

Grundlagen der Elektrotechnik



Drehstrom
Grundlagen

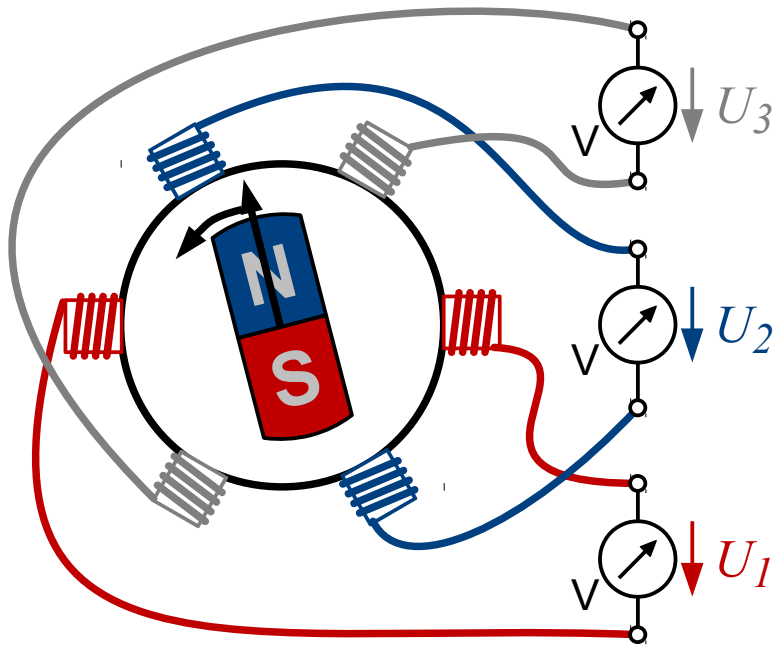
TH-Köln 2020

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

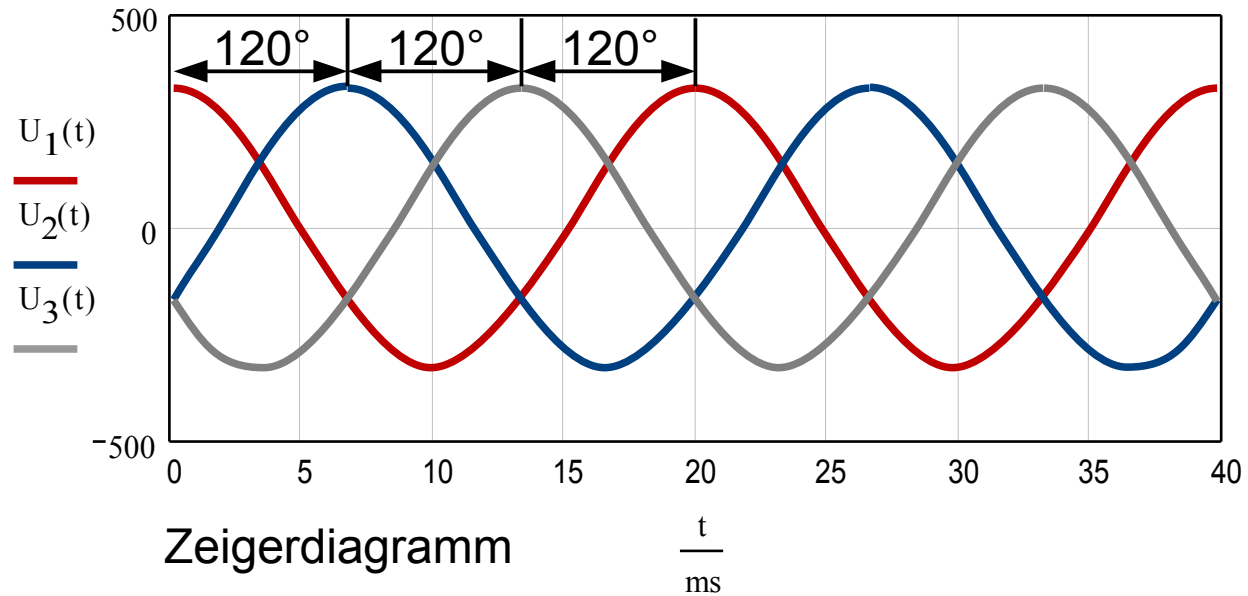
Drehstrom Grundlagen

- Was ist Drehstrom?
- Stromkompensation
- Spannungen im Drehstromsystem
- Leistungen

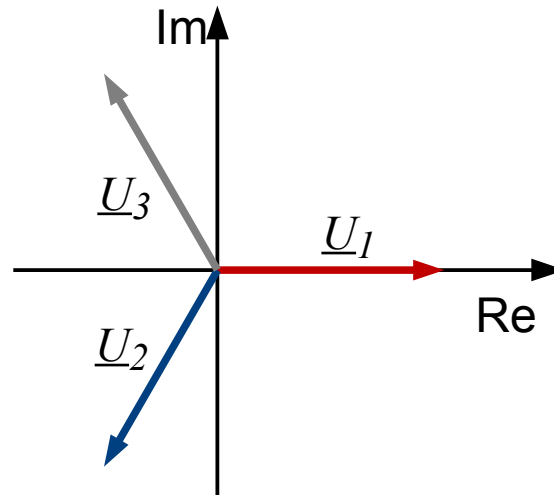
Drehstrom-Generator



Zeitverlauf

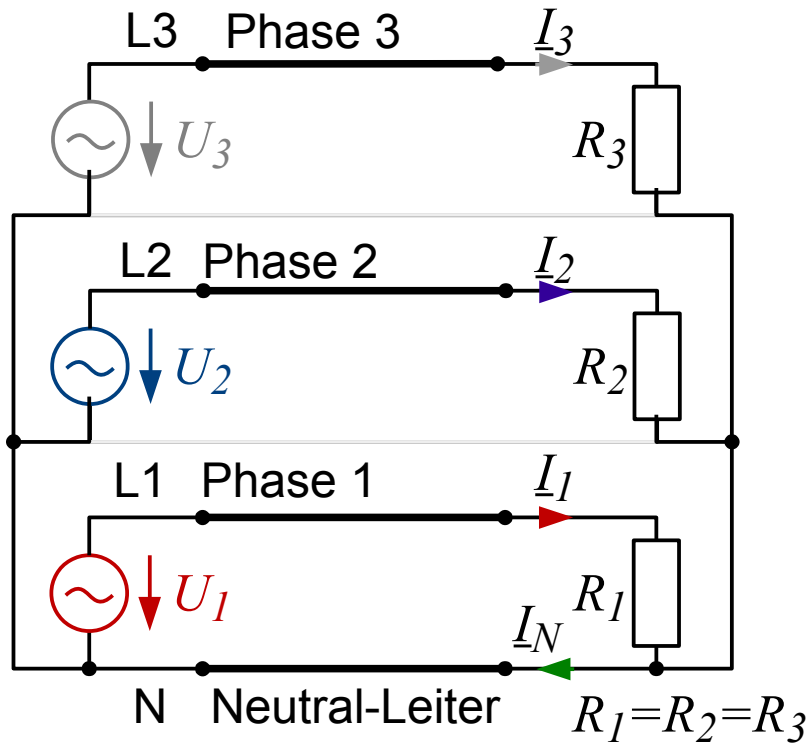


Zeigerdiagramm

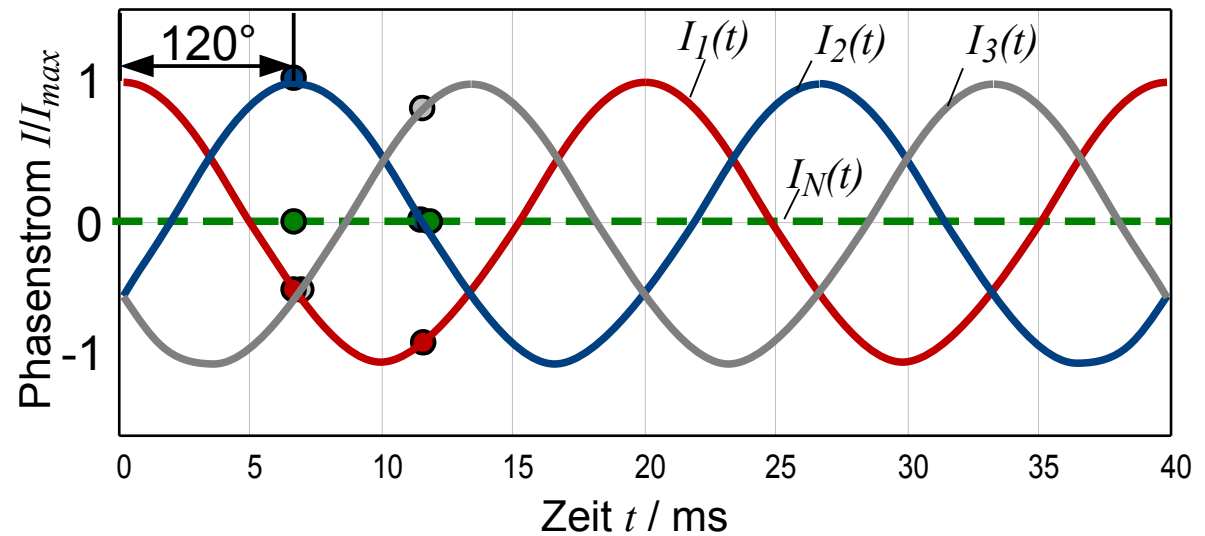


Magnet dreht sich:
 → Magnetfeld induziert
 Spannungen
 in den Wicklungen

Stromkompensation im Nulleiter



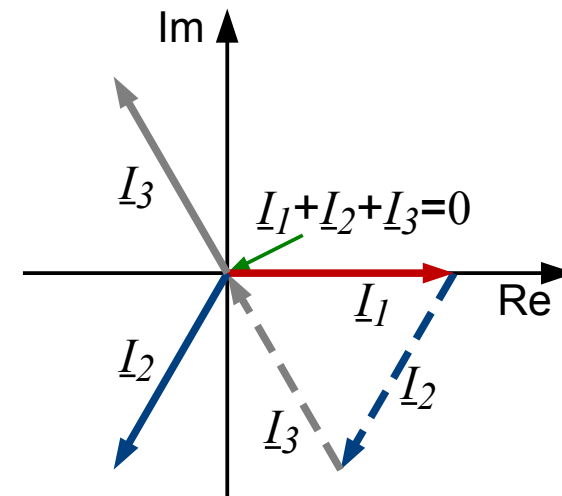
Ströme im Zeitbereich



Bei symmetrischer Belastung:

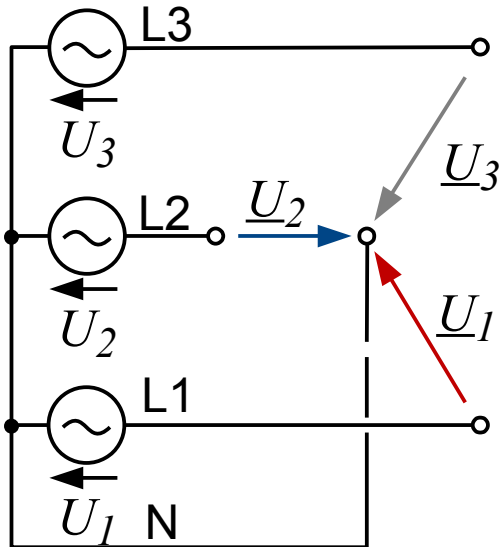
- Ströme kompensieren sich im Null-Leiter:
 $I_N = 0$
- \Rightarrow Null-Leiter kann weggelassen werden!

Ströme im Zeigerdiagramm



Spannungen im Drehstromsystem

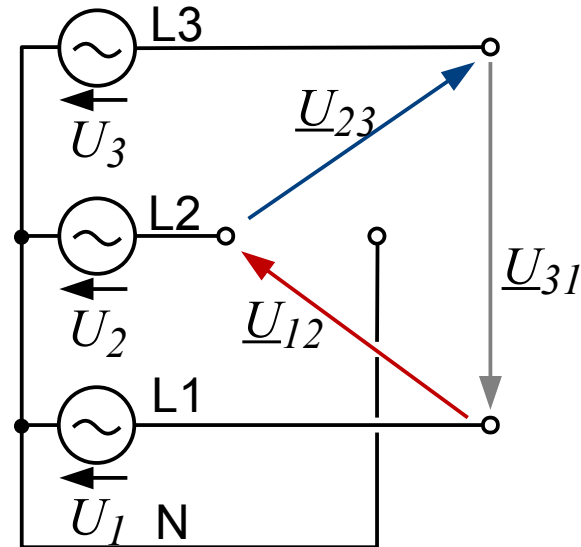
Stern-Spannung U_Y



$\underline{U}_1, \underline{U}_2, \underline{U}_3$:

Phasenspannungen
= Leiter-Erd-Spannungen

Dreiecks-Spannung U_Δ



$\underline{U}_{12}, \underline{U}_{23}, \underline{U}_{31}$:

Außenleiter-Spannungen
= Verkettenspannungen

Bei Symmetrie:

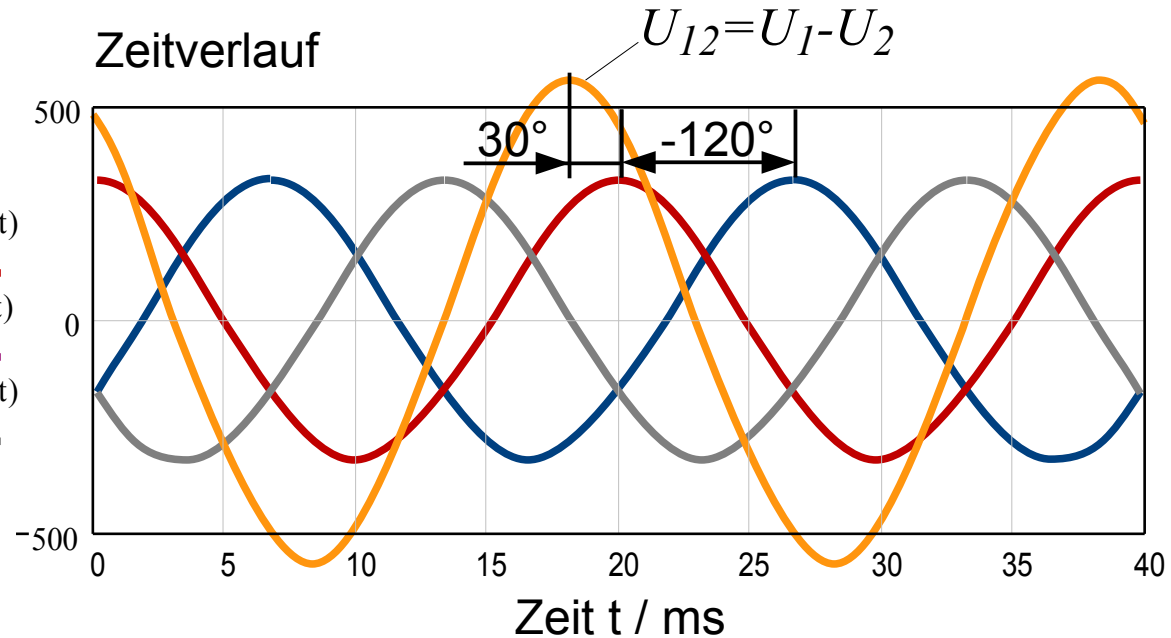
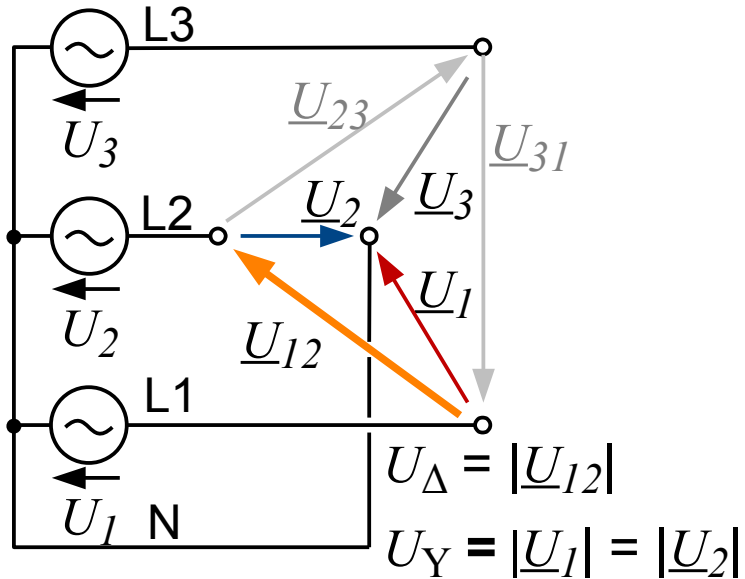
$$U_Y = |\underline{U}_1| = |\underline{U}_2| = |\underline{U}_3|$$

$$U_\Delta = U_D = |\underline{U}_{12}| = |\underline{U}_{23}| = |\underline{U}_{31}|$$

U_Δ ist **Nennspannung** U_N
von Stromnetzen!

Zeigerdiagramm der Spannungen

Wie groß ist die Spannung zwischen zwei Phasen?



Länge des Zeigers U_{12} :

= 2 x Höhe eines gleichseitigen Dreiecks mit Kantenlänge U_Y ($=|\underline{U}_1|, |\underline{U}_2|$)

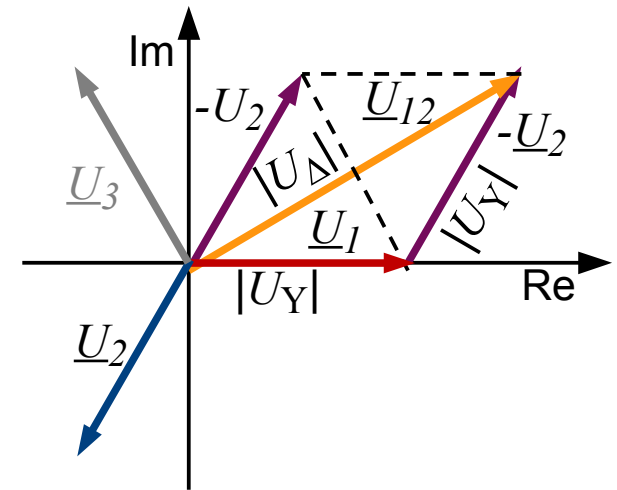
$$= 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot U_Y$$

$$U_{\Delta} = \sqrt{3} \cdot U_Y$$

$$U_Y = \frac{U_{\Delta}}{\sqrt{3}}$$

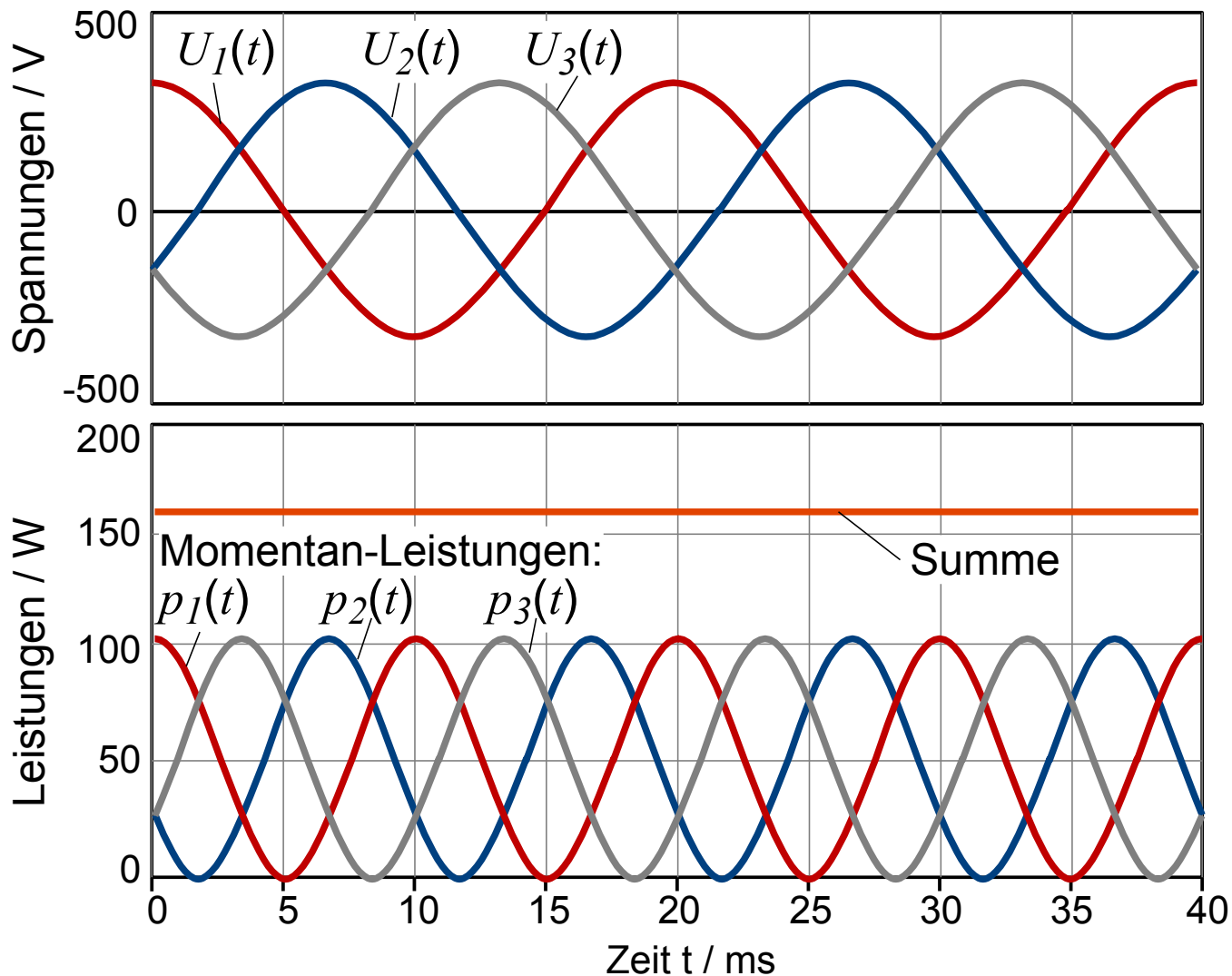
$$\sqrt{3} = 1,73\dots$$

$$1/\sqrt{3} = 0,577\dots$$



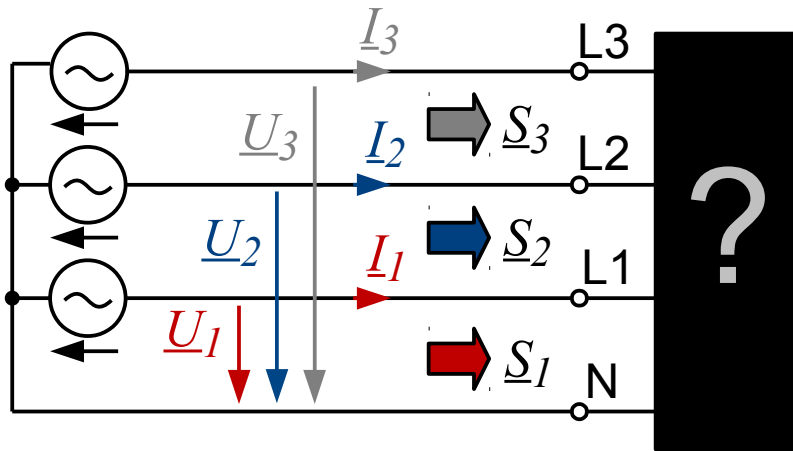
Unbedingt
Merken!

Leistung von symmetrischem Drehstrom



- Die Gesamtleistung im symmetrischen Drehstromsystem ist zeitlich konstant
- Kein Rippel!
- Wichtig für:
- Konstantes Drehmoment ohne Rippel
- Verzicht auf Elkos in Leistungselektronik, z.B. PV-Wechselrichter

Leistung von Drehstrom



$$\underline{S}_3 = \underline{U}_3 \cdot \underline{I}_3^*$$

$$\underline{S}_2 = \underline{U}_2 \cdot \underline{I}_2^*$$

$$\underline{S}_1 = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^*$$

Phasenspannungen:

Allgemein:

$$\underline{S} = \underline{U}_1 \cdot \underline{I}_1^* + \underline{U}_2 \cdot \underline{I}_2^* + \underline{U}_3 \cdot \underline{I}_3^*$$

bei Symmetrie:

$$\underline{S} = 3 \cdot \underline{U}_Y \cdot \underline{I}_Y^*$$

Verkettete Spannungen:

Allgemein:

$$\underline{S} = \frac{\underline{U}_{12}}{\sqrt{3}} \cdot \underline{I}_1^* + \frac{\underline{U}_{23}}{\sqrt{3}} \cdot \underline{I}_2^* + \frac{\underline{U}_{31}}{\sqrt{3}} \cdot \underline{I}_3^*$$

bei Symmetrie:

$$\underline{S} = 3 \cdot \frac{\underline{U}_N}{\sqrt{3}} \cdot \underline{I}_Y^* \Rightarrow \underline{S} = \sqrt{3} \cdot \underline{U}_N \cdot \underline{I}_Y^*$$

Eigenschaften von Drehstrom

Vorteile:

- Drehfeld für Motoren
- Stromkompensation im Neutralleiter:
 - Halber Aufwand Leitermaterial
oder
 - doppelte Leistung
- Konstante Leistung (kein Rippel)

Nachteile:

- Dreifacher Aufwand Isolation, Schalter usw.

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,
Fakultät für Informations-, Medien- und
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/>

[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)

