

## 5 Unsymmetrische Belastung

### Detaillierte Lernziele:



- Ich kenne die richtige Vorgehensweise, wie bei unsymmetrischer Belastung die *Gesamtleistung* berechnet wird.
- Ich kann anhand einer Skizze erklären, wie gross die Defektleistung bei Sternschaltung *mit* N-Leiter wird, wenn ein bzw. zwei Aussenleiter unterbrochen sind.
- Ich kann anhand einer Skizze erklären, wie gross die Defektleistung bei Sternschaltung *ohne* N-Leiter wird, wenn ein bzw. zwei Aussenleiter unterbrochen sind.
- Ich kann anhand einer Skizze erklären, wie gross die *Defektleistung* bei Dreieckschaltung wird, wenn ein bzw. zwei Stränge unterbrochen sind.
- Ich kann anhand einer Skizze erklären, wie gross die *Defektleistung* bei Dreieckschaltung wird, wenn ein Strang und ein Aussenleiter unterbrochen sind.
- Ich kann anhand einer Skizze erklären, wie gross die *Defektleistung* bei Dreieckschaltung wird, wenn ein Aussenleiter unterbrochen ist.
- Ich kann bei einer unsymmetrischen Sternschaltung *grafisch den N-Leiterstrom* bestimmen. (Variante *Mercedesstern* oder Variante *gleichseitiges Dreieck*)
- Ich kann erläutern, warum bei *Drehstromgruppen* darauf geachtet werden muss, dass alle drei Aussenleiter etwa gleich stark belastet werden.
- Ich kann bei einer *unsymmetrischen Sternschaltung* ohne Neutralleiter die Strangspannungen *grafisch* ermitteln.
- Ich kann bei einer *unsymmetrischen Dreieckschaltung* ohne Strangfehler die drei Aussenleiterströme *grafisch* ermitteln.
- Ich kann bei einer *unsymmetrischen Dreieckschaltung* mit Strangfehler den Aussenleiterstrom *grafisch* ermitteln.
- Ich kann bei einer *unsymmetrischen Dreieckschaltung* mit Leiterfehler die zwei Aussenleiterströme *grafisch* ermitteln.
- Ich weiss, dass es sich bei der *unsymmetrischen Dreieckschaltung* mit Leiterfehler um eine Wechselstromaufgabe handelt.
- Ich kann Berechnungen und Konstruktionen bei *unsymmetrischen Sternschaltungen* fehlerfrei und in genauer Arbeitsweise ausführen.  
( $\Rightarrow$  Lernkontrolle)
- Ich kann Berechnungen und Konstruktionen bei *unsymmetrischen Dreieckschaltungen* fehlerfrei und in genauer Arbeitsweise ausführen.  
( $\Rightarrow$  Lernkontrolle)
- usw.

## 5.1 Lernkontrolle: Unsymmetrische Belastung

### 5.1 Aufgabe ✓

2 Pkt.

Was versteht man unter einer unsymmetrischen Belastung bei Drehstromsystemen?

### 5.2 Aufgabe ✓

2 Pkt.

Ein Drehstrommotor in Dreieckschaltung hat im Normalbetrieb  $P = 30 \text{ kW}$  Leistung.

- Wie gross wird die Leistung, wenn eine Motorwicklung unterbrochen ist?
- Wie gross wird die Leistung, wenn der Aussenleiter L3 unterbrochen ist?

### 5.3 Aufgabe ✓

2 Pkt.

Ein symmetrischer Verbraucher in Sternschaltung hat  $12 \text{ kW}$  Leistung.

- Wie gross wird diese, wenn ein Aussenleiter und der N-Leiter fehlen?
- Wie gross wird diese, wenn ein Aussenleiter fehlt und der N-Leiter angeschlossen ist?

### 5.4 Aufgabe

4 Pkt.

Drei ungleiche Boilerwicklungen mit  $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 25 \Omega$  und  $R_3 = 40 \Omega$  werden in Dreieck an einem Drehstromnetz der Aussenleiterspannung  $U = 3 \times 400 \text{ V}/50 \text{ Hz}$  betrieben.

Welche Gesamtleistung nehmen alle drei Boilerwicklungen zusammen vom Netz auf?

### 5.5 Aufgabe

4 Pkt.

Ein Heizofen in Sternschaltung hat je Strang  $9 \Omega$ . Die verkettete Spannung misst  $3 \times 480 \text{ V}$ .

- Wie gross ist die Leistung des Ofens, wenn kein Installationsfehler vorliegt?
- Wie gross ist die Leistung des Ofens, wenn ein Aussenleiter (z.B. L2) unterbrochen wird und kein Neutralleiter mitverlegt wurde?

### 5.6 Aufgabe

4 Pkt.

Ein Vierleiter-Drehstromnetz ist mit drei Wirkwiderständen unsymmetrisch belastet.

Die Polleiterströme betragen:  $I_{L1} = 60 \text{ A}$ ,  $I_{L2} = 40 \text{ A}$  und  $I_{L3} = 20 \text{ A}$ .

Ermitteln Sie grafisch die Stromstärke im Neutralleiter.

### 5.7 Aufgabe

6 Pkt.

Drei in Stern geschaltete Heizelemente werden bei  $3 \times 400 \text{ V}/50 \text{ Hz}$  Spannung gespiesen und besitzen  $R_1 = 30 \Omega$ ,  $R_2 = 45 \Omega$  und  $R_3 = 60 \Omega$  Widerstand.

Welcher Strom fliesst in den drei Aussenleitern, wenn fälschlicherweise der Neutralleiter-trenner des 3LNPE-Sicherungselementes offen gelassen wird?

Richtzeit: 40 min

maximale Punktzahl: 24 Pkt.

24 – 21 Pkt: sehr gut

20.5 – 18 Pkt: gut

17.5 – 14 Pkt: genügend

&lt; 14 Pkt: ungenügend

## 5.2 Lernkontrolle Lösungen: Unsymmetrische Belastung

### 5.1 Lösung

Unsymmetrisch ist eine Belastung, wenn die Aussenleiterströme und/oder die Phasenverschiebungswinkel verschieden gross sind. (2 Pkt.)

### 5.2 Lösung

$$\text{a) } P_D = \frac{2}{3} \cdot P = \frac{2}{3} \cdot 30 \text{ kW} = \underline{\underline{20 \text{ kW}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

$$\text{b) } P_D = \frac{1}{2} \cdot P = \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ kW} = \underline{\underline{15 \text{ kW}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

### 5.3 Lösung

$$\text{a) } P_D = \frac{1}{2} \cdot P = \frac{1}{2} \cdot 12 \text{ kW} = \underline{\underline{6 \text{ kW}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

$$\text{b) } P_D = \frac{2}{3} \cdot P = \frac{2}{3} \cdot 12 \text{ kW} = \underline{\underline{8 \text{ kW}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

### 5.4 Lösung

$$P_{\text{Str1}} = \frac{(U_{\text{Str1}})^2}{R_1} = \frac{(400 \text{ V})^2}{20 \Omega} = \underline{\underline{8000 \text{ W}}} \quad P_{\text{Str2}} = \frac{(U_{\text{Str2}})^2}{R_2} = \frac{(400 \text{ V})^2}{25 \Omega} = \underline{\underline{6400 \text{ W}}} \quad (\text{je } 1 \text{ Pkt.})$$

$$P_{\text{Str3}} = \frac{(U_{\text{Str3}})^2}{R_3} = \frac{(400 \text{ V})^2}{40 \Omega} = \underline{\underline{4000 \text{ W}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

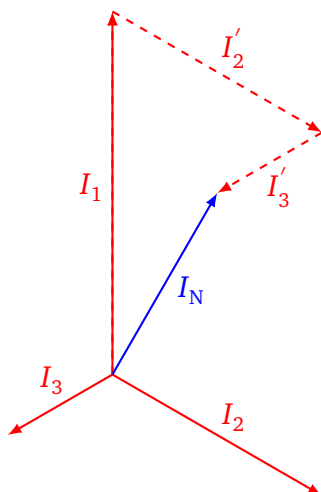
$$P = P_{\text{Str1}} + P_{\text{Str2}} + P_{\text{Str3}} = 8000 \text{ W} + 6400 \text{ W} + 4000 \text{ W} = \underline{\underline{18400 \text{ W}}} = \underline{\underline{18.4 \text{ kW}}} \quad (1 \text{ Pkt.})$$

### 5.5 Lösung

$$\text{a) } P_N = 3 \cdot P_{\text{Str}} = 3 \cdot \frac{(U_{\text{Str}})^2}{R} = 3 \cdot \frac{(277.1 \text{ V})^2}{9 \Omega} = \underline{\underline{25600 \text{ W}}} \approx \underline{\underline{25.6 \text{ kW}}} \quad (2 \text{ Pkt.})$$

$$\text{b) } P_D = 0.5 \cdot P_N = 0.5 \cdot 25600 \text{ W} = \underline{\underline{12800 \text{ W}}} = \underline{\underline{12.8 \text{ kW}}} \quad (2 \text{ Pkt.}) \quad (\hat{=} \frac{1}{2} \text{ von } P_N)$$

### 5.6 Lösung

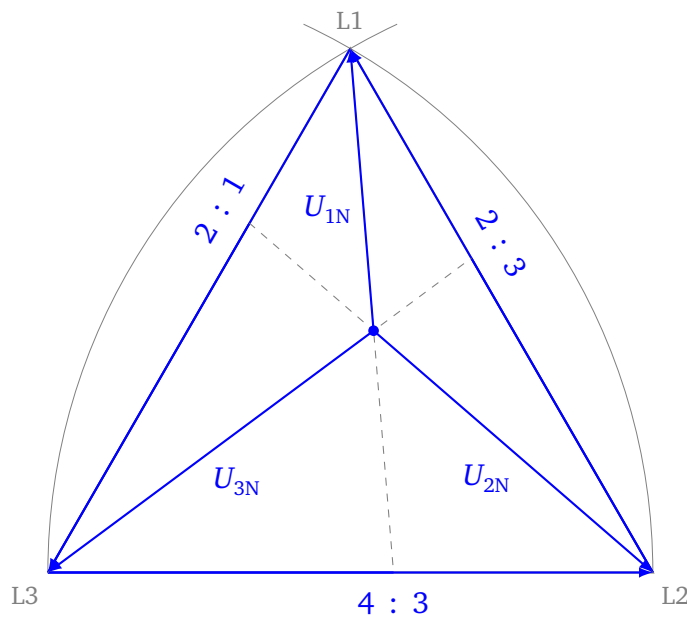


MST: 1 cm  $\hat{=} 10 \text{ A}$

$$I_N = 3.46 \text{ cm} \cdot 10 \frac{\text{A}}{\text{cm}} = \underline{\underline{34.6 \text{ A}}} \quad (4 \text{ Pkt.})$$

Hinweis: Zeichnung ist verkleinert dargestellt.  
(D.h. obiger MST trifft auf Zeichnung nicht zu.)

## 5.7 Lösung



MST: 1 cm  $\hat{=}$  50 V

$$U_{1N} = 3.7 \text{ cm} \cdot 50 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = \underline{\underline{185 \text{ V}}}$$

$$U_{2N} = 4.8 \text{ cm} \cdot 50 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = \underline{\underline{240 \text{ V}}}$$

$$U_{3N} = 5.3 \text{ cm} \cdot 50 \frac{\text{V}}{\text{cm}} = \underline{\underline{265 \text{ V}}}$$

$$I_1 = \frac{U_{1N}}{R_1} = \frac{185 \text{ V}}{30 \Omega} = \underline{\underline{6.16 \text{ A}}}$$

$$I_2 = \frac{U_{3N}}{R_2} = \frac{240 \text{ V}}{45 \Omega} = \underline{\underline{5.33 \text{ A}}}$$

$$I_3 = \frac{U_{2N}}{R_3} = \frac{265 \text{ V}}{60 \Omega} = \underline{\underline{4.42 \text{ A}}}$$

*(pro korrektes Zwischenresultat bzw. Schlussresultat je 1 Pkt.)*