

Leistung im Wechselstromkreis

1. In einem Wechselstromkreis mit $f = 100\text{Hz}$, $I_{\text{eff}} = 0,2\text{A}$ werden ein ohmsches Bauelement ($R = 300\Omega$), ein Kondensator ($C = 5\mu\text{F}$) und eine Spule $L = 0,2\text{H}$ in Reihe geschaltet.
 - a) Berechnen Sie die Leistungen (Wirk- bzw. Blindleistung) an den einzelnen Bauelementen.
 - b) Entwickeln Sie ein Zeigerdiagramm (maßstabsgerecht) und ermitteln Sie daraus die Scheinleistung P_S und den Leistungsfaktor des Stromkreises.

2. Der Elektroheimwerker Kunibert Kurzschluss hat sich aus seinem USA-Urlaub ein elektrisches Heizgerät mit 2000 W Leistung mitgebracht. Da das Gerät für die amerikanische Netzspannung (110V) hergestellt wurde, baut er einen Vorwiderstand in das Gerät ein.
 - a) Berechnen Sie die Größe des Vorwiderstandes für den Fall, dass ein ohmsches Bauelement benutzt wird.
 - b) Wie groß muss die Kapazität eines Kondensators sein, wenn er als Vorwiderstand eingebaut wird?
Ermitteln Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms die Phasenverschiebung φ .
 - c) Wie groß muss die Windungszahl einer 15cm langen Spule mit einer Querschnittsfläche von 6 cm² und einem Eisenkern ($\mu_r = 650$) sein, der ebenfalls als Vorwiderstand benutzt werden könnte?
 - d) Berechnen Sie für a), b) und c) jeweils den Gesamtwiderstand/Scheinwiderstand sowie die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Stromkreise.

1.)

Geg.:

$$f = 100\text{Hz}$$

$$I_{\text{eff}} = 0,2\text{A}$$

$$L = 0,2\text{H}$$

$$C = 5\mu\text{F}$$

$$R = 300\Omega$$

Ges.:

$$P_{w_C}$$

$$P_{w_L}$$

$$P_{w_R}$$

$$P_{B_R}$$

$$P_{B_L}$$

$$P_{B_C}$$

(a)

Zeigerdiagramm - P_S (b)

a)

Lös.:

$$P_{w_R} = \frac{1}{2} u_{\text{max}} \cdot i_{\text{max}}$$

$$i_{\text{max}} = I_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}$$

$$P_{w_R} = \frac{1}{2} \cdot u_{\text{max}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{eff}}$$

$$u_{\text{max}} = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}$$

$$P_{w_R} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{eff}}$$

$$P_{w_R} = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

$$U_{\text{eff}} = R \cdot I_{\text{eff}}$$

$$P_{W_R} = R \cdot I_{eff} \cdot I_{eff}$$

$$P_{W_R} = R \cdot (I_{eff})^2$$

$$P_{W_R} = 12W$$

$$P_{B_C} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin \varphi \quad \sin \varphi = -1; \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

$$P_{B_C} = -\frac{(I_{eff})^2}{2\pi f C}$$

$$P_{B_C} = -12,7324W$$

$$P_{B_L} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin \varphi \quad \sin \varphi = 1; \varphi = \frac{\pi}{2}$$

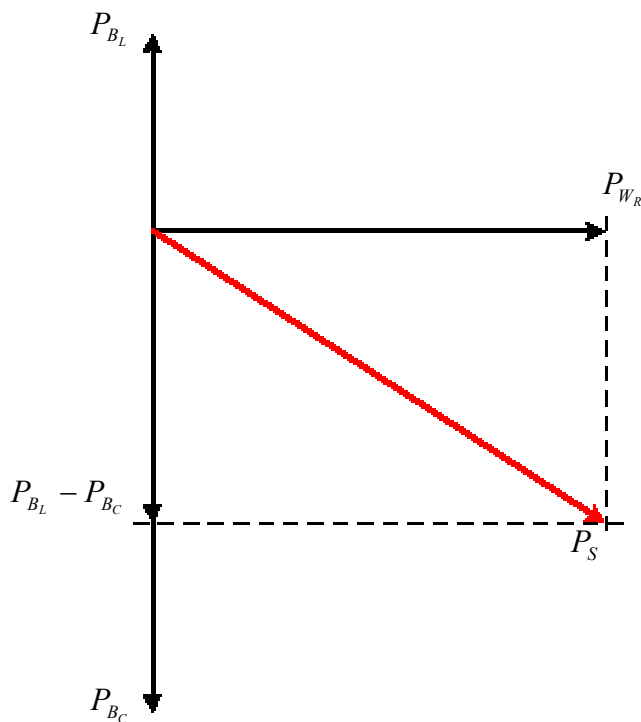
$$P_{B_L} = (I_{eff})^2 2\pi f L \quad U_{eff} = \frac{I_{eff}}{2\pi f C}$$

$$P_{B_L} = 5,02655W$$

$$P_{B_R} = U_{eff} \cdot I_{eff} \cdot \sin \varphi \quad \sin \varphi = 0; \varphi = 0$$

$$P_{B_R} = 0W$$

b)



Maßstab: 1 cm = 2 Watt

$$P_S = 14,2042W \text{ (zeichnerisch)}$$

$$P_S = \sqrt{P_{W_R}^2 + (P_{B_L} - P_{B_C})^2}$$

$$P_S = 14,26114W$$

$$\tan \varphi = \frac{x_L - x_C}{R}$$

$$\tan \varphi = 0$$

$$\underline{\varphi = 0}$$

$$P_{W_{ges}} = U_{eff_{ges}} \cdot I_{eff}$$

$$U_{eff_{ges}} = \sqrt{\left(\frac{P_{W_R}}{I_{eff}}\right)^2 + \left[\left(\frac{P_{W_C}}{I_{eff}}\right) - \left(\frac{P_{W_L}}{I_{eff}}\right)\right]^2}$$

$$P_{W_{ges}} = \sqrt{\left(\frac{P_{W_R}}{I_{eff}}\right)^2 + \left[\left(\frac{P_{W_C}}{I_{eff}}\right) - \left(\frac{P_{W_L}}{I_{eff}}\right)\right]^2} \cdot I_{eff}$$

$$P_{W_{ges}} = 14,2611W$$

$$\cos \varphi = \frac{P_{W_{ges}}}{P_S}$$

$$\cos \varphi = 1$$

→ *Leistungsfactor* = 1; $\varphi = 0^\circ$

Einheitenbetrachtung:

$$[P_{W_R}] = \Omega \cdot A^2 = \frac{V}{A} \cdot A^2 = V \cdot A = W$$

$$[P_{W_{ges}}] = V \cdot A = W$$

$$[P_{B_C}] = \frac{A^2}{\frac{1}{s} F} = \frac{A^2}{\frac{1}{s} \cdot \frac{A \cdot s}{V}} = V \cdot A = W$$

$$[P_{B_L}] = \frac{1}{s} \cdot A^2 \cdot H = \frac{1}{s} \cdot A^2 \cdot \frac{V \cdot s}{A} = V \cdot A = W$$

$$[P_S] = \sqrt{W^2 + (W - W)^2} = \sqrt{W^2} = W$$

$$[U_{eff_{ges}}] = \sqrt{\frac{W^2}{A^2} + \left(\frac{W}{A} - \frac{W}{A}\right)^2} = \sqrt{\frac{V^2 \cdot A^2}{A^2}} = V$$

2.) Geg.:
 $P_{W_H} = 2000W$
 $U_{eff_H} = 110V$
 $U_{eff_{ges}} = 220V$
 $f = 50Hz$
 $l = 0,15m$
 $A = 6 \cdot 10^{-4} m^2$

Ges.:
 I_{eff}
 $U_{eff_{BE}}$
 R, X_C, X_L
 C, L, N
 Zeigerdiagramm φ

a.) $P_W = \frac{U_{eff}}{I_{eff}}$
 $I_{eff} = \frac{P_W}{U_{eff_H}}$
 $I_{eff} = 18,1818A$

$$U_{eff_{ges}} = \sqrt{U_{eff_H}^2 + U_{eff_R}^2}$$

$$U_{eff_{ges}}^2 = U_{eff_H}^2 + U_{eff_R}^2$$

$$U_{eff_{BE}} = \sqrt{U_{eff_{ges}}^2 + U_{eff_H}^2}$$

$$U_{eff_{BE}} = 190,526V$$

$$R = \frac{U_{eff_{BE}}}{I_{eff}}$$

$$R = 10,4789\Omega$$

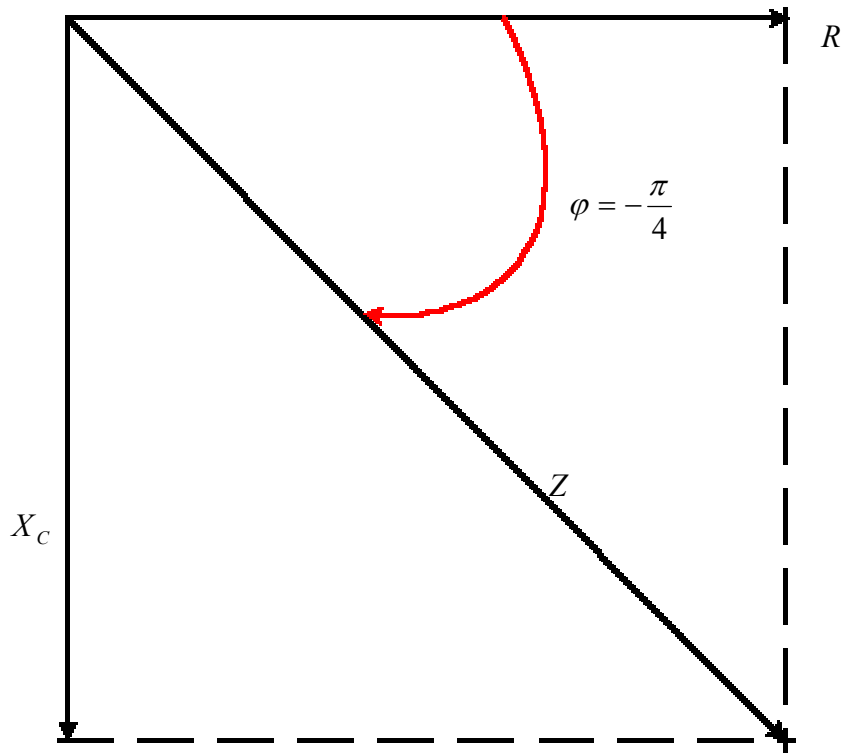
$$R = X_C = X_L$$

b.) $X_C = \frac{U_{eff_{BE}}}{I_{eff}} \qquad X_C = \frac{1}{2\pi f C}$

$$\frac{U_{eff_{BE}}}{I_{eff}} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$C = \frac{I_{eff}}{U_{eff_{BE}} \cdot 2\pi f}$$

$$C = 3,03762 \cdot 10^{-4} F$$



Maßstab: 1cm = 2 Volt

c.) $X_L = 2\pi fL$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

$$L = 0,033355H$$

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2 \cdot A}{l}$$

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot l}{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot A}} \quad \mu_r = 650$$

$$N = 101,0395$$

$$N \approx 101$$

d.) $R = \frac{U_{eff_{ges}}}{I_{eff}}$

$$R = 12,1\Omega$$

$$R = X_C = X_L \quad \rightarrow \text{Der Gesamtwiderstand ist vom BE unabhängig.}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} \quad R = X_C = X_L$$

$$Z = \sqrt{R^2}$$

$$Z = 10,4789\Omega$$

$$P_{W_{ges}} = U_{eff_{BE}} \cdot I_{eff}$$

$$P_{W_{ges}} = 1999,998W$$

$$P_{B_{ges}} = U_{eff_{ges}} \cdot I_{eff} \cdot \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = 0 ; \varphi = 0$$

$$P_{B_{ges}} = 0W$$

$$P_S = \sqrt{P_{W_H}^2 + P_{BE_{C,L,R}}^2}$$

$$P_S = 3999,996W$$

Einheitenbetrachtung:

$$[P_S] = \sqrt{(V \cdot A)^2 + (V \cdot A)^2} = \sqrt{V^2 \cdot A^2} = \sqrt{W^2} = W$$

$$[Z] = \sqrt{\Omega^2 + (\Omega - \Omega)^2} = \sqrt{\Omega^2} = \Omega$$

$$[C] = \frac{A}{V \cdot \frac{1}{s}} = \frac{A \cdot s}{V} = F$$

$$[P_W] = A \cdot V = W$$

$$[N] = \sqrt{\frac{m \cdot H}{\frac{V \cdot s}{A \cdot m} \cdot m^2}} = \sqrt{\frac{V \cdot s}{\frac{A}{V \cdot s}}} = \text{keine Einheit}$$

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega$$