$$

Dreieckschaltung

$$S = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot \sqrt{3} \cdot 40 \text{ A} = 48'000 \text{ VA}$$

Präzisierung

Bei den bisherigen Berechnungen wurde davon ausgegangen, dass die Leiter U, V, W reine ohmsche Widerstände sind.

In Wirklichkeit sind im Elektromotor aber Spulen verbaut, die einen ohmschen und einen induktiven Widerstand aufweisen. Deshalb sind die Ströme gegenüber den anliegenden Spannungen phasenverschoben.

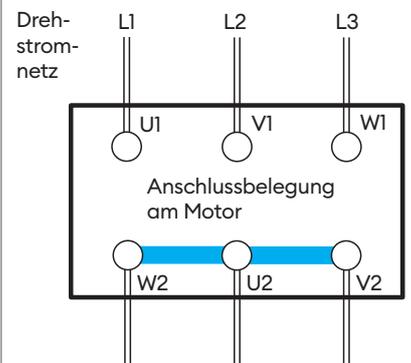
(Die Phasenverschiebung und die Leistung wurden in den Beiträgen AC-Grundlagen, Widerstand beim sinusförmigen Wechselstrom und Leistung beim sinusförmigen Wechselstrom erklärt.) Die Leistungsaufnahme eines Elektromotors - die letztlich zum Antrieb genutzt werden kann - muss deshalb mit folgender Formel berechnet werden:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

P Wirkleistung in W
 U Effektivwert der Leiterspannung in V
 I Effektivwert des Leiterstromes in A
 $\cos \varphi$ Leistungsfaktor (Phasenverschiebung)

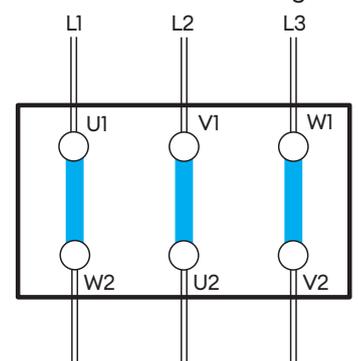
Da bei der Sternschaltung eines Elektromotors weniger Strom fließt, wird diese Schaltungsart zum Teil zum sanften Anlauf des Motors genutzt und anschliessend zeitverzögert auf Dreieckschaltung umgeschaltet.

Anschlussbelegung bei Sternschaltung



Die Anschlüsse W2, U2, V2 werden miteinander zum Sternpunkt zusammengeschlossen (blaue Brücke).

Anschluss bei Dreieckschaltung



Die Leiterenden U1 und W2, V1 und U2 sowie W1 und V2 werden miteinander verbunden (blaue Brücken) und so zur Dreieckschaltung zusammengefügt.

Partner: © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / bku

TECHNOMAG

Derendinger

Sponsoren: