

### Aufgabe 2.3.1

Bei unsymmetrischer Last am Drehstromnetz werden gemessen:

$U_{L1} = 230 \text{ V}$ ,  $I_{L1} = 5 \text{ A}$  und  $P_{W1} = 920 \text{ W}$  bei einer induktiven Last,

$U_{L2} = 230 \text{ V}$ ,  $I_{L2} = 7 \text{ A}$  und  $P_{W2} = 1450 \text{ W}$  bei einer induktiven Last und

$U_{L3} = 230 \text{ V}$ ,  $I_{L3} = 4 \text{ A}$  und  $P_{W3} = 855 \text{ W}$  bei einer kapazitiven Last.

Frage 1: Wie groß sind die drei  $\cos\varphi$  und der Ausgleichsstrom im Nullleiter?

Frage 2: Wie lauten die symmetrischen Komponenten der Ströme?

Zu 1)

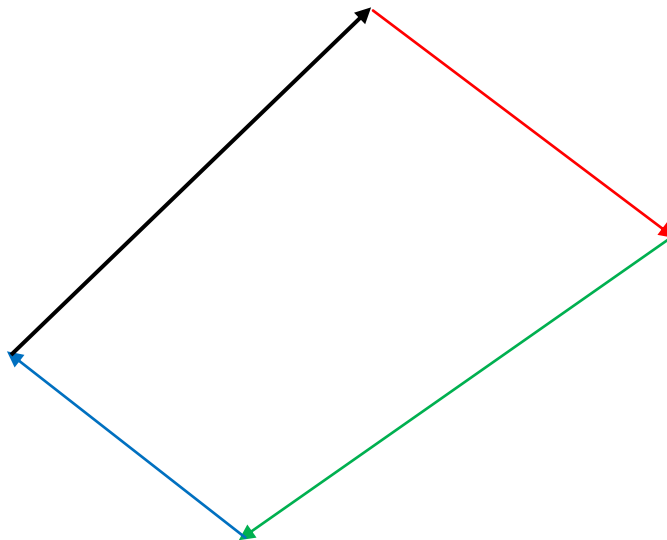
$$P_w = U I \cos\varphi \quad \text{d.h.} \quad \cos\varphi = P_w / U I$$

$$\cos\varphi_1 = 920 \text{ W} / 230 \cdot 5 \text{ VA} = 0,8 \quad \text{d.h.} \quad \varphi_1 = -37^\circ$$

$$\cos\varphi_2 = 1450 \text{ W} / 230 \cdot 7 \text{ VA} = 0,9 \quad \text{d.h.} \quad \varphi_2 = -25^\circ - 120^\circ = -145^\circ$$

$$\cos\varphi_3 = 855 \text{ W} / 230 \cdot 4 \text{ VA} = 0,93 \quad \text{d.h.} \quad \varphi_3 = +22^\circ - 240^\circ = -218^\circ$$

$I_N$  ergibt sich aus dem Zeigerdiagramm der drei Ströme:



Gemessen: 6,6 A und  $-44^\circ$

Rechnung nach Komponenten:

$$\text{waagerecht: } 5 \text{ A} \cos\varphi_1 + 7 \text{ A} \cos(\varphi_2 - 120^\circ) + 4 \text{ A} \cos(\varphi_3 - 240^\circ) = 4,88 \text{ A}$$

$$\text{Senkrecht : } 5 \text{ A} \sin\varphi_1 + 7 \text{ A} \sin(\varphi_2 - 120^\circ) + 4 \text{ A} \sin(\varphi_3 - 240^\circ) = 4,56 \text{ A}$$

$$I_N = (4,88^2 + 4,56^2)^{1/2} \text{ A} = \mathbf{6,7 \text{ A}}$$

Zu 2)

– symmetrisches Mitsystem:

$$i_{m1} = I_m \cos(\omega t - \varphi_m), \quad i_{m2} = I_m \cos(\omega t - \varphi_m - 2\pi/3) \quad \text{und} \quad i_{m3} = I_m \cos(\omega t - \varphi_m - 4\pi/3),$$

– symmetrisches Gegensystem:

$$i_{g1} = I_g \cos(\omega t - \varphi_g), \quad i_{g2} = I_g \cos(\omega t - \varphi_g + 2\pi/3) \quad \text{und} \quad i_{g3} = I_g \cos(\omega t - \varphi_g + 4\pi/3) \quad \text{und}$$

– Nullsystem:

$$i_{01} = i_{02} = i_{03} = I_0 \cos(\omega t - \varphi_0) \quad (\text{für jede der drei Drehstromphasen})$$

In der Zeigerdarstellung gilt für die drei Zeiger der Drehstromphasen  $\underline{I}_1$ ,  $\underline{I}_2$  und  $\underline{I}_3$ :

( $\underline{I} = \hat{I} \exp(-j\varphi)$ , die Drehstromphase wird durch  $\exp(\pm j2\pi/3)$  bzw.  $\exp(\pm j4\pi/3)$  berücksichtigt.)

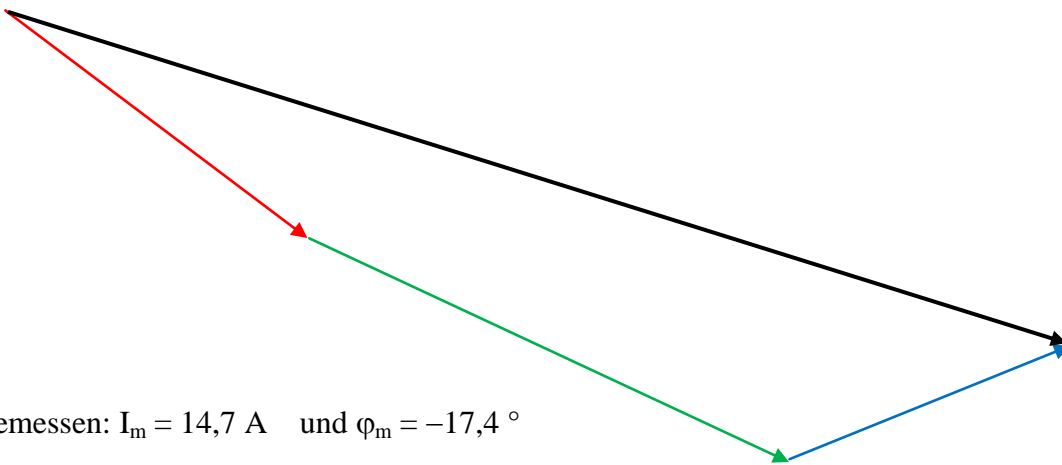
$$\begin{aligned} \underline{I}_1 &= \underline{I}_m + \underline{I}_g + \underline{I}_0 \\ \underline{I}_2 &= \underline{I}_m \exp(-j2\pi/3) + \underline{I}_g \exp(j2\pi/3) + \underline{I}_0 \\ \underline{I}_3 &= \underline{I}_m \exp(-j4\pi/3) + \underline{I}_g \exp(j4\pi/3) + \underline{I}_0 \end{aligned}$$

Dabei sind in dieser Darstellung auf der linken wie auf der rechten Seite je 3 Parameter bei 3 Gleichungen. Nach Umordnen zu  $\underline{I}_m$ ,  $\underline{I}_g$  und  $\underline{I}_0$  folgt daraus:

$$\begin{aligned} \underline{I}_m &= 1/3 \{ \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \exp(j2\pi/3) + \underline{I}_3 \exp(j4\pi/3) \} \\ \underline{I}_g &= 1/3 \{ \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \exp(j4\pi/3) + \underline{I}_3 \exp(j2\pi/3) \} \\ \underline{I}_0 &= 1/3 \{ \underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 \} \end{aligned}$$

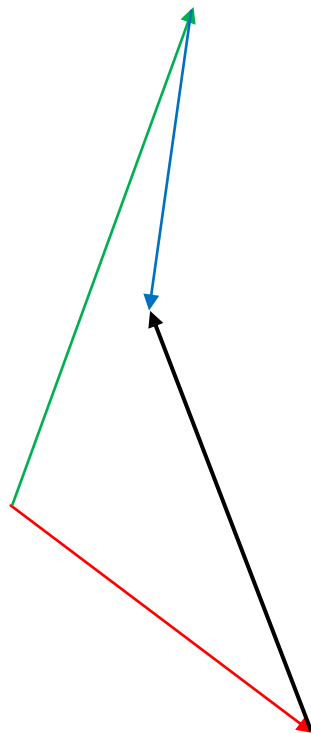
$\underline{I}_0$  wird 1/3 des Nulleiterstromes  $I_N$  von oben.

Zeigerdiagramm für  $\underline{I}_m$



Gemessen:  $I_m = 14,7 \text{ A}$  und  $\varphi_m = -17,4^\circ$

Zeigerdiagramm für  $\underline{I}_m$



Gemessen:  $I_m = 5,9 \text{ A}$  und  $\varphi_m = 111^\circ$