

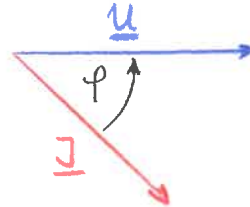
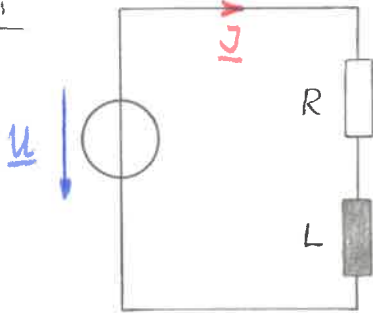
# 7. AC-Technik - Teil 1

1

7.1) Geg.:  $L = 175 \text{ mH}$ ;  $R = 40 \Omega$ ;  $U = 230 \text{ V}$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$ ;

Ges.: a)  $I = ?$       b)  $\varphi$  zwischen  $\underline{U}$  und  $\underline{I}$  ?

Lös.:



① Blindwiderstand:  $X_L = \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}{\omega} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 175 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = 55,0 \Omega$ ,

② Impedanz der R-L-Reihenschaltung:  $\underline{Z} = R + j\omega L = (40 + j55,0) \Omega = 68,0 \Omega \cdot e^{j54,0^\circ}$ ,  
(komplexe Darstellung)

$$\underline{\varphi} = \arctan \frac{X_L}{R} = \arctan \frac{55,0 \Omega}{40 \Omega} = 54,0^\circ$$

$$\underline{Z} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(40 \Omega)^2 + (55,0 \Omega)^2} = 68,0 \Omega$$

③ Durch Anwendung des ohmschen Gesetzes ergibt sich für den Strom (wenn  $\underline{U}$  als reell angesetzt wird):

$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{\underline{Z}} = \frac{230 \text{ V}}{68,0 \frac{\text{V}}{\text{A}} \cdot e^{j54,0^\circ}} = 3,38 \text{ A} \cdot e^{-j54,0^\circ};$$

a)  $\Rightarrow$  Der Strom  $\underline{I}$  hat einen Betrag (Effektivwert) von  $\underline{I} = 3,38 \text{ A}$ ;

b)  $\Rightarrow$  Der Strom  $\underline{I}$  eilt der Spannung  $\underline{U}$  um den Phasenverschiebungswinkel

$$\underline{\varphi} = 54,0^\circ \text{ nach};$$

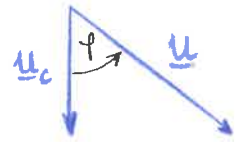
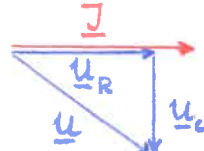
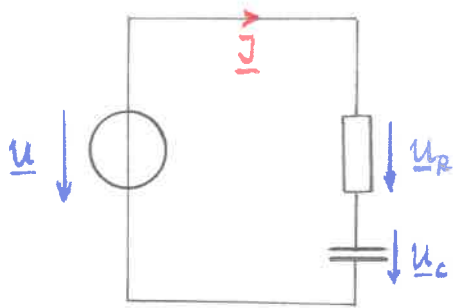
# 7. AC-Technik - Teil 1

(2)

7.2) Geg.:  $R = 750 \Omega$ ,  $C = 250 \mu\text{F}$ ,  $I = 50 \text{ mA}$ ,  $f = 800 \text{ Hz}$ ;

Ges.: a)  $U_R$ ,  $U_C$ ,  $U$  ?      b)  $\varphi$  zwischen  $U_C$  u.  $U$  ?

Lös.:



① Blindwiderstand:  $X_C = \frac{1}{\frac{2\pi \cdot f \cdot C}{\omega}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 800 \frac{1}{\text{s}} \cdot 250 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}} = 796 \Omega$ ,

② Spannungen:  $\underline{U}_R = \underline{I} \cdot R = 50 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 750 \frac{\text{V}}{\text{A}} = 37,5 \text{ V}$  ;  
(komplexe Darstellung)

$\underline{U}_C = \underline{I} \cdot \frac{1}{j\omega C} = \underline{I} \cdot \underbrace{\left(-j \frac{1}{\omega C}\right)}_{X_C} = 50 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot (-j 796 \Omega) = 39,8 \text{ V} \cdot e^{-j90^\circ}$  ;

$\underline{U} = \underline{U}_R + \underline{U}_C = 37,5 \text{ V} + 39,8 \text{ V} \cdot e^{-j90^\circ} = 54,7 \text{ V} \cdot e^{-j46,7^\circ}$  ;

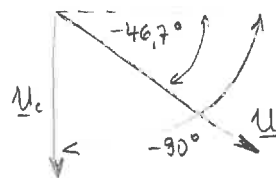
$U = \sqrt{U_R^2 + U_C^2} = \sqrt{(37,5 \text{ V})^2 + (39,8 \text{ V})^2} = 54,7 \text{ V}$  }  
 $\varphi = \arctan \frac{U_C}{U_R} = \arctan \frac{39,8 \text{ V}}{37,5 \text{ V}} = 46,7^\circ$  }

a) Die Spannungen haben die Beträge:  $U_R = 37,5 \text{ V}$ ;  $U_C = 39,8 \text{ V}$ ;  $U = 54,7 \text{ V}$ ,

b) Die Spannung  $U$  eilt der Spannung  $U_C$  um den Phasenverschiebungswinkel

$\varphi = -46,7^\circ - (-90^\circ) = 43,3^\circ$

Voraus;



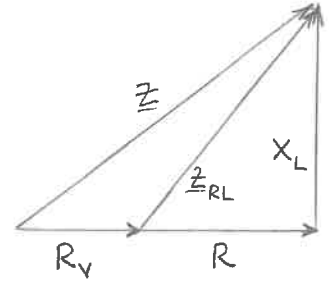
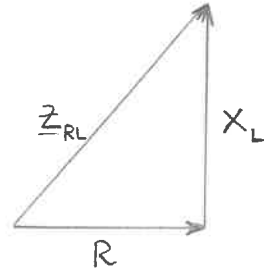
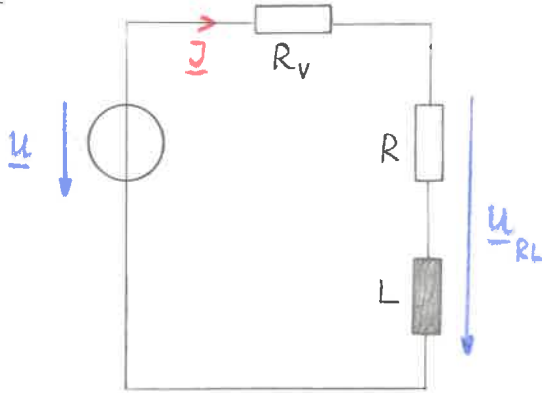
# 7. AC-Technik - Teil 1

3

7.3) Geg.:  $L = 50 \text{ mH}$ ;  $R = 150 \Omega$ ;  $U = 48 \text{ V}$ ;  $f = 800 \text{ Hz}$ ;  $U_{RL} = 30 \text{ V}$ ;

Ges.:  $R_V = ?$

Lös.:



① Blindwiderstand :  $X_L = \omega L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 800 \frac{1}{\text{s}} \cdot 50 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = 251 \Omega$  ;  
der Spule

② Impedanz der R-L-Reihenschaltung :  $Z_{RL} = R + j\omega L = 150 \Omega + j251 \Omega = 292 \Omega \cdot e^{j59,1^\circ}$  ;  
(komplexe Darstellung)

$$\varphi = \arctan \frac{X_L}{R} = \arctan \frac{251 \Omega}{150 \Omega} = 59,1^\circ$$

$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(150 \Omega)^2 + (251 \Omega)^2} = 292,4 \Omega$$

③ Strom :  $I = \frac{U}{Z} = \frac{U_{RL}}{Z_{RL}}$

④ Betrag der Gesamtimpedanz (Gesamt-Scheinwiderstand) :  $Z = Z_{RL} \cdot \frac{U}{U_{RL}} = 292 \Omega \cdot \frac{48 \text{ V}}{30 \text{ V}} = 467 \Omega$  ;

⑤ Die Gesamtimpedanz setzt sich zusammen :  $Z^2 = (R_V + R)^2 + X_L^2$

$$\Rightarrow \underline{R_V} = \sqrt{Z^2 - X_L^2} - R = \sqrt{(467 \Omega)^2 - (251 \Omega)^2} - 150 \Omega = \underline{244 \Omega} ;$$

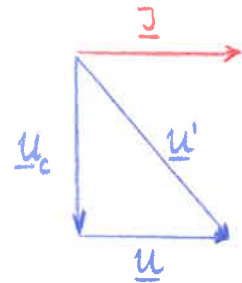
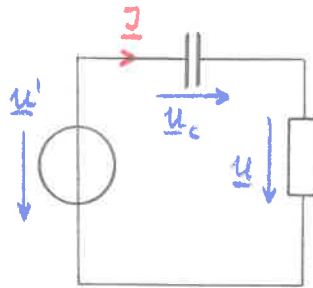
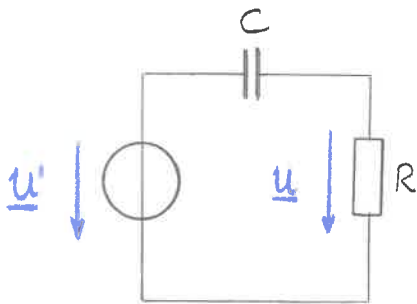
# 7. AC-Technik - Teil 1

(4)

7.4) Geg.:  $U = 230\text{V}$ ;  $R = 53\Omega$ ;  $U' = 400\text{V}$ ;  $f = 50\text{Hz}$ ;  $U = 230\text{V}$ ;

Ges.:  $C = ?$

Lös.:



① Strom:  $J = \frac{U}{R} = \frac{230\text{V}}{53\frac{\text{V}}{\text{A}}} = 4,34\text{A}$ ;

② Berechnung der Spannung am Kondensator:  
(siehe Zeigerdiagramm)  $U_c = \sqrt{U'^2 - U^2} = \sqrt{(400\text{V})^2 - (230\text{V})^2} = 327\text{V}$ ;

③ Strom:  $J = \frac{U_c}{X_c}$  mit  $X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_c}$

$C = \frac{J}{2\pi \cdot f \cdot U_c} = \frac{4,34\text{A}}{2\pi \cdot 50\frac{1}{\text{s}} \cdot 327\text{V}} = 42,25 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}} = 42,25\ \mu\text{F}$ ;

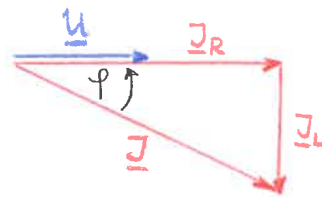
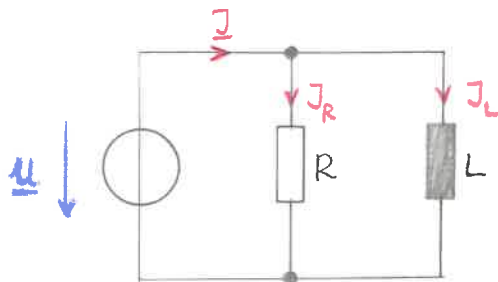
# 7. AC-Technik - Teil 1

(5)

7.5) Geg.:  $R = 100 \Omega$ ;  $L = 72 \text{ mH}$ ;  $U = 36 \text{ V}$ ;  $f = 400 \text{ Hz}$ ;

Aes.: a)  $\underline{J}_R$  u.  $\underline{J}_L$ ?      b)  $\varphi$  zwischen  $\underline{J}$  u.  $\underline{U}$ ?

Lös.:



① Blindwiderstand der Spule:  $X_L = \underbrace{2\pi \cdot f}_{\omega} \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot 400 \frac{1}{\text{s}} \cdot 72 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} = 181 \Omega$ ;

② Ströme: (komplexe Darstellung)  $\underline{J}_R = \frac{U}{R} = \frac{36 \text{ V}}{100 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = 360 \text{ mA}$ ;

$$\underline{J}_L = \frac{U}{j\omega L} = \frac{36 \text{ V}}{j 181 \Omega} = -j 199 \text{ mA};$$

$$\underline{J} = \underline{J}_R + \underline{J}_L = 360 \text{ mA} - j 199 \text{ mA} = 411 \text{ mA} \cdot e^{-j 28,9^\circ};$$

$$\underline{J} = \sqrt{J_R^2 + J_L^2} = \sqrt{(360 \text{ mA})^2 + (199 \text{ mA})^2} = 411 \text{ mA};$$

$$\underline{\varphi} = \arctan \frac{J_L}{J_R} = \arctan \frac{199 \text{ mA}}{360 \text{ mA}} = 28,9^\circ;$$

a) Effektivwerte d. Ströme:  $\underline{J}_R = 360 \text{ mA}$ ;  $\underline{J}_L = 199 \text{ mA}$ ;  $\underline{J} = 411 \text{ mA}$ ;

b) der Strom  $\underline{J}$  eilt der Spannung  $\underline{U}$  um den Phasenverschiebungswinkel

$$\underline{\varphi} = 28,9^\circ \text{ nach};$$

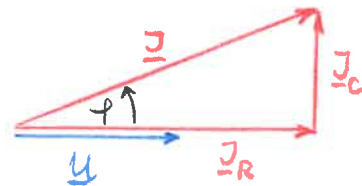
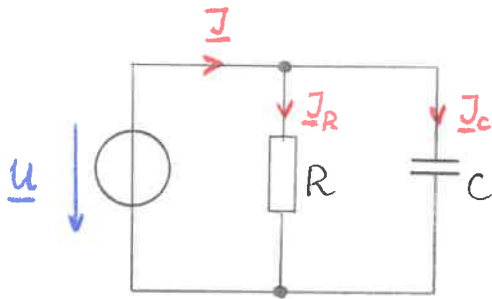
# 7. AC-Technik - Teil 1

6

7.6) geg.:  $R = 100 \Omega$ ;  $C = 2 \mu\text{F}$ ;  $U = 36 \text{ V}$ ;  $f = 400 \text{ Hz}$ ;

Ges.: a)  $\underline{I}_R$  u.  $\underline{I}_L$ ?    b)  $\varphi$  zwischen  $\underline{I}$  u.  $\underline{U}$ ?

Lös.:



① Blindwiderstand des Kondensators: 
$$X_C = \frac{1}{\frac{2\pi \cdot f \cdot C}{\omega}} = \frac{1}{2\pi \cdot 400 \frac{1}{s} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}} = 199 \Omega;$$

② Ströme: (komplexe Darstellung) 
$$\underline{I}_R = \frac{\underline{U}}{R} = \frac{36 \text{ V}}{100 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = 360 \text{ mA};$$

$$\underline{I}_C = \underline{U} \cdot j\omega C = 36 \text{ V} \cdot j \frac{1}{199 \frac{\text{V}}{\text{A}}} = j181 \text{ mA};$$

$$\underline{I} = \underline{I}_R + \underline{I}_L = 360 \text{ mA} + j181 \text{ mA} = 403 \text{ mA} \cdot e^{j26,7^\circ};$$

$$\underline{I} = \sqrt{I_R^2 + I_C^2} = \sqrt{(360 \text{ mA})^2 + (181 \text{ mA})^2} = 403 \text{ mA};$$

$$\underline{\varphi} = \arctan \frac{I_C}{I_R} = \arctan \frac{181 \text{ mA}}{360 \text{ mA}} = 26,7^\circ;$$

a) Effektivwerte d. Ströme: (Beträge) 
$$\underline{I}_R = 360 \text{ mA}; \quad \underline{I}_C = 181 \text{ mA}; \quad \underline{I} = 403 \text{ mA}.$$

b) der Strom  $\underline{I}$  eilt der Spannung  $\underline{U}$  um den Phasenverschiebungswinkel 
$$\underline{\varphi} = 26,7^\circ \text{ voraus};$$

# 7. AC-Technik - Teil 1

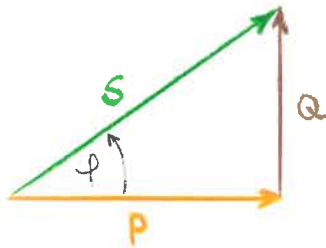
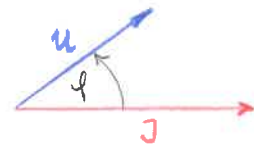
(7)

7.7) Gez.:  $U = 230\text{V}$  ;  $I = 5,0\text{A}$  ;  $\varphi = 40^\circ$  ;

Ges.:  $\cos\varphi$  ;  $S$  ;  $P$  ;  $Q$  ; ?

Lös.: Verbraucher besteht aus ohmschen Widerstand u. Induktivität, da Strom  $I$  gegenüber der Spannung  $U$  nachhinkt!

$\cos\varphi = \cos 40^\circ = 0,766$  ;

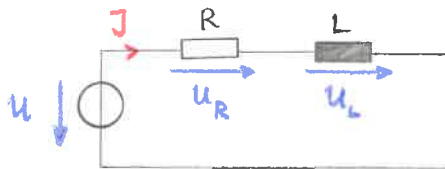
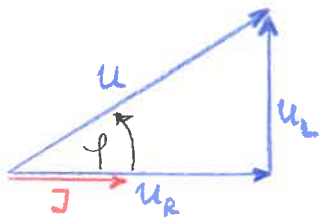


$S = U \cdot I = 230\text{V} \cdot 5,0\text{A} = 1.150\text{VA}$

$P = S \cdot \cos\varphi = 1.150\text{VA} \cdot 0,766 = 881\text{W}$

$Q = S \cdot \sin\varphi = 1.150\text{VA} \cdot 0,643 = 739\text{VAR}$

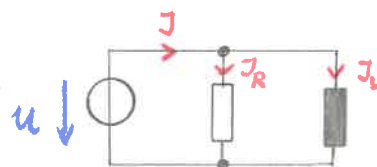
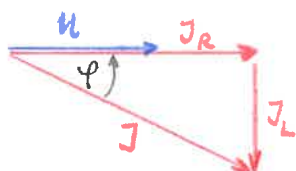
① bei Reihenschaltung ;



$U_R = U \cdot \cos\varphi = 230\text{V} \cdot 0,766 = 176,2\text{V}$  ;

$P = U_R \cdot I = 176,2\text{V} \cdot 5,0\text{A} = 881\text{W}$

② bei Parallelschaltung :



$I_R = I \cdot \cos\varphi = 5,0\text{A} \cdot 0,766 = 3,83\text{A}$  ;

$P = U \cdot I_R = 230\text{V} \cdot 3,83\text{A} = 881\text{W}$

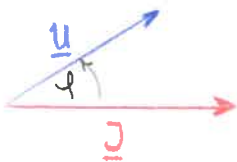
# 7. AC-Technik - Teil 1

8

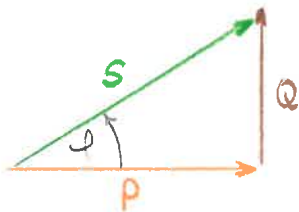
7.8) Geg.:  $U = 230 \text{ V}$ ;  $I = 13,5 \text{ A}$ ;  $f = 50 \text{ Hz}$ ;  $\cos \varphi = 0,85$ ;

Ges.: a)  $P$ ;  $Q$ ;  $S$ ; ?      b)  $\cos \varphi'$  (Leistungsfaktor-verbesserung) ?  
bei  $C = 20 \mu\text{F}$

Lös.: a) Wechselstrommotor: ohmscher Widerstand u. Induktivität  
 $\Rightarrow$  Strom  $\underline{I}$  eilt der Spannung  $\underline{U}$  nach!



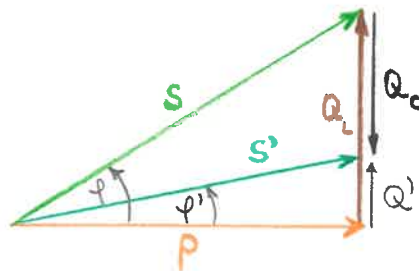
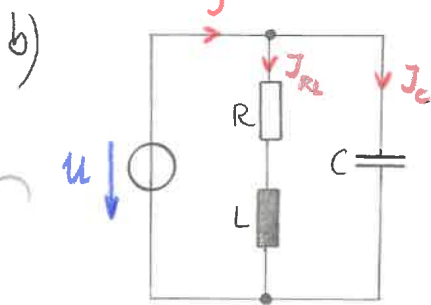
$$\varphi = \arccos(0,85) = 31,8^\circ$$



$$\underline{S} = U \cdot I = 230 \text{ V} \cdot 13,4 \text{ A} = \underline{3,105 \text{ VA}}$$

$$\underline{P} = S \cdot \cos \varphi = 3,082 \text{ VA} \cdot 0,85 = \underline{2,620 \text{ W}}$$

$$\underline{Q} = S \cdot \sin \varphi = 3,082 \text{ V} \cdot \sin(31,8^\circ) = \underline{1,636 \text{ VAR}}$$



$$Q_c = U \cdot I_c ; \quad I_c = \frac{U}{X_c} ; \quad X_c = \frac{1}{2\pi f \cdot C} ;$$

$$I_c = U \cdot 2\pi \cdot f \cdot C ;$$

$$\underline{Q_c} = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C = (230 \text{ V})^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot 20 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}} = \underline{332 \text{ VAR}}$$

$$\underline{Q}' = Q_l - Q_c = 1,624 \text{ VAR} - 332 \text{ VAR} = \underline{1,303 \text{ VAR}}$$

$$\underline{\varphi}' = \arctan \frac{Q'}{P} = \arctan \frac{1,292 \text{ VAR}}{2,620 \text{ W}} = \underline{26,3^\circ}$$

$$\Rightarrow \underline{\cos \varphi'} = \cos(26,2^\circ) = \underline{0,90}$$



# 7. AC - Technik - Teil 1

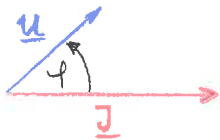
(9)

7.9) Geg.:  $U = 230\text{V}$ ;  $P = 1,18\text{kW}$ ;  $f = 50\text{Hz}$ ;  $\cos\varphi = 0,8$ ;

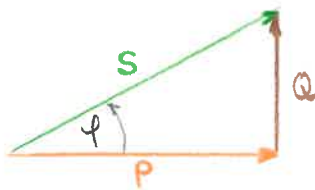
Ges.: a)  $Q$  u.  $S$  ?    b)  $C = ?$   
bei  $\cos\varphi' = 1$  (vollständige Kompensation)

Lös.:

a) Wechselstrommotor: ohmscher Widerstand u. Induktivität  
 $\Rightarrow$  Strom  $\vec{I}$  eilt der Spannung  $\vec{U}$  nach!



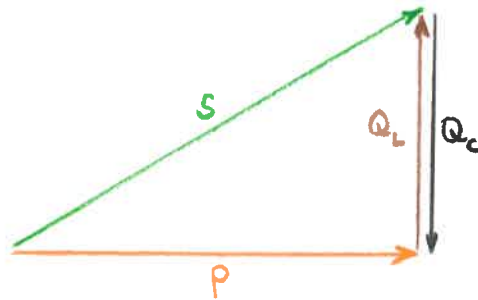
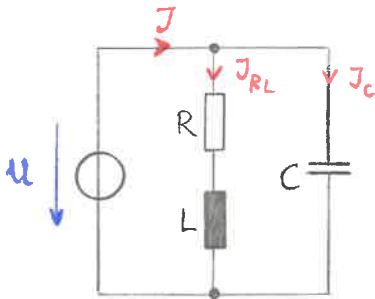
$$\varphi = \arccos(0,8) = 36,9^\circ;$$



$$\underline{S} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{1.180\text{W}}{0,8} = \underline{1.475\text{VA}};$$

$$\underline{Q} = S \cdot \sin\varphi = 1.475\text{VA} \cdot \sin(36,9^\circ) = \underline{885\text{VAR}};$$

b)



bei vollständiger  
Kompensation ( $\cos\varphi' = 1$ )  
gilt:

$$Q_L = Q_C$$

$$Q_C = U \cdot I_C; \quad I_C = \frac{U}{X_C}; \quad X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C};$$

$$\Rightarrow I_C = U \cdot 2\pi \cdot f \cdot C;$$

$$Q_C = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C \quad \Rightarrow \quad C = \frac{Q_C}{U^2 \cdot 2\pi \cdot f} \quad \text{mit } Q_C = Q_L$$

$$\underline{C} = \frac{885\text{VAR}}{(230\text{V})^2 \cdot 2\pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}}} = 53,3 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}} = \underline{53,3 \mu\text{F}};$$

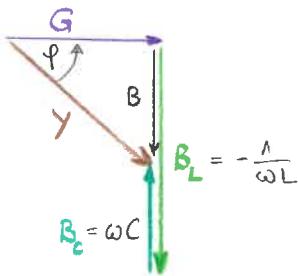
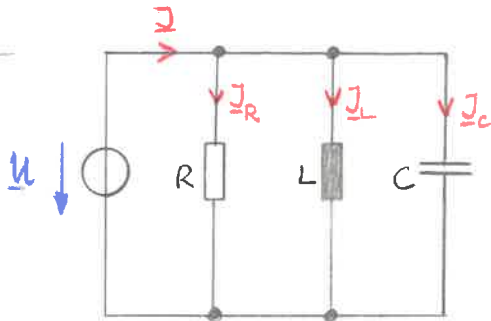
# 7. AC - Technik - Teil 1

10

7.10) Geg.:  $U = 50V$ ;  $f = 400\text{ Hz}$ ;  $R = 1\text{ k}\Omega$ ;  $L = 100\text{ mH}$ ;  $C = 820\text{ }\mu\text{F}$ ;

Bes.:  $Y$ ,  $\varphi$ ,  $J_R$ ,  $J_L$ ,  $J_C$  u.  $J$  ?

Lös.:



$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{1000\Omega} = 1\text{ mS};$$

$$B_L = -\frac{1}{\omega L} = -\frac{1}{2\pi \cdot 400\frac{1}{\text{s}} \cdot 0,1\frac{\text{Vs}}{\text{A}}} = -3,98\text{ mS};$$

$$B_C = \omega C = 2\pi \cdot 400\frac{1}{\text{s}} \cdot 820 \cdot 10^{-6}\frac{\text{As}}{\text{V}} = 2,06\text{ mS};$$

① Gesamt-Blindleitwert durch Addition der Einzelleitwerte:

$$B = B_L + B_C = -3,98\text{ mS} + 2,06\text{ mS} = -1,92\text{ mS};$$

② Aus dem Leitwertdiagramm folgt für den Gesamt-Scheinleitwert:

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} = \sqrt{(1 \cdot 10^{-3}\text{ S})^2 + (-1,92 \cdot 10^{-3}\text{ S})^2} = \underline{2,16\text{ mS}};$$

$$\varphi = \arctan \frac{B}{G} = \arctan \frac{1,92\text{ mS}}{1\text{ mS}} = \underline{65,2^\circ}; \quad 62,5^\circ$$

③ Berechnung der Ströme:  $J_R = U \cdot G = 50\text{ V} \cdot 1 \cdot 10^{-3}\frac{\text{A}}{\text{V}} = \underline{50\text{ mA}};$

$$J_L = U \cdot B_L = 50\text{ V} \cdot 3,98 \cdot 10^{-3}\frac{\text{A}}{\text{V}} = \underline{199\text{ mA}};$$

$$J_C = U \cdot B_C = 50\text{ V} \cdot 2,06 \cdot 10^{-3}\frac{\text{A}}{\text{V}} = \underline{103\text{ mA}};$$

$$J = \sqrt{J_R^2 + (J_L - J_C)^2} = \sqrt{(50\text{ mA})^2 + (199\text{ mA} - 103\text{ mA})^2} = \underline{108\text{ mA}};$$