

3 Dreiphasenwechselstrom (Drehstrom)

3.1 Einführung

Für leistungsstärkere Anlagen und Geräte kann der erhöhte Energiebedarf nicht mehr sinnvoll über ein Einphasenwechselstromsystem bereitgestellt werden. Aus diesem Grund wird heutzutage bei der Energieerzeugung und -verteilung das Dreiphasenwechselstromsystem (auch als Drehstromsystem oder Vierleitersystem bezeichnet) verwendet. Dieses hat drei Außenleiter (L1, L2 und L3) sowie einen Neutraleiter (N). Zwischen diesen Leitern lassen sich entsprechend **Abb. 3.1** sechs Spannungen abnehmen, die in unserem Versorgungssystem die Größen 230 V bzw. 400 V haben.

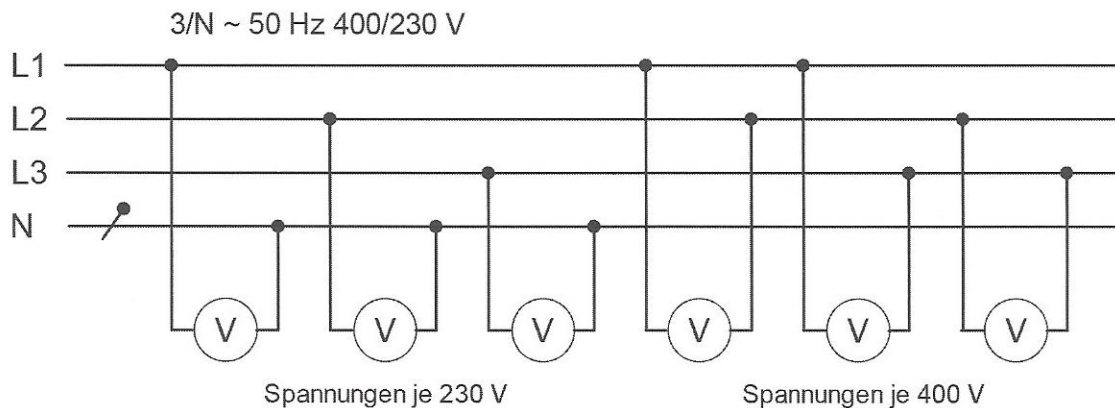


Abb. 3.1: Spannungen im Vierleiter-Drehstromsystem

3.2 Erzeugung und Darstellung

Die Erzeugung von Drehstrom erfolgt im Drehstromgenerator. Das Grundprinzip der Drehstromerzeugung (**Abb. 3.2**) kann mit folgendem Versuch gezeigt werden:

Zwischen drei um 120° versetzten Spulen mit einem Eisenkern dreht sich ein Dauermagnet. An den Spulen werden Spannungsmesser mit Nullpunkt in der Skalenmitte angeschlossen.

Beobachtung: Die Zeiger der drei Spannungsmesser schlagen bei jeder vollen Umdrehung des Dauermagneten nacheinander je einmal nach links und nach rechts aus.

Erkenntnis: Bei der Drehung eines Magnetfeldes werden in drei räumlich um 120° versetzten Spulen drei um 120° gegeneinander phasenverschobene sinusförmige Wechselspannungen erzeugt.

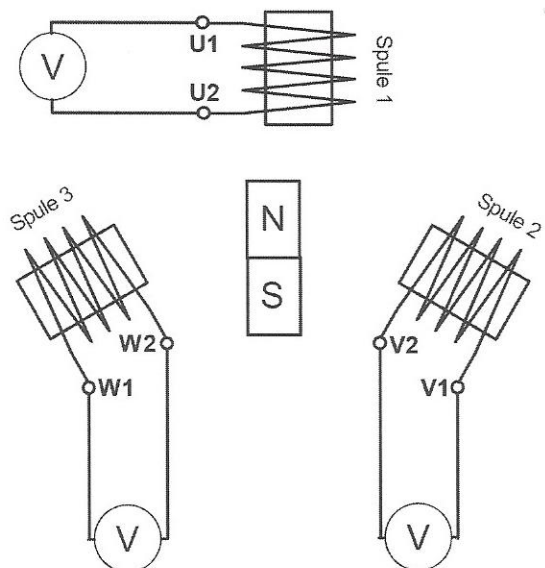


Abb. 3.2: Prinzip der Drehstromerzeugung

Die drei Wechselspannungen (Wechselströme) lassen sich, da sie in einem System erzeugt werden, folgendermaßen zusammengefasst darstellen.

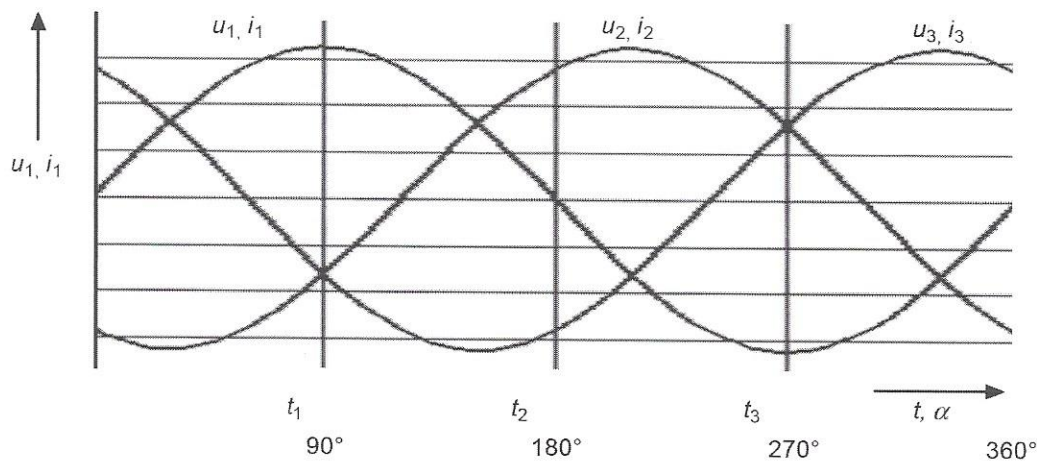


Abb. 3.3: Darstellung von Dreiphasenwechselspannung bzw. -strom im Liniendiagramm

Zwischen diesen drei Wechselspannungen (u_1 , u_2 und u_3) bzw. Wechselströmen (i_1 , i_2 und i_3) besteht eine Phasenverschiebung von jeweils 120° . In **Abb. 3.3** ist das Liniendiagramm dieser drei Spannungen bzw. Ströme dargestellt. Hierin ist ebenfalls zu erkennen, dass die Summe ihrer Augenblickswerte kontinuierlich Null ist (siehe t_1 in **Abb. 3.3**). Zum Zeitpunkt t_1 fließt ein Strom (Vorzeichenberücksichtigung) von $i_1 = +1$ A. Demzufolge fließen bei t_2 und t_3 jeweils Ströme von $-0,5$ A.

Die Summe der Ströme ist also Null.
Dies gilt auch für jeden anderen Zeitpunkt zwischen 0° und 360° .

3.3 Verkettung

Drehstromnetze lassen sich in Stern- oder Dreieckschaltung betreiben. Bei der **Sternschaltung** sind die Strangenden U2, V2 und W2 miteinander zum Sternpunkt N verbunden. Verbindet man das Ende jedes Stranges mit dem Anfang eines anderen, also U2 mit V1, V2 mit W1 und W2 mit U1, so sind alle Wicklungen hintereinander geschaltet und es entsteht eine **Dreieckschaltung**.

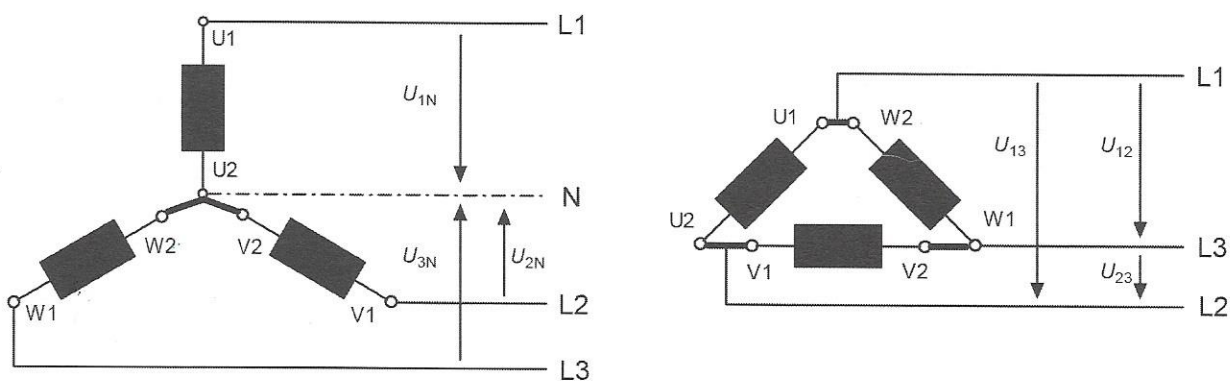


Abb. 3.4: Stern- und Dreieckschaltung

Die Spannungen U_{1N} , U_{2N} und U_{3N} werden als **Strangspannungen** oder **Sternspannungen** bezeichnet, die Spannungen U_{12} , U_{23} und U_{13} dagegen als **Außenleiterspannungen** oder **Leiterspannungen** (**Abb. 3.4**).

Der **Verkettungsfaktor des Drehstromsystems** ergibt sich aus dem Verhältnis der Außenleiterspannung zur Strangspannung:

$$\frac{U_{12}}{U_{1N}} = \frac{U_{23}}{U_{2N}} = \frac{U_{31}}{U_{3N}} = \sqrt{3} = 1,732$$

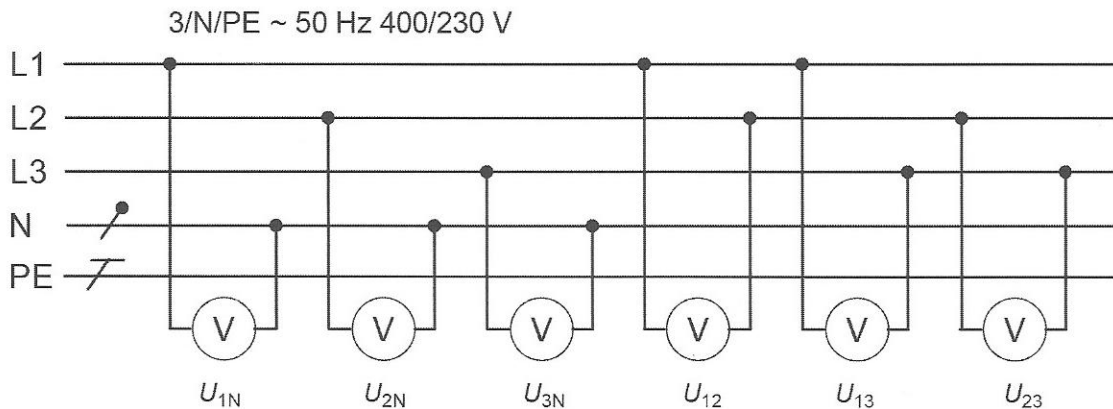


Abb. 3.5: Bezeichnung der Strang- und Außenleiterspannung

Strangspannung (Sternspannung) = $U_{1N} = U_{2N} = U_{3N} = 230 \text{ V}$

Außenleiterspannung (Leiterspannung) = $U_{12} = U_{23} = U_{13} = 400 \text{ V}$

Beispiel:

Ihnen ist die Größe der Strangspannung ($U_{\text{Strang}} = 230 \text{ V}$) bekannt.

Berechnen Sie die Außenleiterspannung $U_{\text{Außenleiter}}$ mit Hilfe des Verkettungsfaktors.

$$U_{\text{Außenleiter}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Strang}} = 1,732 \cdot 230 \text{ V} = 398,36 \text{ V} \approx 400 \text{ V}$$



PRAKTISCHE ÜBUNGEN

1. Messtechnische Untersuchungen der Spannungen im Drehstromsystem
2. Aufbau und messtechnische Untersuchungen an einer Stern- und Dreieckschaltung mit Glühlampen

FACHPRAXIS → Kapitel P 8