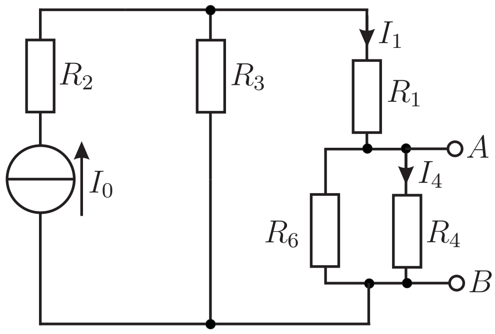
1 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20

a) I) Stromquelle I_0 betrachten, Spannungsquelle U_0 passivieren

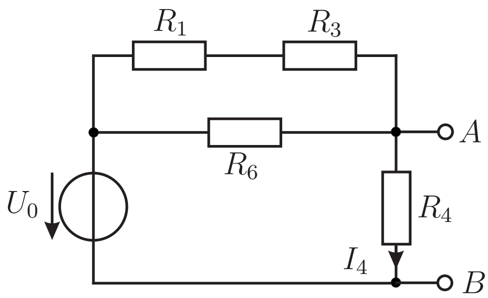


Skizze/Passivieren der Spannungsquelle (1)

$I_{4,I} = \frac{R_6}{R_4+R_6} I_1$ (1)

$I_{4,I} = \frac{R_6}{R_4+R_6} \frac{R_3}{R_3+R_1+\frac{R_4R_6}{R_4+R_6}} I_0 = \frac{R_6R_3}{(R_3+R_1)(R_4+R_6)+R_4R_6} I_0$ (1)

II) Spannungsquelle U_0 betrachten, Stromquelle I_0 passivieren



Skizze/Stromquelle passivieren (1)

$R_{Ges} = R_4 + (R_6 \| (R_1 + R_3)) = R_4 + \frac{R_6(R_1+R_3)}{R_6+R_1+R_3}$ (1)

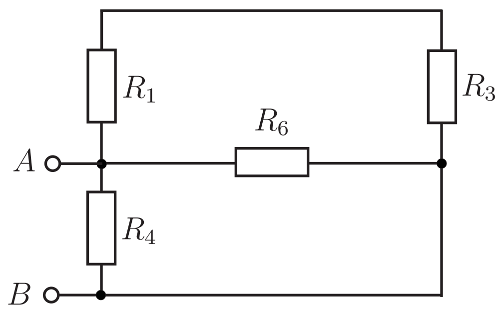
$I_{4,II} = \frac{U_0}{R_{Ges}} = \frac{U_0}{R_4+\frac{R_6(R_1+R_3)}{R_6+R_1+R_3}} = \frac{R_6+R_1+R_3}{(R_4+R_6)(R_1+R_3)+R_4R_6} U_0$ (1)

Superposition: $I_4 = I_{4,I} + I_{4,II} = \frac{R_6R_3}{(R_3+R_1)(R_4+R_6)+R_4R_6} I_0 + \frac{R_6+R_1+R_3}{(R_4+R_6)(R_1+R_3)+R_4R_6} U_0$ (1)

$I_4 = 0 \quad \equiv \quad U_0 = -\frac{R_6R_3}{R_6+R_1+R_3} I_0$ (1)

$\sum_a 8$

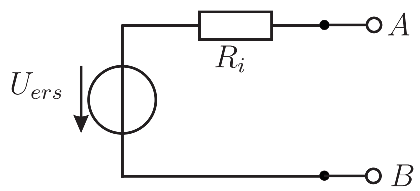
b) Innenwiderstand berechnen, alle Quellen passivieren



Skizze/Passivieren der Quellen (0,5)

$R_i = R_4 \| R_6 \| (R_1 + R_3) = \frac{R_4 R_6 (R_1+R_3)}{R_4 R_6 + (R_4+R_6)(R_1+R_3)}$ (1)

$U_{ers} = I_{4,a} R_4 = \frac{R_6 R_3 R_4}{(R_3+R_1)(R_4+R_6)+R_4 R_6} I_0 + \frac{R_4 (R_6+R_1+R_3)}{(R_4+R_6)(R_1+R_3)+R_4 R_6} U_0$ (1)



Skizze Ersatzstromquelle (0,5)

$\sum_b 3$

c) $R_i = \frac{R^2 R}{R^2 + 2R^2} = \frac{R}{3}$ (0,5)

$\eta = \frac{P_L}{P_{Ges}}$ (1)

$\eta = \frac{R_L I^2}{(R_L+R_i) I^2} = \frac{R_L}{R_L + R_i}$ (1)

$\eta R_L + \eta R_i = R_L$

$R_L = \frac{\eta}{1-\eta} R_i$ (1)

$R_L = \frac{0{,}6}{1-0{,}6} \frac{R}{3} = \frac{R}{2}$ (0,5)

$\sum_c 4$

d) Durchmesser Draht $d_D = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}} = 0,8\,\mathrm{mm}$ (0,5)

Anzahl Wicklungen $N = 2\frac{l_{Sp}}{d_D} = 2\frac{72\,\mathrm{mm}}{0{,}8\,\mathrm{mm}} = 180$ (1)

Länge einer Wicklung $l_W = \pi d_{Sp} = \pi\frac{50}{\pi}\mathrm{mm} = 50\,\mathrm{mm}$ (1)

Länge des gewickelten Drahtes $l_D = N l_W = 180 \cdot 50\,\mathrm{mm} = 9\,\mathrm{m}$ (1)

Widerstand $R = \frac{1}{\sigma}\frac{l_D}{A}$ (1)

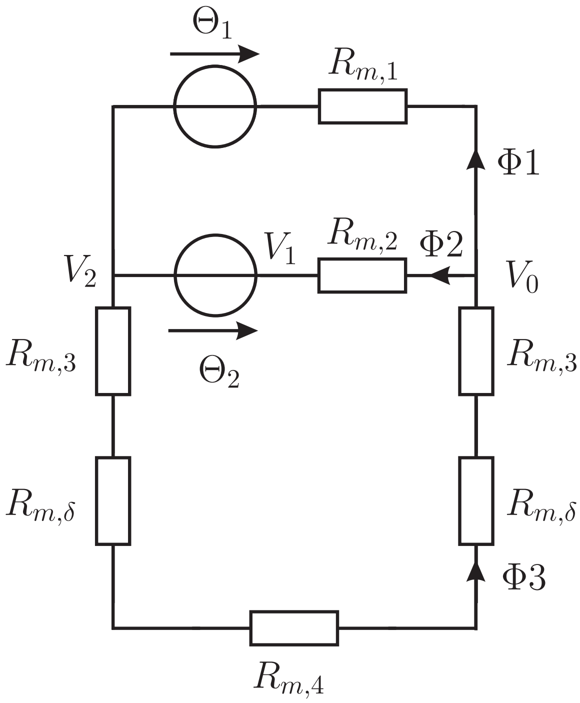
$R = \frac{1}{2}\frac{\Omega\mathrm{mm}^2}{\mathrm{m}}\frac{9\,\mathrm{m}}{0{,}16\pi\mathrm{mm}^2} \approx 9\,\Omega$ (0,5)

$\sum_d 5$

2 Magnetischer Kreis

Punkte: 19

a)



Skizze (1,5)

$R_m = \frac{l}{\mu A}$ (1)

$R_{m,1} = \frac{18a}{\mu_r \mu_0 a^2}$ (0,5)

$R_{m,2} = \frac{9a}{\mu_r \mu_0 a^2}$ (0,5)

$R_{m,3} = \frac{5a}{\mu_r \mu_0 a^2}$ (0,5)

$R_{m,4} = \frac{10a}{\mu_r \mu_0 a^2}$ (0,5)

$R_{m,\delta} = \frac{\delta}{\mu_0 a^2}$ (0,5)

$\sum_a 5$

b) Keine Kraftwirkung $\Longrightarrow$ Kein magnetischer Fluss durch den Anker (1)

$\Phi_3 = 0$ (1)

$\Phi_1 = -\Phi_2$ (1)

$V_0 = V_2$ (1)

$\Theta = N \cdot i$ (1)

$\Theta_1 = \Phi_1 R_{m,1}$, $\Theta_2 = \Phi_2 R_{m,2}$ (1)

$i_2 = -\frac{N_1 Rm,2}{N_2 R_{m,1}} i_1 = -\frac{1}{2}\frac{N_1}{N_2} i_1$ (1)

$\Phi_1 = \frac{N_1 i_1}{R_{m,1}} = \frac{N_1 i_1 \mu_0 \mu_r a}{18}$ (0,5)

$\Phi_2 = -\Phi_1 = -\frac{N_1 i_1 \mu_0 \mu_r a}{18}$ (0,5)

$\sum_b 8$

c) $\Phi_2 = 0$, $\Phi_1 = \Phi_3$ (0,5)

$\Phi_1 = \frac{\Theta_1}{R_{m,1}+2R_{m,3}+R_{m,4}+2R_{m,\delta}}$ (1)

$V_1 = V_0$ (0,5)

$\Theta = N \cdot i$

$\Theta_2 = V_2 - V_1 = (2R_{m,3} + R_{m,4} + 2R_{m,\delta})\,\Phi_1 = \frac{2R_{m,3}+R_{m,4}+2R_{m,\delta}}{R_{m,1}+2R_{m,3}+R_{m,4}+2R_{m,\delta}}\Theta_1$ (1)

$i_2 = \frac{N_1}{N_2}\frac{20a+2\mu_r\delta}{38a+2\mu_r\delta} i_1$ (1)

$\sum_c 4$

d) beim Nulldurchgang des Stromes ist die Kraftwirkung gleich Null (1)

Phasenverschiebung zwischen den Strömen der Spulen 1 und 2 (1)

$\sum_d 2$

3 Elektromagnetismus

Punkte: 22

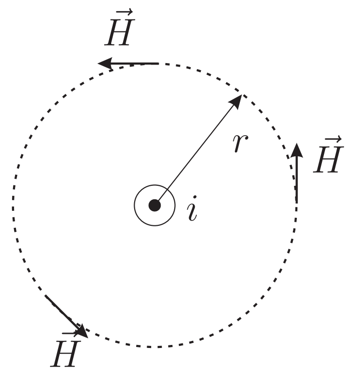
a) $\oint \vec{H} d\vec{s} = \Theta$ (1)

Übergang zu Zylinderkoordinaten: $\int_0^{2\pi} r\vec{H} d\vec{\varphi} = \Theta$ (1)

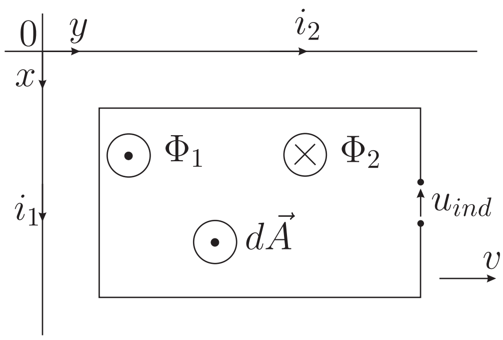
$\vec{H} \| d\vec{\varphi}$, H - konstant in einem bestimmten Abstand vom Leiter (1)

$Hr \int_0^{2\pi} d\varphi = i$

$H = \frac{i}{2\pi r}$ (1)



$\sum_a 4$



b) $B = \mu H$ (1)

$\Phi = \int \vec{B} d\vec{A}$ (1)

$\Phi_1 = \int \vec{B}_1 d\vec{A}$

$\vec{B}_1 \| d\vec{A}$ und gleich gerichtet $\quad \longrightarrow \quad \Phi_1 = \int B_1 dA$ (1)

$$\Phi_1 = \int\limits_{a+vt}^{a+l+vt} \int\limits_{a}^{a+b} \frac{\mu i_1}{2\pi y} dx dy \ (1)$$

$$\Phi_1 = \frac{\mu I_1 b}{2\pi} \ln(y)\Big|_{a+vt}^{a+l+vt} \ (1)$$

$$\Phi_1 = \frac{\mu I_1 b}{2\pi} \left(\ln(a+l+vt) - \ln(a+vt)\right) \ (1)$$

$\sum_b 6$

c) $\Phi_2 = \int \vec{B}_2 d\vec{A}$

$\vec{B}_2 \| d\vec{A}$ und entgegengesetzt gerichtet $\longrightarrow$ $\Phi_2 = -\int B_2 dA$ (1)

$$\Phi_2 = -\int\limits_{a+vt}^{a+l+vt} \int\limits_{a}^{a+b} \frac{\mu i_2}{2\pi x} dx dy \ (1)$$

$$\Phi_2 = -\frac{\mu I_2 \sin(\omega t) l}{2\pi} \ln(x)\Big|_{a}^{a+b} \ (1)$$

$$\Phi_2 = -\frac{\mu I_2 \sin(\omega t) l}{2\pi} \left(\ln(a+b) - \ln(a)\right) \ (1)$$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 = \frac{\mu I_1 b}{2\pi} \ln\left(\frac{a+l+vt}{a+vt}\right) - \frac{\mu I_2 \sin(\omega t) l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \ (1)$$

$\sum_c 5$

d) $u_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$ (1)

$$u_{ind} = -\left(\frac{\mu I_1 b}{2\pi} \frac{d}{dt} \left(\ln(a+l+vt) - \ln(a+vt)\right) - \frac{\mu I_2 l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \frac{d}{dt} \sin(\omega t)\right) \ (1)$$

$$u_{ind} = -\left(\frac{\mu I_1 b}{2\pi} \left(\frac{v}{a+l+vt} - \frac{v}{a+vt}\right) - \frac{\mu I_2 l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \omega \cos(\omega t)\right) \ (1)$$

$$u_{ind} = \frac{\mu I_1 b}{2\pi} \frac{lv}{(a+vt)(a+l+vt)} + \frac{\mu I_2 \omega \cos(\omega t) l}{2\pi} \ln\left(\frac{a+b}{a}\right) \ (1)$$

$\sum_d 4$

e) das Magnetfeld ist quellenfrei (1)

$$Q = \oint\limits_A \vec{D} \cdot \mathrm{d}\vec{A} \ (1)$$

elektrische Ladungen sind die Quellen des elektrischen Feldes (1)

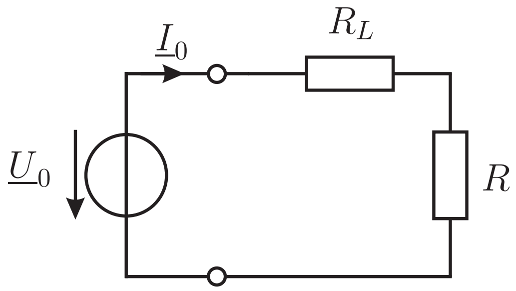
je Zeile 1 Punkt

$\sum_e 3$

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 20

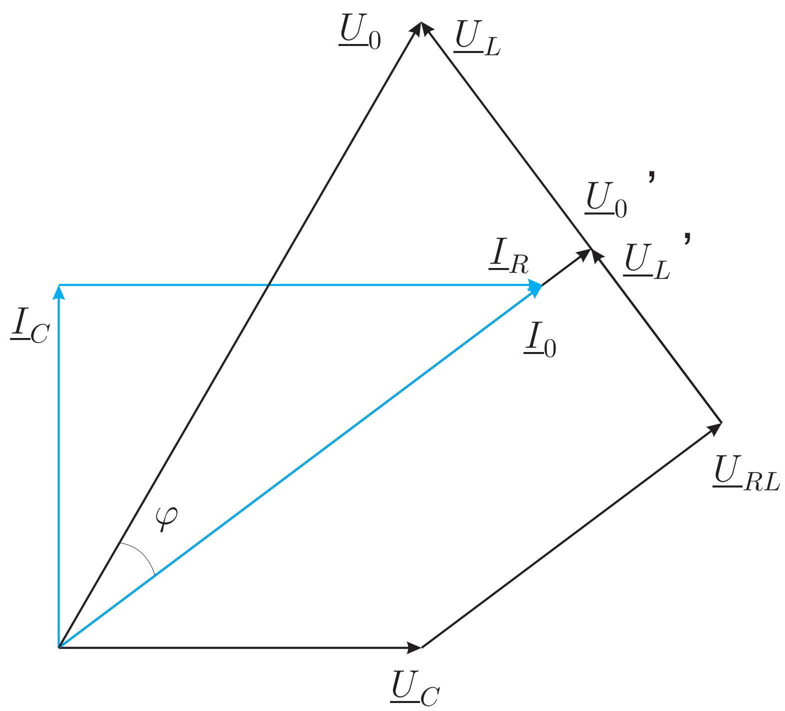
a) bei Gleichstrom: L - Kurzschluss, C - Leerlauf (oder entsprechende Skizze) (1)



$R_L + R = \frac{U_0}{I_0}$ (1)

$R_L = \frac{U_0}{I_0} - R = \frac{13.7\,\mathrm{V}}{0.1\,\mathrm{A}} - 75\,\Omega = 62\,\Omega$ (1)

$\sum_a 3$



b) Zeichnen $U_C = 300\,\mathrm{V} \mathrel{\widehat{=}} 6\,\mathrm{cm}$

Zeichnen $I_C = U_C \omega C = 300\,\mathrm{V} \cdot 1\,\mathrm{kHz} \cdot 10\,\mu\mathrm{F} = 3\,\mathrm{A} \mathrel{\widehat{=}} 6\,\mathrm{cm}$ (1)

Zeichnen $I_R = \frac{U_C}{R} = \frac{300\,\text{V}}{75\,\Omega} = 4\,\text{A} \mathrel{\widehat{=}} 8\,\text{cm}$ (1)

Ablesen I_0 – $10\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 5\,\text{A}$ (1)

Zeichnen $U_{RL} = I_0 R_L = 5\,\text{A} \cdot 62\,\Omega = 310\,\text{V} \mathrel{\widehat{=}} 6.2\,\text{cm}$ (1)

Zeichnen $U_L = I_0 \omega L = 5\,\text{A} \cdot 1\,\text{kHz} \cdot 83\,\text{mH} = 415\,\text{V} \mathrel{\widehat{=}} 8.3\,\text{cm}$ (1)

Ablesen U_0 – $12\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 600\,\text{V}$ (1)

$\sum_b 6$

c) induktiv (Spannung vor Strom) (1)

$\phi = 23°$ (1)

$\sum_c 2$

d) Ablesen U_L' – $3.6\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 180\,\text{V}$ (1)

$L = \frac{U_L'}{\omega I_0} = \frac{180\,\text{V}}{1\,\text{kHz} \cdot 5\,\text{A}} = 36\,\text{mH}$ (1)

$\sum_d 2$

e) $\frac{1}{\underline{Z}_{RC}} = j\omega C + \frac{1}{R}$

$\underline{Z}_{RC} = \frac{R}{1+j\omega RC} = \frac{R(1-j\omega RC)}{1+(\omega RC)^2}$ (1)

$\underline{Z} = R + j\omega L + \frac{R(1-j\omega RC)}{1+(\omega RC)^2}$ (1)

$\sum_e 2$

f) Serienschwingkreis (1)

Resonanzfrequenz wird durchgelassen (1)

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (1)

$\sum_f 3$

g) $Z_L = \omega L$ wird kleiner, $Z_C = \frac{1}{\omega C}$ wird größer (1)

kapazitives Verhalten (1)

$\sum_g 2$

5 Kondensatornetzwerk

Punkte: 19

a) C_1 in Reihe zu C_2, $Q_1 = Q_2$ (1)

$Q = C \cdot U$ (1)

$C_1 U_1 = C_2 U_2 = \frac{2}{3} C_2 U_1$

$C_2 = \frac{3}{2} C_1 = 6\,\mu\text{F}$ (1)

$C_{G1} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ (1)

$C_{G1} = 2.4\,\mu\text{F}$ (1)

$\sum_a 5$

b) $i_{CG1} = C_{G1} \frac{du_{CG1}}{dt}$ (1)

$i_{CG1} + i_{R1} = I_0$ (1)

$i_{R1} = \frac{u_{R1}}{R_1} = \frac{u_{CG1}}{R_1}$ (1)

$I_0 - \frac{u_{CG1}}{R_1} = C_{G1} \frac{du_{CG1}}{dt}$

$R_1 C_{G1} \frac{du_{CG1}}{dt} + u_{CG1} = R_1 I_0$ (1)

$\sum_b 4$

c) $U_{C1} = 0$ (Kondensator entlädt sich über Widerstand R_2) (1)

für C_2 gilt Prinzip der Ladungserhaltung $Q_{t1} = Q_{t2}$ (1)

$Q_{t1} = Q_{C2} = Q_{CG1} = C_{G1} U_{CG1} = C_{G1} I_0 R_1$ (1)

$Q_{t1} = 2.4\,\mu\text{F} \cdot 0.25\,\text{mA} \cdot 200\,\text{k}\Omega = 0.12\,\text{mC}$ (1)

$Q_{t2} = (C_2 + C_3) U_{C2}$ (1)

$U_{C2} = U_{C3} = \frac{Q_{t1}}{C_2 + C_3} = \frac{0.12\,\text{mC}}{6\,\mu\text{F} + 14\,\mu\text{F}} = 6\,\text{V}$ (1)

$\sum_c 6$

d) $W_{t1} = \frac{1}{2} Q_{t1} U_{CG1} = \frac{1}{2} \cdot 0.12\,\mathrm{mC} \cdot 50\,\mathrm{V} = 3\,\mathrm{mWs}$ (1-Formel, 1-Ergebnis)

$W_{t2} = \frac{1}{2} Q_{t2} U_{C2} = \frac{1}{2} \cdot 0.12\,\mathrm{mC} \cdot 6\,\mathrm{V} = 0.36\,\mathrm{mWs}$ (1-Ergebnis)

Entladung des Kondensators C_1 über Widerstand R_2 (0,5)

HF-Strahlung (Umladung zwischen C_2 und C_3) (0,5)

$\sum_d 4$