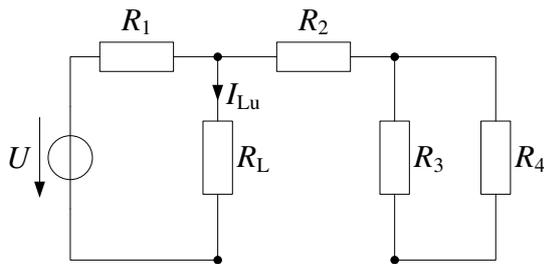


Klausur

Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

Lösung 1:

Wirkung der Spannungsquelle U

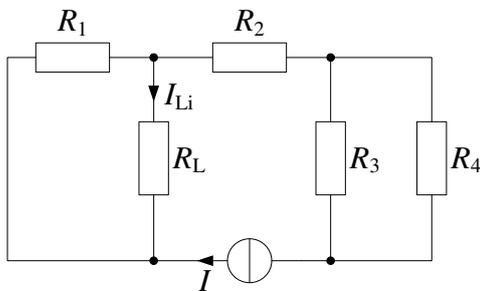


(Wenn Ergebnis korrekt ohne Zeichnung, den 1P trotzdem geben.) (1P)

$$I_{Lu} = \frac{U}{R_1 + R_L} = \frac{15V}{4\Omega + 1\Omega} = 3A$$

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

Wirkung der Stromquelle I



(Wenn Ergebnis korrekt ohne Zeichnung, den 1P trotzdem geben.) (1P)

$$I_{Li} = -\frac{R_1 \parallel R_L}{R_L} I = -\frac{R_1}{R_1 + R_L} I$$

$$I_{Li} = -\frac{4\Omega}{4\Omega + 1\Omega} 5A = -4A$$

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

(0,5P Abzug beim Vorzeichenfehler)

Die gesuchten Größen (Superposition)

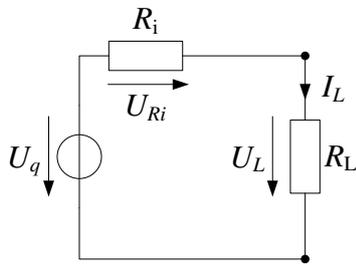
$$I_L = I_{Lu} + I_{Li} = 3A - 4A = -1A$$

(Folgefehler berücksichtigen) (1P)

Lösung 2:

a) Innenwiderstand R_i

Ersatzschaltbild



(Wenn Ergebnis korrekt ohne Zeichnung, den 1P trotzdem geben.) (1P)

Leerlaufspannung $U_q = 20V$, $U_L = 18V$ bei 10Ω

$$I_L = \frac{U_L}{R_L} = \frac{18V}{10\Omega} = 1,8A \quad (1P)$$

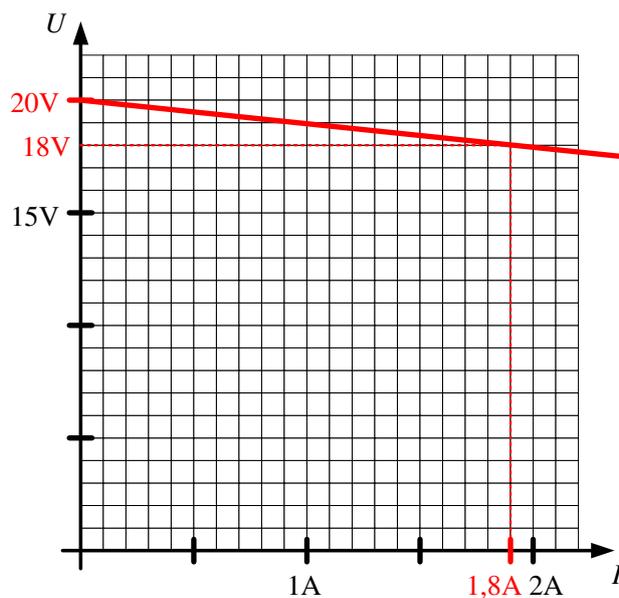
$$U_{Ri} = U_q - U_L = I_L R_i$$

$$\Leftrightarrow R_i = \frac{U_q - U_L}{I_L} = \frac{20V - 18V}{1,8A} = 1,11\Omega \quad (1P)$$

b) Klemmenspannung

$$U_L = \frac{R_L}{R_i + R_L} \cdot 20V = \frac{17\Omega}{18,11\Omega} \cdot 20V = 18,77V \quad (Folgefehler berücksichtigen) \quad (1P)$$

c) U-I-Kennlinie



(Leerlaufpunkt 20V – 1P) (2P)
(Last 18V, 1,8A – 1P)

Lösung 3:a) Kapazität C

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{\frac{2}{3}d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{200\text{mm}^2}{0,8\text{mm}} = 2,2\text{pF} \quad (\text{mit Luft}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_r = \varepsilon_r \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{\frac{1}{3}d} = 4 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{200\text{mm}^2}{0,4\text{mm}} = 17,7\text{pF} \quad (\text{mit Dielektrikum}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_{ges} = \frac{C_0 \cdot C_r}{C_0 + C_r} = 1,97\text{pF} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

b) Ladung Q

$$Q = U \cdot C_{ges} = 9,83\text{pC} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

c) Spannung U_C

Neuer Kapazitätswert:

$$C'_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{(d_2 - d_\varepsilon)} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{200\text{mm}^2}{0,4\text{mm}} = 4,4\text{pF} \quad (0,5\text{P})$$

$$C'_{ges} = \frac{C'_0 \cdot C_r}{C'_0 + C_r} = 3,54\text{pF} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

Ladung Q konstant:

$$U' = \frac{Q}{C'_{ges}} = \frac{9,83\text{pC}}{3,54\text{pF}} = 2,78\text{V} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

d) Freigesetzte Energie ΔW

Energie vorher:

$$W = \frac{1}{2} C_{ges} \cdot U^2 = \frac{1}{2} 1,97\text{pF} \cdot 25\text{V}^2 = 24,6\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

Energie nachher:

$$W' = \frac{1}{2} C'_{ges} \cdot (U')^2 = \frac{1}{2} 3,54\text{pF} \cdot (2,78\text{V})^2 = 13,67\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

$$\Delta W = |W' - W| = 10,93\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

Lösung 4:

a) Bestimmung von $k\phi$

$$n_0 = 4000 \frac{\text{U}}{\text{min}} \quad (\text{aus der Kennlinie korrekt abgelesen}) \quad (1\text{P})$$

$$k\phi = \frac{U_A}{n_0} = \frac{30\text{V}}{4000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}}} = 0,45\text{Vs} \quad (1\text{P})$$

b) Ankerwiderstand R_A

**Wahl des geeigneten Betriebspunkt:
Bei $M_B=400\text{Nmm}$ und $n_B=3000\text{U/min}$**

(Andere Betriebspunkte zulässig, Folgerechnung berücksichtigen) (1P)

$$n_B = n_0 - \frac{2\pi R_A}{(k\phi)^2} M_B$$

$$R_A = \frac{(n_0 - n_B)(k\phi)^2}{2\pi M_B} = \frac{1000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}} (0,45\text{Vs})^2}{2\pi \cdot 400\text{Nmm}} = 1,343\Omega$$

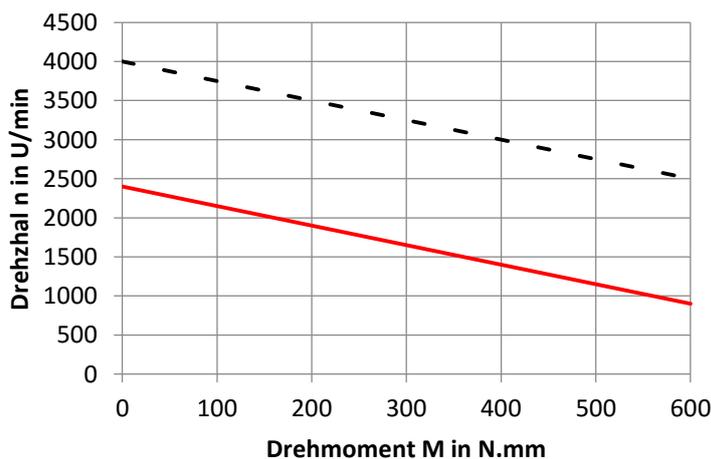
(Folgefehler berücksichtigen) (2P)

c) Neue Leerlaufdrehzahl

$$n_0 = \frac{U_A}{k\phi} = \frac{18\text{V}}{0,45\text{Vs}} = 2400 \frac{\text{U}}{\text{min}}$$

(Leerlaufpunkt korrekt berechnet und gezeichnet) (1P)

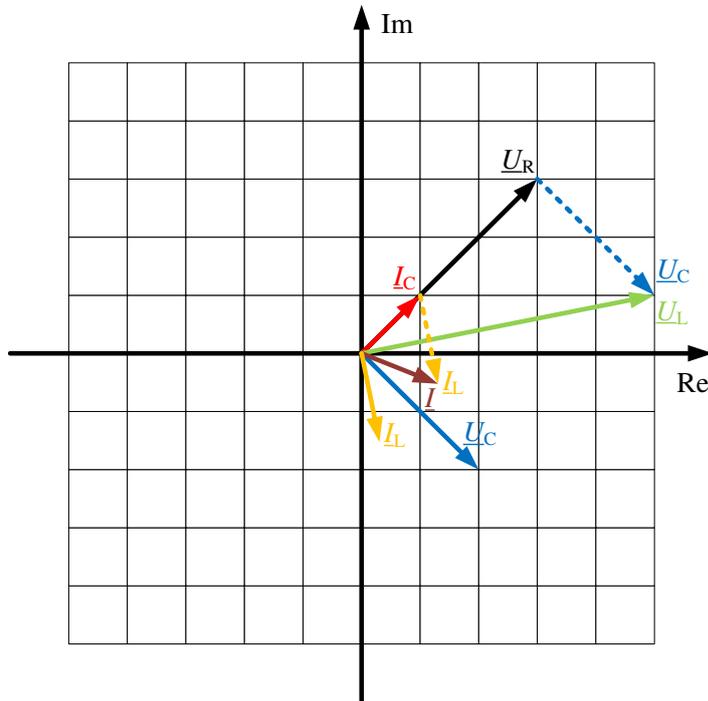
M-n-Kennlinie



(Parallel zu 30V Kennlinie gezeichnet) (1P)

Lösung 5:

a) Zeigerdiagramme



Strom \underline{I}_C : (0,5P)
 \underline{U}_R und \underline{I}_C in Phase (Länge von \underline{I}_C beliebig)

Spannung \underline{U}_C : (0,5P)
 \underline{U}_C 90° nacheilend gegenüber \underline{I}_C (Länge von \underline{U}_C beliebig)

Spannung \underline{U}_L : (0,5P)
 Vektorielle Summe von \underline{U}_R und \underline{U}_C

Strom \underline{I}_L : (0,5P)
 \underline{I}_L 90° nacheilend gegenüber \underline{U}_L (Länge von \underline{I}_L beliebig)

Strom \underline{I} : (1P)
 Vektorielle Summe von \underline{I}_C und \underline{I}_L

b) Ersatzimpedanz \underline{Z}_e

$$\underline{Z}_e = \underline{Z}_L \parallel \underline{Z}_C$$

$$\underline{Z}_L = j\omega L = j500\text{s}^{-1} \cdot 10\text{mH} = j5\Omega = 5\Omega \cdot e^{j90^\circ} \quad (0,5P)$$

$$\underline{Y}_L = \frac{1}{\underline{Z}_L} = -j0,2\text{S} = 0,2\text{S} \cdot e^{-j90^\circ} \quad (0,5P)$$

$$\underline{Z}_C = R_2 + \frac{1}{j\omega C} = 3\Omega - j\frac{1}{500\text{s}^{-1} \cdot 500\mu\text{F}}$$

$$\underline{Z}_C = 3\Omega - j4\Omega = 5\Omega \cdot e^{-j53,13^\circ} \quad (0,5P)$$

$$\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C} = 0,2S \cdot e^{j53,13^\circ} = 0,12S + j0,16S \quad (0,5P)$$

$$\underline{Y}_e = \frac{1}{\underline{Z}_e} = \underline{Y}_L + \underline{Y}_C = 0,12S - j0,04S = 0,1265S \cdot e^{-j18,43^\circ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5P)$$

$$\underline{Z}_e = 7,9057\Omega \cdot e^{j18,43^\circ} = 7,5\Omega + j2,5\Omega \quad (0,5P)$$

c) Blindleistungskompensation

$$\underline{Y}_e = \underline{Y}_L + \underline{Y}_C$$

Bedingung für eine Kompensation:

$$\text{Im}(\underline{Y}_e) = 0 \quad (1P)$$

$$\text{Im}(\underline{Y}_e) = \text{Im}(\underline{Y}_C) + \text{Im}(\underline{Y}_L) = 0,16S - \frac{1}{\omega L} = 0 \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (2P)$$

$$L = \frac{1}{\omega \cdot 0,16S} = \frac{1}{500\text{s}^{-1} \cdot 0,16S} = 12,5\text{mH} \quad (1P)$$

Lösung 6:

a) Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{200\mu\text{H} \cdot 750\text{nF}}} = 12995\text{Hz} \approx 13\text{kHz} \quad (1\text{P})$$

b) Widerstand R

$$U_C = \frac{\hat{u}_C}{\sqrt{2}} = \frac{15\text{V}}{\sqrt{2}} = 10,61\text{V} \quad \begin{array}{l} \text{(Falls mit Spitzen-} \\ \text{spannung gerechnet} \\ \text{wird, Punkt für Be-} \\ \text{rechnung von } \hat{u} \text{ ge-} \\ \text{ben)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{10,61\text{V}}{5\text{V}} = 2,1213 \quad \begin{array}{l} \text{(Folgefehler berücksichtigen)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

$$R = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2,1213} \sqrt{\frac{200\mu\text{H}}{750\text{nF}}} = 7,7\Omega \quad \begin{array}{l} \text{(Folgefehler berücksichtigen)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

c) Impedanz im Resonanzfall

Die Reaktanz ist im Resonanzfall gleich Null:

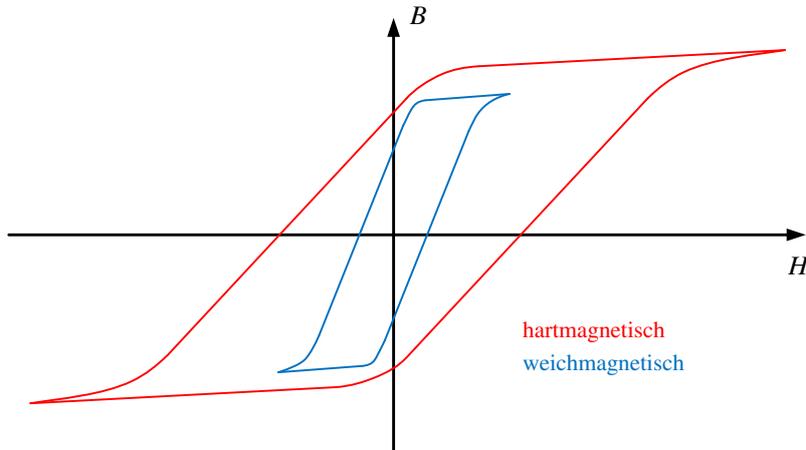
$$\underline{Z} = R = 7,7\Omega \quad \begin{array}{l} \text{(ohne Zahlenwert} \\ \text{auch korrekt)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

d) Strom I im Resonanzfall

$$I = \frac{U}{R} = \frac{5\text{V}}{7,7\Omega} = 649,5\text{mA} \quad \begin{array}{l} \text{(Folgefehler berücksichtigen)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

Lösung 7:

a) Hysteresekurven



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

b) OPV

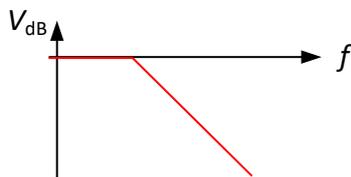
$$R_e \rightarrow \infty$$

$$R_a = 0$$

$$V \rightarrow \infty$$

(Eine Eigenschaft 0,5P-max. 1P) (1P)

c) Amplitudengang eines Tiefpasses



(1P)

Verstärkung bei der Grenzfrequenz: -3dB

(Minuszeichen vergessen, 0,5P Abzug) (1P)

d) Effektivwert

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \left(U^2 \cdot \frac{T}{2} + \left(\frac{U}{2} \right)^2 \cdot \frac{T}{2} \right)}$$

(Formel korrekt) (1P)

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{2} \left(U^2 + \frac{1}{4} U^2 \right)} = \sqrt{\frac{5}{8} U^2} = \frac{\sqrt{5}}{2\sqrt{2}} U = 0,79 \cdot U$$

(Endergebnis) (1P)

e) Schleusenspannung

$$0,6 - 0,7V$$

(1P)