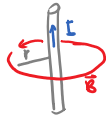


Das Ampersche Durchflutungsgesetz

Jeder el. Strom erzeugt ein magn. Wirbelfeld

$$\oint_{\vec{ds}} \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \cdot I \quad (\text{Maxwell-Gleichung für Strom \& magn. Feld})$$



magn. Feldstärke eines langh. Leiters: $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

magn. Feldstärke einer Spule: $B_0 = \mu_0 \frac{N \cdot I}{l}$

Energie im B-Feld

magn. Energiedichte: $W_{\text{magn}} = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0 \mu_r} \quad [W_{\text{magn}}] = \frac{J}{m^3}$

Magnetisierung

$\mu_r < 1$: Diamagnetisches Verhalten (Induzierter Magnetismus)

$\mu_r > 1$: Paramagnetische Verhalten (Orientierungsmagnetismus)

$\mu_r \gg 1$: Ferromagnetisches Verhalten (kollektive Magnetisierung)

Magnetfeld H: $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu_r}$

Magnetisierung M: $\vec{M} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{H}$

Der Hall-Effekt

$$\vec{F}_{\text{el}} = \vec{F} \Leftrightarrow q \frac{v_H}{d} = q v \cdot B \Rightarrow U_H = B \cdot d \cdot v$$

$$I = e \cdot n \cdot \frac{v}{d} \Rightarrow U_H = B \cdot d \cdot \frac{I}{e \cdot n \cdot A}$$

$$R_H = \frac{1}{e \cdot n} := \text{Hall-Koeffizient}$$



Lenzsche Regel

Das vom induzierten Strom verursachte Magnetfeld ist der Änderung des Flusses entgegengesetzt!

Faradaysches Induktionsgesetz

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

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

$$\rightarrow \vec{B}_1(t) \cdot \vec{A}_1(t) + \vec{B}_2(t) \cdot \vec{A}_2(t)$$

Maxwell-Gleichungen

$$1. \text{ Gaußsches Satz: } \Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q}{\epsilon_0}$$

$$2. \Phi_m = \oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

$$3. \text{ Induktionsgesetz: } \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

$$1. \text{ Faradaysches Induktionsgesetz } \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Selbstinduktion

$$U_{\text{ind}} = -L \cdot \frac{dI}{dt} \quad L: \text{Induktivität}$$

Induktivität einer langen Spule: $L = \mu_0 \frac{N^2}{l}$

In der Spule gespeicherte Energie: $E = \frac{1}{2} L \cdot I^2$

Transformator

$$\begin{matrix} I_1 \\ \downarrow \\ N_1 \\ \uparrow \\ I_2 \end{matrix} \quad \begin{matrix} U_1 \\ \downarrow \\ N_2 \\ \uparrow \\ U_2 \end{matrix} \Rightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_1}{I_2}$$

↑ Spannung ↓ Strom und umgekehrt

Wechselstromwiderstand

$$\text{Wechselspannung: } U(t) = U_0 \sin(\omega t) \quad R = \frac{U(t)}{I(t)} \quad \omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\text{Wechselstrom: } I(t) = I_0 \sin(\omega t)$$

$$\text{El. Leistung: } P(t) = U(t) \cdot I(t) = \frac{U_0^2}{R} \sin^2(\omega t)$$

$$\text{Effektivwerte: } P_{\text{eff}} = \langle P(t) \rangle = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} = \frac{U_0^2}{R} \cdot \frac{1}{2}$$

Strom & Spannung sind in Phase

Kapazitiver Widerstand

$$I(t) = C \cdot \frac{dU}{dt} \quad \left. \begin{matrix} I(t) = I_0 \cos(\omega t) = I_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2}) \\ U(t) = U_0 \sin(\omega t) \end{matrix} \right\} I_0 = \omega \cdot C \cdot U_0$$

$$R_c = \frac{1}{\omega C} \quad P_{\text{eff}} = 0$$

Induktiver Widerstand

$$U(t) = -U_{\text{ind}} = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$I(t) = -I_0 \cos(\omega t) = I_0 \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

$$R_L = \omega L \quad P_{\text{eff}} = 0 \quad I_0 = \frac{U_0}{\omega L}$$

Kirchhoff'schen Gesetze

$$\text{Knotenregel: } \sum I_i = 0$$

$$\text{Maschenregel: } \sum U_i = 0$$

Parallel- und Reihenschaltung

	R	C
Reihe	$R_{\text{ges}} = R_1 + R_2$	$\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
Parallel	$\frac{1}{R_{\text{ges}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$	$C_{\text{ges}} = C_1 + C_2$

Spannungsteiler

$$\frac{U_1}{U_0} = \frac{R_1}{R_0}$$

Hoch- und Tiefpass

RC - hochfrequente $U \rightarrow R$

niedrige $U \rightarrow C$

U_C : tiefpasgefiltert (nur $f < f_c$)

U_R : hochpasgefiltert (nur $f > f_c$)

Grenzfrequenz:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (U_C = U_R)$$

RC-Kreis

Aufladen $U_C = \frac{Q}{C} = 0$ (start)

$$U_R(t) = R \cdot I(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0 (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$I(t) = \frac{U_C}{R} = \frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$Q(t) = Q_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Entladen $Q = C \cdot U_0$ (start)

$$U_R(t) = R \cdot I(t) = -U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_C(t) = \frac{Q(t)}{C} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$I(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$Q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

RL-Kreis

Aufladen $I = 0$ (start)

$$I(t) = \frac{U_0}{R} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

$$U_L(t) = -L \cdot \frac{dI}{dt} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = R \cdot I(t) = U_0 \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

Entladen $U_C = 0$ (start)

$$I(t) = -\frac{U_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_L(t) = -L \cdot \frac{dI}{dt} = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$U_R(t) = R \cdot I(t) = -U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Elektrischer Schwingkreis: LC-Kreis

Gesamtenergie bleibt konstant

$$I(t) = I_0 \cos(\omega_0 t) \quad \text{mit } \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$U_L(t) = U_0 \sin(\omega_0 t)$$

gedämpfte Schwingung

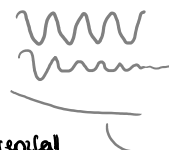
$$\gamma = \frac{R}{2L}$$

$\gamma = 0 \rightarrow$ ungedämpft

$\gamma \ll \omega_0$: Schwingfall

$\gamma > \omega_0$: Kriechfall

$\gamma = \omega_0$: aperiodischer Grenzfall



Bandpass-Filter

Frequenzgang



$$V_L(\omega) = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}}$$

Hertz'scher Dipol

$$C \rightarrow C \rightarrow C \quad I_{\text{CH}} \quad I_{\text{CL}}$$

optimale Länge: $d = \frac{\lambda}{2}$

Elektromagnetische Wellen

Transversalwelle $\vec{B} \perp \vec{E} \perp \vec{k}$

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cdot \sin(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cdot \sin(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$$

$$\text{Wellenzahl: } |\vec{k}| = k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Kreisfrequenz: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ $f = \frac{1}{T}$
Ausbreitungsgeschwindigkeit: $c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}$