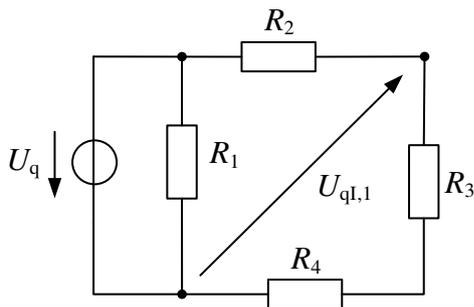


Wiederholungsklausur

Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

Lösung 1:

Wirkung der Spannungsquelle U



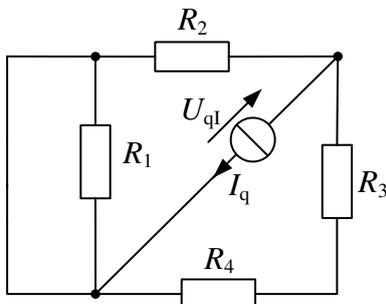
$$I_{R2,1} = \frac{U}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{10V}{2\Omega + 3\Omega + 5\Omega} = 1A$$

(1P für korrekte Formel abgeleitet von ESB) (1P)

$$U_{qI,1} = I_{R2,1} \cdot R_2 - U_q = 1A \cdot 2\Omega - 10V = -8V$$

(1P für korrekte Formel und 1P für Ergebnis) (2P)

Wirkung der Stromquelle I



$$I_{R2,2} = \frac{R_2 \parallel (R_4 + R_3)}{R_2} I_q = \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_2 \cdot (R_2 + R_3 + R_4)} I$$

(1P für korrekte Formel abgeleitet von ESB; 1P für richtiges Ergebnis) (2P)

$$I_{R2,2} = \frac{3\Omega + 5\Omega}{2\Omega + 3\Omega + 5\Omega} \cdot 3A = 2,4A$$

(0,5P Abzug beim Vorzeichenfehler) (1P)

$$U_{qI,2} = I_{R2,2} \cdot R_2 = 2,4A \cdot 2\Omega = 4,8V$$

Die gesuchten Größen (Superposition)

$$U_{qI} = U_{qI,1} + U_{qI,2} = -8V + 4,8V = -3,2V$$

(Folgefehler berücksichtigen) (1P)

Lösung 2:a) *Ersatzspannungsquelle*

$$R_{par} = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_3 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = 2,5\Omega \quad (0,5P)$$

Strom durch den Widerstand I_4

$$I_4 = \frac{R_{par}}{R_2 + R_3 + R_4} I_q = 833,33\text{mA} \quad (0,5P)$$

Leerlaufspannung:

$$U_{ab} = I_4 \cdot R_4 = 5V \quad (1P)$$

Innenwiderstand:

$$R_i = \frac{R_4 \cdot (R_1 + R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = 4\Omega \quad (2P)$$

b) *Leerlaufleistung*

$$P_{leer} = I_4^2 \cdot (R_2 + R_3 + R_4) + (I_q - I_4)^2 \cdot R_1 = 62,5W \quad (2P)$$

c) *Laststrom*

$$I_L = \frac{U_{ab}}{R_i + R_L} = 454,54\text{mA} \quad (1P)$$

Lösung 3:*a) Kapazität C*

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{\frac{1}{8}d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{250 \text{mm}^2}{\frac{1}{8} \cdot 0,5 \text{mm}} = 35,4 \text{pF} \quad (\text{mit Luft}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_r = \varepsilon_r \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{\frac{7}{8}d} = 15 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{250 \text{mm}^2}{\frac{7}{8} \cdot 0,5 \text{mm}} = 75,86 \text{pF} \quad (\text{mit Dielektrikum}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_{ges} = \frac{C_0 \cdot C_r}{C_0 + C_r} = 24,14 \text{pF} \quad (1\text{P})$$

b) Ladung Q

$$Q_{vor} = U_C \cdot C_{ges} = 4,83 \text{nC} \quad (0,5\text{P})$$

$$Q_{nach} = U'_C \cdot C_{ges} = 2,9 \text{nC} \quad (0,5\text{P})$$

$$\Delta Q = Q_{vor} - Q_{nach} = 1,93 \text{nC} \quad (1\text{P})$$

c) Energie

$$W_{vor} = \frac{1}{2} C_{ges} \cdot U^2 = 482,7 \text{ nJ} \quad (0,5\text{P})$$

$$W_{nach} = \frac{1}{2} C_{ges} \cdot (U')^2 = 173,8 \text{ nJ} \quad (0,5\text{P})$$

$$\Delta W = W_{vor} - W_{nach} = 308,9 \text{ nJ} \quad (1\text{P})$$

Lösung 4:

a) Ersatzschaltbild

$$R_{m,FE} = \frac{l_{FE}}{\mu_0 \cdot \mu_{r,FE} \cdot A_{FE}} \quad R_{m,\sigma} = \frac{l_\sigma}{\mu_0 \cdot A_\sigma} \quad (\text{richtige Formeln}) \quad (1P)$$

$$A_\sigma = A_{FE}$$

$$\begin{aligned} \frac{R_{m,FE}}{R_{m,\sigma}} &= \frac{l_{FE} \cdot A_\sigma}{l_\sigma \cdot A_{FE}} \cdot \frac{1}{\mu_{r,FE}} = \frac{\left(\frac{b}{2} + d + \frac{b}{2}\right)}{\delta_1} \cdot \frac{1}{\mu_{r,FE}} \\ &= \frac{(5 \text{ cm} + 3 \text{ cm})}{0,1 \text{ cm}} \cdot \frac{1}{5000} = \frac{8 \text{ cm}}{0,1 \text{ cm}} \cdot \frac{1}{5000} \\ &= 0,016 \end{aligned} \quad (\text{richtiges Ergebnis}) \quad (1P)$$

$$R_{m,FE} \ll R_{m,\sigma}$$

b) Berechnung der Feldstärke H_{δ_1}

$$H_{\sigma_1} = \frac{B_1}{\mu_0} = \frac{0,7 \text{ T}}{4\pi \cdot \frac{10^{-7} \text{ Vs}}{\text{Am}}} = 557 \text{ kA/m} \quad (1P \text{ richtige Gleichung} + \text{Ergebnis}) \quad (1P)$$

c) Berechnung der magnetischen Flussdichte B_2

$$\phi = B_1 \cdot b^2 = 0,7 \text{ T} \cdot (30 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 = 6,3 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$$

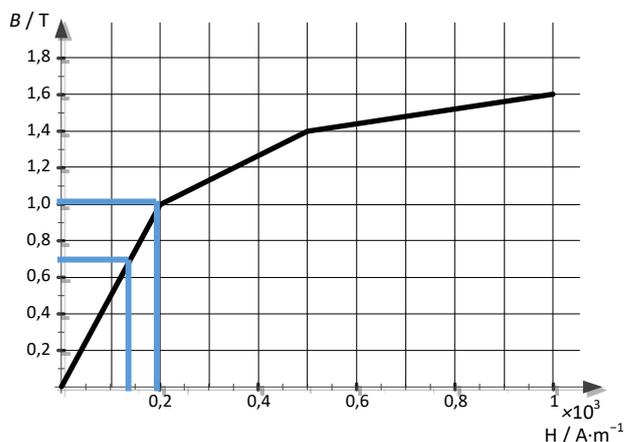
$$B_2 = \frac{\phi}{c \cdot b} = \frac{6,3 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}}{20 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \text{ m}} = 1,05 \text{ T} \quad (1P \text{ richtige Gleichung} + \text{Ergebnis}) \quad (1P)$$

c) Berechnung des Stroms

$$H_{\sigma_2} = \frac{B_2}{\mu_0} = \frac{1,05 \text{ T}}{4\pi \cdot \frac{10^{-7} \text{ Vs}}{\text{Am}}} = 836 \text{ kA/m}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{H_{\sigma_1} \cdot l_{\sigma_1} + H_{\sigma_2} \cdot l_{\sigma_2}}{N} \\ &= \frac{557 \frac{\text{kA}}{\text{m}} \cdot 1 \cdot 10^{-3} \text{ m} + 836 \text{ kA/m} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{100} \\ &= 22,29 \text{ A} \end{aligned} \quad (1P \text{ Gleichung} + \text{Ergebnis korrekt}) \quad (1P)$$

c) Bestimmung der Feldstärken



$$H_{FE,2} = 0,2 \text{ kA/m}$$

$$H_{FE,1} = 0,14 \text{ kA/m}$$

Der 2. Schenkel ist aufgrund der höheren Flussdichte aufgrund der geringeren Fläche kritischer, da bei weiterer Erhöhung des Flusses die Permeabilität des Kerns bis zur Sättigung weiter absinkt, bevor der 1. Schenkel in die Sättigung kommt.

(Für beide Feldstärken korrekt) (1P)

(Für Begründung und Schenkelwahl) (1P)

Lösung 5:

a) Bestimmung von R_a und R_f

$$P_{el,N} = P_a + P_f = U_{a,N} \cdot I_{a,N} + I_f \cdot U_f = 540 \text{ W}$$

$$U_f = \frac{P_{el,N} - U_{a,N} \cdot I_{a,n}}{I_f} = \frac{540 \text{ W} - 50 \text{ V} \cdot 10 \text{ A}}{2 \text{ A}} = 20 \text{ V}$$

(für Ansatz und Ermittlung der Verlustleistung oder Erregerspannung) (1P)

$$P_a = U_{a,N} \cdot I_{a,N} = 50 \text{ V} \cdot 10 \text{ A} = 500 \text{ W}$$

$$P_f = P_{V,f} = P_{el,N} - P_a = 540 \text{ W} - 500 \text{ W} = 40 \text{ W}$$

$$R_f = \frac{P_f}{(I_f)^2} = \frac{40 \text{ W}}{4 \text{ A}^2} = 10 \Omega$$

(richtiges Ergebnis für R_f) (1P)

$$R_f = \frac{U_f}{I_f} = \frac{20 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 10 \Omega$$

$$P_{V,a} = 1,7 \cdot P_f = 1,7 \cdot 40 \text{ W} = 68 \text{ W}$$

(1P richtige Lösung) (1P)

$$R_a = \frac{P_{V,a}}{I_{a,N}^2} = \frac{68 \text{ W}}{(10 \text{ A})^2} = 0,68 \Omega$$

b) Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_N - (P_{V,a} + P_{V,f})}{P_N} = \frac{540 \text{ W} - 108 \text{ W}}{540 \text{ W}} = 0,8$$

(1P)

c) Maschinenkonstante

$$U_i = \frac{P_{mech,n}}{I_{a,n}} = \frac{\eta \cdot P_{el,N}}{I_{a,n}} = \frac{0,8 \cdot 540 \text{ W}}{10 \text{ A}} = 43,2 \text{ V}$$

$$n_N = \frac{P_{mech,n}}{M_N \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{432 \text{ W}}{12 \text{ Nm} \cdot 2 \cdot \pi} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 344 \frac{1}{\text{min}}$$

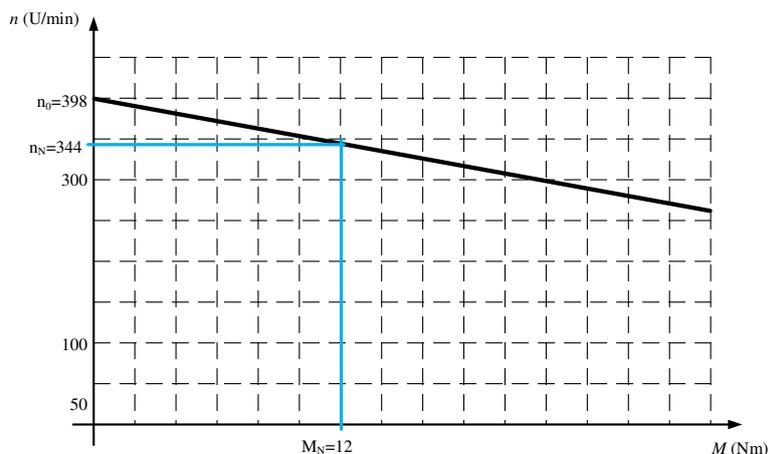
(Für U_i und Nenngrehzahl; auch wenn direkt in Endgl. eingesetzt) (1P)

$$k\Phi = \frac{U_i}{n_n} = 7,54 \text{ Vs}$$

(1P richtige Gleichung + Lösung) (1P)

d) Kennlinie Zeichnen

$$n_0 = \frac{U_{a,n}}{k\Phi} = \frac{50 \text{ V}}{7,54 \text{ Vs}} \cdot 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} = 398 \frac{1}{\text{min}}$$



(Bestimmung/ Benennung der signifikanten Punkte (Nenn- und Leerlauf) + Zeichnung) (2P)

Lösung 6:

a) Impedanz

$$\underline{Z}_{C1} = \frac{1}{j2\pi f C_1} = -j31,83\Omega \quad (0,5P)$$

$$\underline{Z}_{C2} = \frac{1}{j2\pi f C_2} = -j63,66\Omega \quad (0,5P)$$

$$\underline{Y}_{C2} = \frac{1}{\underline{Z}_{C2}} = j15,7\text{mS}$$

$$\underline{Y}_{par} = \underline{Y}_{C2} + \frac{1}{R} = j15,7\text{mS} + 20\text{mS} = 25,43\text{mS} \cdot e^{j38,13^\circ} \quad (0,5P)$$

$$\underline{Z}_{par} = \frac{1}{\underline{Y}_{par}} = 39,32\Omega \cdot e^{-j38,13^\circ} = 30,92\Omega - j24,28\Omega \quad (0,5P)$$

$$\underline{Z}_{ges} = \underline{Z}_{C1} + \underline{Z}_{par} = 30,92\Omega - j56,12\Omega = 64,07\Omega \cdot e^{-j61,1^\circ} \quad (0,5P)$$

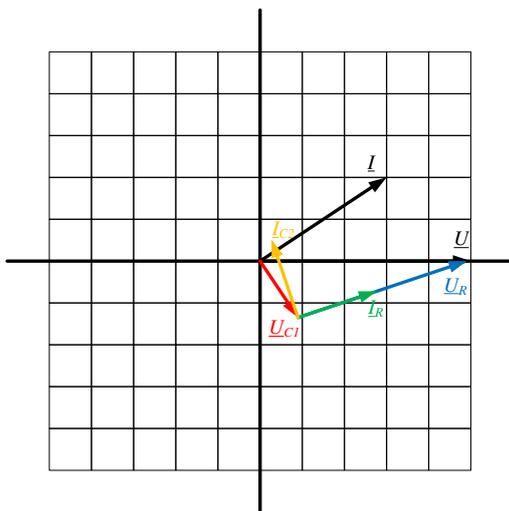
$$\underline{I} = \frac{U}{\underline{Z}_{ges}} = 3,59\text{A} \cdot e^{j61,1^\circ} = 1,73\text{A} + j3,14\text{A} \quad (0,5P)$$

b) Wirk- und Blindleistung

$$P = \Re(U \cdot I^*) = 398,451\text{W} \quad (1P)$$

$$Q = \Im(U \cdot I^*) = -723,06\text{W} \quad (1P)$$

c) Zeichnung

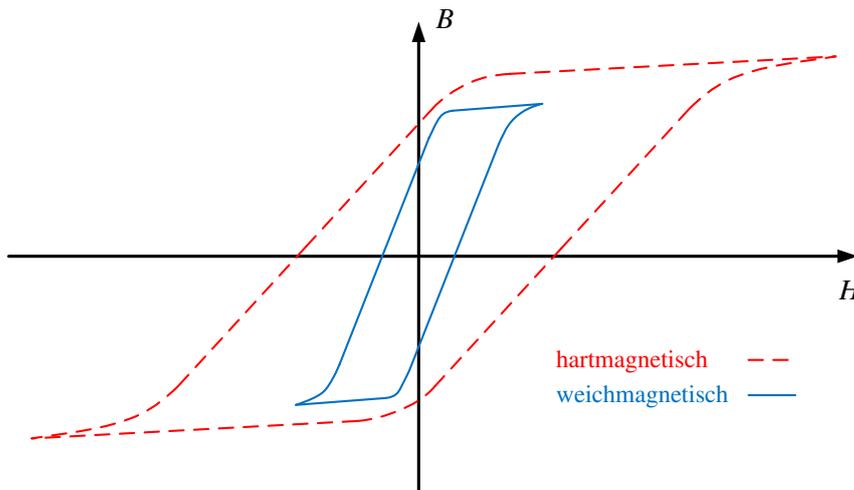


Jeder Strom- und
Spannungszeiger (2P)
0,5P

- U_{C1} eilt I um 90° nach.
- U_R zusammen mit U_{C1} die Spannung U über Vektorsumme bilden.
- I_R steht in Phase (0°) zu U_R .
- I_{C2} eilt U_R um 90° vor.

Lösung 7:

a) a) Hysteresekurven



(Punkte für beide Kennlinien nicht einzeln bewerten) (1P)

b) Nennen Sie eine Eigenschaft eines idealen Operationsverstärkers

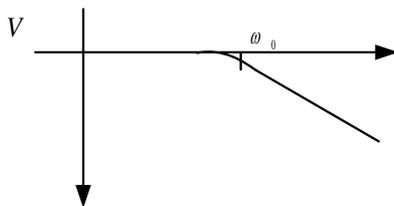
(1P)

- $I_E \approx 0 A$
- $V_{gain} \rightarrow \infty$

c) Zeichnen Sie qualitativ den Amplitudengang eines Tiefpasses. Wie groß ist die Dämpfung bei der Grenzfrequenz?

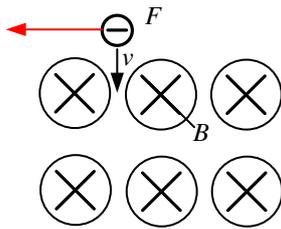
(1P)

$$V(\omega_0) = -3db = 0,707$$



d) In welche Richtung wird das Elektron im nächsten Bild durch die Lorentzkraft abgelenkt?

(1P)



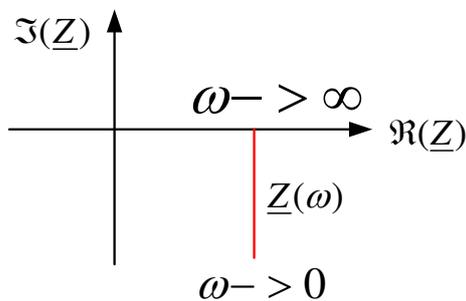
- e) In eine Luftspule mit der Induktivität L_σ wird ein Eisenkern eingebracht. Wie verändert sich qualitativ der Induktivitätswert? (1P)

$$L_\sigma < L_{FE}$$

- f) Welche Feldlinien beschreiben bei der Betrachtung von elektrischen und magnetischen Feldern immer eine geschlossene Kurve? (1P)

- Das Magnetfeld ist ein quellenfreies Wirbelfeld und hat damit immer geschlossene Feldlinien.

- g) Zeichnen Sie qualitativ die Ortskurve $\underline{Z}(\omega)$ von $\omega = 0 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ bis $\omega \rightarrow \infty$ einer Reihenschaltung aus einem ohmschen Widerstand R und einem Kondensator C ? Fügen Sie die Achsenbeschriftung ein. (1P)



- h) Zeichnen Sie zu dem vorgegebenen Spannungszeiger \underline{U} den Stromzeiger \underline{I} bei einer ohmsch-induktiven Last? (1P)

