

8.1 a) geg:  $u(t) = \underbrace{325V}_{\hat{u}} \sin \left( \underbrace{314,16 \frac{1}{s}}_{\omega} \cdot t + \underbrace{45^\circ}_{\varphi} \right)$

Nullphasenwinkel  
 Verschiebung um  $45^\circ \Rightarrow \frac{\pi}{4}$   
 Verschiebung nach links

i)  $\hat{u} = 325V \rightarrow u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$

ii)  $\omega = 314,16 \frac{1}{s} = 314,16 \text{ Hz}$

iii)  $f \Rightarrow \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \omega / 2\pi = 50 \text{ Hz}$

iv)  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50 \text{ Hz}} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$

v)  $\varphi \rightarrow$  Nullphasenwinkel: entspricht der Verschiebung zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$ ; ohne Phasenverschiebung befindet sich bei  $t = 0 \text{ s}$  der Nulldurchgang

$\varphi = 45^\circ$

vi)  $U = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}} = \frac{325V}{\sqrt{2}} = 230V$  Effektivwert: gibt an, welche Gleichspannung anliegen müsste, um den gleichen "Effekt" zu erzielen.

b) Warum Wechselstrom statt Gleichstrom?

- **sehr einfach zu erzeugen:** Ein Generator besteht aus Spulen, die in einem Magnetfeld rotieren und eine Spannung induzieren.
- **Spannung ist gut transformierbar:** Über unterschiedlich gewickelte Spulen auf gemeinsamen Kern lässt sich die Spannung sehr einfach anheben oder absenken

Vorteil: (nur) hohe Spannungen lassen sich mit geringem Verlust

übertragen. Bsp: Überlandleitung, hier gilt als Faustformel:

Spannung in kV = Übertragungsstrecke in km  $\rightarrow$   
 wirtschaftlicher Transport

in Deutschland: 110 kV oder

380 kV

c) Pole einer Steckdose : 3

- Schutzleiter (gelb/grün) : fließt hierüber ein Strom, löst die Sicherung  
→ "Erde"  
(FI : Fehler-Strom) aus, weil etwas schief  
gelaufen ist
- Phaseleiter (schwarz) : führt den Wechselstrom zum Verbraucher hin
- Nullleiter (blau) : führt den Strom ~~wird~~ wieder zurück  
→ "Masse"

! Bitte stets überprüfen bevor eine Leitung berührt wird!

Nicht jeder (Handwerker) hält sich daran!

d) ge: Widerstände / Impedanzen bei  $f = 50 \text{ Hz}$

↳ Widerstände in Wechselstromtechnik:  
Wechselstromwiderstand

- i)  $R = 100 \Omega$  → der Wirkwiderstand ist unabhängig von der Frequenz

$$\Rightarrow R = \underline{\underline{100 \Omega}}$$

- ii)  $L = 0,3 \text{ H}$

Impedanz (induktiver Blindwiderstand)

$$X_L = \omega \cdot L = \underline{2\pi f \cdot L} = 2\pi \cdot 50 \text{ Hz} \cdot 0,3 \text{ H} = \underline{\underline{94,2 \Omega}}$$

↳ mit steigender Frequenz nimmt  $X_L$  zu!

- iii)  $C = 1 \mu\text{F}$

Impedanz (kapazitiver Blindwiderstand)

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} = \underline{\underline{3183 \Omega}}$$

↳ mit steigender Frequenz nimmt  $X_C$  ab!

e) Leitwerte zu d):

- i) ohm'scher Widerstand :  $G = \frac{1}{R} = 0,01 \left[ \frac{1}{\Omega} = \text{S} \right]$

- ii) Spule → induktiver Blindleitwert:  $B_L = \frac{1}{X_L} = 0,0106 \text{ S}$  ↳  $\frac{1}{\text{S} \cdot \Omega} = \text{S}$

- iii) Kondensator → kapazitiver Blindleitwert:  $B_C = \frac{1}{X_C} = 0,314 \text{ mS}$

f) geg:  $U = 400V$

$$I = 3,3A$$

$$\varphi = 30^\circ$$

ges:  $S \rightarrow$  Scheinleistung

$P \rightarrow$  Wirkleistung

$Q \rightarrow$  Blindleistung

Bei-Tafel auflegen & verdeutlichen

- **Scheinleistung:** maximal mögliche Leistung, falls keine Phasenverschiebung bestünde

$$S = U \cdot I = \underline{1320 \text{ VA}} \quad (\text{Volt Ampere})$$

- **Wirkleistung:** Leistung, die tatsächlich etwas bewirkt

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = 400V \cdot 3,3A \cdot 0,866 = \underline{1143W}$$

- **Blindleistung:** pendelt zwischen Verbraucher und Kraftwerk, macht sonst nichts

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = 400V \cdot 3,3A \cdot 0,5 = \underline{660 \text{ Var}} \quad (\text{Volt Ampere Relativ})$$

g) Leistungsfaktor  $\lambda$  für f)

- **Leistungsfaktor:** gibt an, welcher Anteil der Scheinleistung Wirkleistung ist

$$\lambda = \frac{P}{S} = 0,866$$



! in der allgemeinen Form  $u = \hat{u} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$   
 bezieht sich  $\varphi$  auf die Phasenlage!  $\Rightarrow$  d.h. es ist eine  
 relative Angabe, die sich auf die Position innerhalb der  
 Periode bezieht. Betrachtet man die Einheit ( $^\circ$  bzw. rad) so  
 wird dies klarer. Als absolute Angabe d.h. als Position auf  
 der x-Achse muss die Angabe auf die Periodendauer bezogen  
 werden.

Nr. 8.2 geg:  $U(AC) = 230V$

$$R = 70\Omega$$

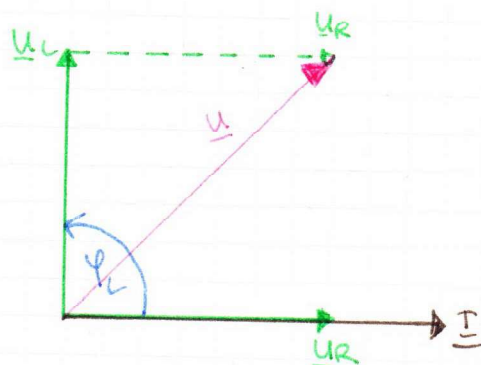
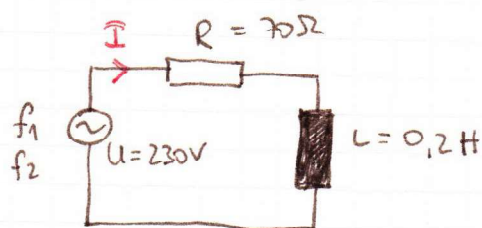
$$L = 0,2H$$

$$f_1 = 50Hz$$

$$f_2 = 100Hz$$

! Beim Kondensator ~~OR~~ eilt der Strom ~~vor~~,  
 bei der Induktivität ~~ÄT~~ kommt der Strom zu spät ~~ÄT~~ !

a) ges: Schaltung



$\underline{I}$ : Strom ist in Reihenschaltung für alle Bauelemente gleich  
 $\Rightarrow$  Bezugsgröße

$\underline{U}_L$ : Spule  $\Rightarrow$  Induktivität: Strom kommt zu spät  $\Rightarrow 90^\circ$ -phasenverschiebung  
 $\hookrightarrow \varphi_L$

$\underline{U}_R$ : ohmscher Widerstand: nicht phasenverschoben ( $\rightarrow$  parallel verschoben)

$\underline{U}$ : Maschenregel:  $\underline{U} = \underline{U}_L + \underline{U}_R$

b)

ges: Scheinwiderstand  $z(f)$

Aus Diagramm geht hervor:

$$|U|^2 = |U_L|^2 + |U_R|^2$$

mit  $|U_L| = \omega L \cdot I$

und  $|U_R| = I \cdot R$

einsetzen:  $|U| = \sqrt{(I\omega L)^2 + (IR)^2}$

$$\Rightarrow z_1(f_1) = \frac{U}{I} = \frac{I\sqrt{(\omega L)^2 + (R)^2}}{I} = \sqrt{(2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 0,2 \frac{Vs}{A})^2 + (70 \frac{V}{A})^2}$$

$$= \sqrt{3948 \Omega^2 + 4900 \Omega^2} \approx \underline{\underline{94,1 \Omega}}$$

$$z_2(f_2) = \underline{\underline{143,8 \Omega}}$$

c) ges: Phasenverschiebung  $\varphi(f)$

Da  $\underline{U_R}$  zu  $\underline{I}$  parallel ist, kann  $\varphi$  mit  $\underline{U_R}$  und  $\underline{U_L}$  bestimmt werden

$$\tan \varphi(f_1) = \left( \frac{U_L}{U_R} \right) = \frac{I\omega L}{IR} = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi \cdot 50 \frac{1}{s} \cdot 0,2 \frac{Vs}{A}}{70 \Omega} = 0,8976$$

$$\Leftrightarrow \varphi_1 = \arctan(0,8976) \approx \underline{\underline{41,9^\circ}}$$

$$\varphi_2(f_2) \approx \underline{\underline{60,9^\circ}}$$

d) ges:  $I$

$$z = \frac{U}{I} \quad (\text{siehe b)}) \quad \text{manchmal verwendet) : werden } z \text{ \& } \times \text{ synonym}$$

$$\Leftrightarrow I_1(f_1) = \frac{U}{z_1} = \frac{230V}{94,1 \Omega} = \underline{\underline{2,44A}}$$

$$I_2(f_2) = \underline{\underline{1,6A}}$$