

Physik on
<http://www.stefankaiser.net>

Elektrische Schwingungen

Elektrische Schwingungen

- Erzeugung einer sinusförmigen Induktionsspannung
 - Rotierende Spule mit Frequenz $f(T; \omega)$ im Magnetfeld der Flussdichte B
 - Induktionsgesetz:
 - Es gilt:

$$U_{ind} = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} = -N \cdot \Phi'$$

$$\Phi(t) = B \cdot A(t)$$

$$\text{mit } A(t) = A_0 \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow \Phi(t) = B \cdot A_0 \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow \Phi(t) = \Phi_{\max} \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow U_{ind} = -N \cdot \Phi' = -N \cdot -\Phi_{\max} \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$\Rightarrow U_{ind} = -N \cdot -B \cdot A_0 \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$\Rightarrow U_{ind} = +N \cdot B \cdot A_0 \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

$$\Rightarrow U_{ind} = U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$\text{mit } U_{\max} = NBA_0 \omega$$

Elektrische Schwingungen

- **Effektivwerte von Strom und Spannung**

- **Stromstärke**

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

- **Spannung**

$$U_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

- **Leistung im Wechselstromkreis**

$$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = \frac{U_{\text{max}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_{\text{max}}}{\sqrt{2}} = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{max}} \cdot I_{\text{max}}$$

- **Arbeit (Energie) im Wechselstromkreis**

$$W = P \cdot t = \frac{1}{2} \cdot U_{\text{max}} \cdot I_{\text{max}} \cdot t$$

Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- **Ohmscher Widerstand (M-feld $L=0$; keine Ladungen $C=0$)**
 - **Bestimmung des Zeit-Strom-Gesetzes**

- **Gesetz für R_Ω**

$$\text{Es gilt: } I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R_\Omega}$$
$$R_\Omega = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}}$$

Nach Kirchhoff gilt:

$$\sum U_{\text{angelegt}} = \sum U_{\text{abfallen}}$$

$$U(t) = U_\Omega$$

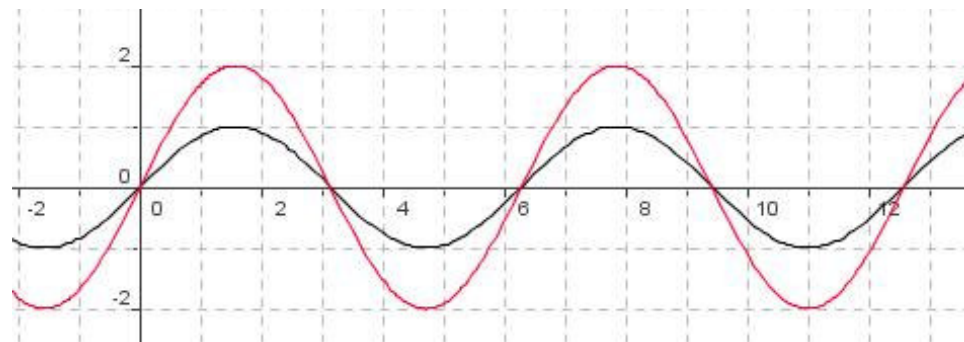
$$U_{\max} \cdot \sin \omega t = R_\Omega \cdot I(t)$$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{U_{\max}}{R_\Omega} \cdot \sin \omega t$$

$$\Rightarrow I(t) = I_{\max} \cdot \sin \omega t$$

- **Phasendifferenz (Stromstärke; Spannung)**

$$\Delta \varphi = 0$$



Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- Ohmscher Widerstand (M-feld $L=0$; keine Ladungen $C=0$)

- Berechnung der Momentanstromstärke

$$U_{\text{eff}} = 230\text{V}; R_{\Omega} = 80\Omega; U(t) = 0,5 \cdot U_{\text{max}}$$

- Mit Widerstandsgesetz:

$$I(t) = \frac{U(t)}{R_{\Omega}} = \frac{U_{\text{max}}}{2R_{\Omega}} = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{\text{eff}}}{2R_{\Omega}} = 2,03\text{A}$$

- Mit t-U-Gesetz:

$$I(t) = I_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

$$I(t) = \frac{U_{\text{max}}}{R_{\Omega}} \cdot \sin \omega t$$

$$I(t) = \frac{U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}}{R_{\Omega}} \cdot \sin 30^{\circ}$$

$$I(t) = 2,0\text{A}$$

$$U(t) = U_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \frac{U(t)}{U_{\text{max}}} = \frac{U_{\text{max}}}{2U_{\text{max}}} = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow \omega t = \begin{cases} 30^{\circ} \\ 150^{\circ} \end{cases}$$

Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- **Induktiver Widerstand (M-feld $L > 0$; keine Ladungen $C=0$)**

- **Bestimmung des Zeit-Strom-Gesetzes**

Nach Kirchhoff gilt:

$$\sum U_{\text{angelegt}} = \sum U_{\text{abfallen}}$$

$$U(t) = U_L$$

$$U_{\text{max}} \cdot \sin \omega t = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$\int dI = \int \frac{U_{\text{max}}}{L} \cdot \sin \omega t \cdot dt$$

$$I = \frac{U_{\text{max}}}{L} \cdot \int \sin \omega t \cdot dt$$

$$I = \frac{U_{\text{max}}}{L} \cdot \left(-\frac{1}{\omega} \cos \omega t \right) + c; (c=0)$$

$$\Rightarrow I(t) = -\frac{U_{\text{max}}}{\omega L} \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow I(t) = I_{\text{max}} \cdot \cos \omega t = I_{\text{max}} \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

- **Gesetz für R_{Ω}**

$$\text{Es gilt: } I_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{\omega L}$$

$$X_L = \frac{U_{\text{max}}}{I_{\text{max}}} = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \omega L$$

- **Phasendifferenz**

$$\Delta \varphi = -\frac{\pi}{2}$$



Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- **Induktiver Widerstand (M-feld $L \neq 0$; keine Ladungen $C=0$)**
 - Berechnung der Momentanstromstärke

$$U_{\text{eff}}=230\text{V}; L=0,40\text{H}; U(t)=U_{\text{eff}}$$

$$I(t) = -I_{\text{max}} \cdot \cos \omega t$$

$$I(t) = -\frac{U_{\text{max}}}{X_L} \cdot \cos \omega t$$

$$I(t) = -\frac{U_{\text{max}}}{X_L} \cdot \cos 45^\circ$$

$$I(t) = -1,8\text{A}$$

$$U(t) = U_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \frac{U(t)}{U_{\text{max}}} = \frac{U_{\text{eff}}}{U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\omega t = \begin{cases} 45^\circ \\ 135^\circ \end{cases}$$

Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- **Kapazitiver Widerstand (M-feld $L=0$; Ladungen $C \ll 0$)**
 - **Bestimmung des Zeit-Strom-Gesetzes**

- **Gesetz für R_{Ω}**

$$\text{Es gilt: } I_{\max} = U_{\max} \cdot C \cdot \omega$$
$$X_C = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{U_{\text{eff}}}{I_{\text{eff}}} = \frac{1}{\omega C}$$

- **Phasendifferenz**

$$\Delta \varphi = \frac{\pi}{2}$$

Nach Kirchhoff gilt:

$$\sum U_{\text{angelegt}} = \sum U_{\text{abfallen}}$$

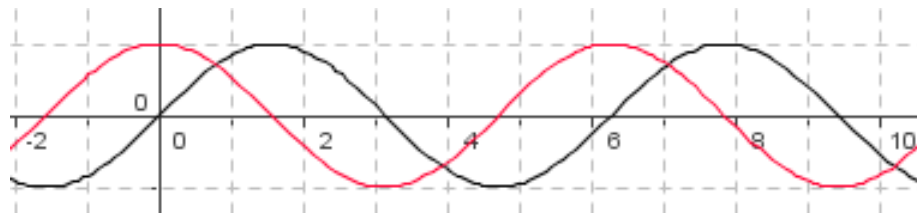
$$U(t) = U_C$$

$$U_{\max} \cdot \sin \omega t = \frac{Q}{C}$$

$$\Rightarrow Q(t) = C \cdot U_{\max} \cdot \sin \omega t$$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = C \cdot U_{\max} \cdot \omega \cdot \cos \omega t$$

$$\Rightarrow I(t) = I_{\max} \cdot \cos \omega t = I_{\max} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$



Elektrische Schwingungen

Schaltelemente im Wechselstromkreis

- **Kapazitiver Widerstand (M-feld $L=0$; Ladungen $C \ll 0$)**
 - **Berechnung der Momentanstromstärke**

$$U_{\text{eff}}=230\text{V}; C=50\mu\text{F}; U(t)=0$$

$$I(t) = I_{\text{max}} \cdot \cos \omega t$$

$$I(t) = \frac{U_{\text{max}}}{X_c} \cdot \cos \omega t$$

$$I(t) = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \cdot 2\pi \cdot f \cdot \cos \omega t$$

$$I(t) = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \cdot 2\pi \cdot f \cdot \cos 0^\circ$$

$$I(t) = 5,1\text{A}$$

$$U(t) = U_{\text{max}} \cdot \sin \omega t$$

$$\sin \omega t = \frac{U(t)}{U_{\text{max}}} = 0$$

$$\omega t = \left\{ \begin{array}{l} 0 \\ 180 \end{array} \right.$$