

Entwurf von Wicklungen elektrischer Drehstrommaschinen

Prof. Dr.-Ing. Andreas Baral

Einleitung

Asynchron- und Synchrondrehstrommaschinen werden in der Regel durch ein dreiphasiges Drehstromsystem gespeist. Im Folgenden wird auf die allgemeinen Grundlagen des Drehstromsystems und des Drehfelds, das zur Erzeugung eines konstanten Drehmoments notwendig ist, eingegangen. Im Anschluss daran werden die Wicklungsauslegung mithilfe des Nutzensterns und die Berechnung der Wicklungsfaktoren erläutert.

Wechselspannung

Die Wechselspannung ist ein periodisches, sinusförmiges Signal der Form:

$$u(t) = \hat{u} \cdot \sin(\omega t) \quad (1)$$

Das zeitlich periodische Signal mit der Amplitude \hat{u} schwingt mit der Kreisfrequenz ω um die Zeitachse t (Bild 1).

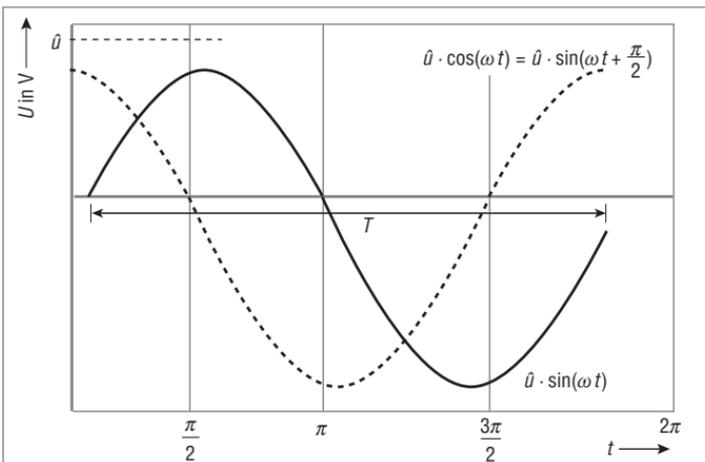


Bild 1: Periodisch sinusförmiges Signal

Die Kreisfrequenz ω ergibt sich nach Gleichung (2) aus der Periodendauer T :

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (2)$$

Leistung im Einphasensystem

Die an einen ohmschen Verbraucher abgegebene Leistung setzt sich zu jedem Zeitpunkt aus dem Produkt von Strom und Spannung zusammen:

$$P(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (3)$$

Nach dem ohmschen Gesetz kann die Spannung an einem Widerstand durch das Produkt aus dem Widerstand und dem Strom ersetzt werden. Spannung und Strom an einem ohmschen Verbraucher sind phasengleich. Somit ergibt sich für die Augenblicksleistung:

$$P(t) = R \cdot i^2 \cdot \sin^2(\omega t) \quad (4)$$

Mit der mathematischen Beziehung

$$\sin^2(\omega t) = \frac{1}{2} [1 - \cos(2 \cdot \omega t)] \quad (5)$$

folgt für die Leistung

$$P(t) = \frac{R \cdot i^2 \cdot (t)}{2} [1 - \cos(2 \cdot \omega t)] = \frac{\hat{u}(t) \cdot \hat{i}(t)}{2} [1 - \cos(2 \cdot \omega t)] \quad (6)$$

Die Leistung im einphasigen Wechselstromnetz pulsiert mit der doppelten Frequenz oberhalb der Nulllinie (**Bild 2**).

Hieraus ergibt sich, dass die Leistung und ein daraus resultierendes Drehmoment nicht konstant sind.

Das Drehstromsystem

Ein Drehstromsystem besteht aus drei Spannungsquellen, deren Phasen um $120^\circ = 2\pi/3$ verschoben sind.

In **Bild 3** ist ein dreiphasiges Spannungssystem dargestellt. Die Spannungen der Spannungsquellen sind in Frequenz und Amplitude gleich, die Phasen sind um $120^\circ = 2\pi/3$ Phasen verschoben.