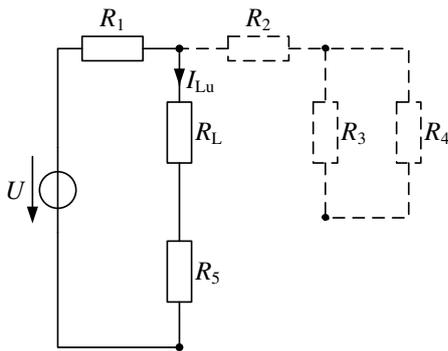


## Klausur

### Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

#### Lösung 1:

##### Wirkung der Spannungsquelle $U$

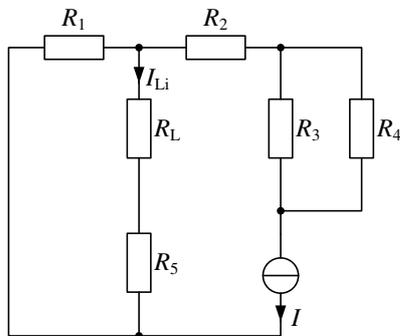


(Wenn Ergebnis korrekt ohne  
Zeichnung, den 1P trotzdem  
geben.) (1P)

$$I_{Lu} = \frac{U}{R_1 + R_5 + R_L} = \frac{28V}{4\Omega + 2\Omega + 1\Omega} = 4A$$

(1P für korrekte Formel abge-  
leitet von ESB; 1P für richtiges  
Ergebnis) (2P)

##### Wirkung der Stromquelle $I$



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

$$I_{Li} = -\frac{R_1 \parallel (R_5 + R_L)}{R_5 + R_L} I = -\frac{R_1}{R_1 + R_5 + R_L} I$$

$$I_{Li} = -\frac{4\Omega}{4\Omega + 2\Omega + 1\Omega} 3,5A = -2A$$

(1P für korrekte Formel abge-  
leitet von ESB; 1P für richtiges  
Ergebnis) (2P)

(0,5P Abzug beim Vorzeichen-  
fehler)

##### Die gesuchten Größen (Superposition)

$$I_L = I_{Lu} + I_{Li} = 4A - 2A = 2A$$

(Folgefehler berücksichtigen) (1P)

**Lösung 2:**a) Widerstandsverhältnis

$$\frac{(R_2 \parallel R_L)}{R_1 + (R_2 \parallel R_L)} = \frac{U_L}{U_q} = \frac{3V}{9V} = \frac{1}{3} \quad (1P)$$

$$\Leftrightarrow 3(R_2 \parallel R_L) = R_1 + (R_2 \parallel R_L)$$

$$\Leftrightarrow \frac{R_1}{(R_2 \parallel R_L)} = 2 \quad (1P)$$

b) Widerstände  $R_1$  und  $R_2$ 

$$R_1 + (R_2 \parallel R_L) = \frac{U_q}{I_e} = \frac{9V}{1,5A} = 6\Omega$$

$$\frac{R_1}{(R_2 \parallel R_L)} = 2 \Leftrightarrow R_1 = \frac{6\Omega}{1,5} = 4\Omega \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

$$(R_2 \parallel R_L) = 2\Omega \quad (0,5P)$$

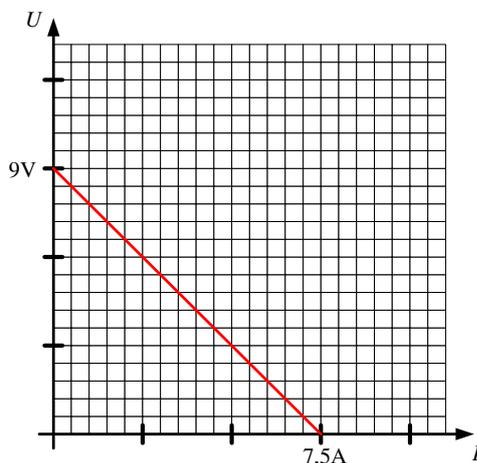
$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{2\Omega} - \frac{1}{R_L} = \frac{1}{2\Omega} - \frac{1}{3\Omega} = \frac{1}{6\Omega} \Leftrightarrow R_2 = 6\Omega \quad (0,5P)$$

c) Innenwiderstand  $R_i$ 

$$\frac{(R_2 \parallel R_L)}{R_1 + R_i + (R_2 \parallel R_L)} = \frac{U_L}{U_q}$$

$$\Leftrightarrow R_i = \left( \frac{U_q}{U_L} - 1 \right) (R_2 \parallel R_L) - R_1 \quad (1P)$$

$$\Leftrightarrow R_i = \left( \frac{9V}{2,5V} - 1 \right) \cdot 2\Omega - 4\Omega = 1,2\Omega \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1P)$$

d) U-I- KennlinieLeerlaufpunkt ( $U=9V$ ,  $I=0A$ )Kurzschlusspunkt ( $U=0V$ ,  
 $I=9V/1,2\Omega=7,5A$ ) – *Folgefehler berücksichtigen.*

*1P für jeden korrekten Betriebspunkt. Zwei beliebige Betriebspunkte außer Leerlauf- und Kurzschlusspunkten auch ok!* (2P)

**Lösung 3:**a) Kapazität C

$$C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{\frac{2}{3}d} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{300\text{mm}^2}{0,8\text{mm}} = 3,3\text{pF} \quad (\text{mit Luft}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_r = \varepsilon_r \varepsilon_0 \cdot \frac{A}{\frac{1}{3}d} = 6 \cdot 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{300\text{mm}^2}{0,4\text{mm}} = 39,8\text{pF} \quad (\text{mit Dielektrikum}) \quad (0,5\text{P})$$

$$C_{ges} = \frac{C_0 \cdot C_r}{C_0 + C_r} = 3,05\text{pF} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

b) Ladung Q

$$Q = U \cdot C_{ges} = 15,24\text{pC} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

c) Spannung U<sub>C</sub>

Neuer Kapazitätswert:

$$C'_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{(d_2 - d_\varepsilon)} = 8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}} \cdot \frac{300\text{mm}^2}{1\text{mm}} = 2,65\text{pF} \quad (0,5\text{P})$$

$$C'_{ges} = \frac{C'_0 \cdot C_r}{C'_0 + C_r} = 2,49\text{pF} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

Ladung Q konstant:

$$U' = \frac{Q}{C'_{ges}} = \frac{15,24\text{pC}}{2,49\text{pF}} = 6,12\text{V} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

d) Freigesetzte Energie ΔW

Energie vorher:

$$W = \frac{1}{2} C_{ges} \cdot U^2 = \frac{1}{2} 3,05\text{pF} \cdot 25\text{V}^2 = 38,12\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

Energie nachher:

$$W' = \frac{1}{2} C'_{ges} \cdot (U')^2 = \frac{1}{2} 2,49\text{pF} \cdot (6,12\text{V})^2 = 46,63\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

$$\Delta W = |W' - W| = 8,51\text{pJ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

**Lösung 4:**a) Bestimmung von  $k\phi$ 

$$n_0 = 10000 \frac{\text{U}}{\text{min}} \quad (\text{aus der Kennlinie korrekt abgelesen}) \quad (0,5\text{P})$$

$$k\phi = \frac{U_A}{n_0} = \frac{12\text{V}}{10000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}}} = 0,072\text{Vs} \quad (0,5\text{P})$$

b) Ankerwiderstand  $R_A$ **Wahl des geeigneten Betriebspunkt:  
Bei  $M_B=40\text{Nmm}$  und  $n_B=8000\text{U/min}$** (Andere Betriebspunkte  
zulässig, Folgerechnung  
berücksichtigen) (1P)

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

$$R_A = \frac{(n_0 - n_B)(k\phi)^2}{2\pi M_B} = \frac{2000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}} (0,072\text{Vs})^2}{2\pi \cdot 40\text{Nmm}} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

$$= 687,5\text{m}\Omega$$

c) Ankerspannung  $U_A$ **Bei  $M_B=30\text{Nmm}$  und  $n_B=6000\text{U/min}$** 

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

$$U_A = k\phi \cdot n_B + \frac{2\pi R_A}{k\phi} M_B \quad (1\text{P})$$

$$U_A = 0,072\text{Vs} \cdot 6000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}} + \frac{2\pi \cdot 687,5\text{m}\Omega}{0,072\text{Vs}} 30\text{Nmm} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen})$$

$$U_A \approx 9\text{V} \quad (1\text{P})$$

d) WirkungsgradAusgangsleistung

$$P_a = M \cdot \omega = 30\text{Nmm} \cdot 2\pi \cdot 6000 \cdot \frac{1}{60} \frac{\text{U}}{\text{s}} \approx 18,85\text{W} \quad (0,5\text{P})$$

Eingangsleistung

$$I_a = \frac{(U_A - U_i)}{R_A} = \frac{(9\text{V} - 7,2\text{V})}{687,5\text{m}\Omega} = 2,6182\text{A} \quad (0,5\text{P})$$

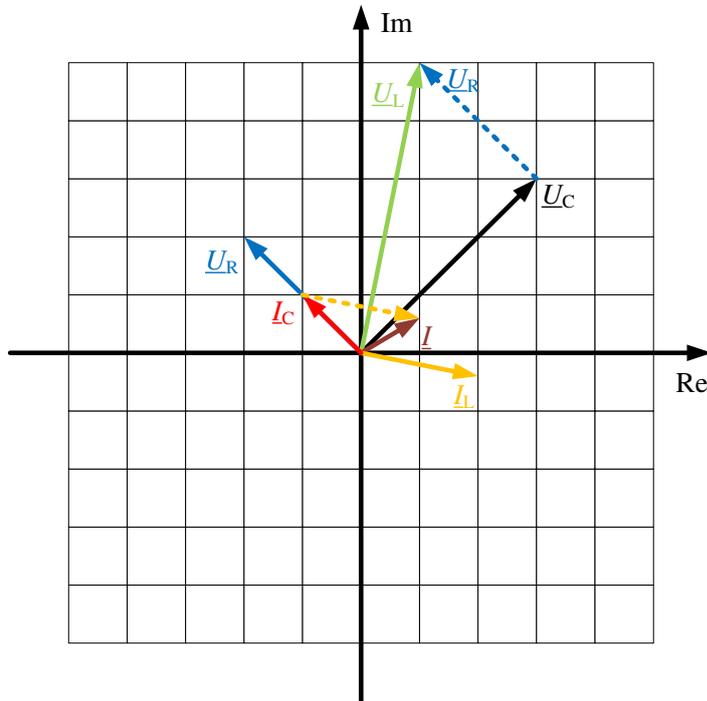
$$P_e = U_A \cdot I_a = 9\text{V} \cdot 2,6182\text{A} = 23,5636\text{W} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_a}{P_e} = \frac{18,85\text{W}}{23,5636\text{W}} \approx 0,8 = 80\% \quad (0,5\text{P})$$

**Lösung 5:**

a) Zeigerdiagramme



Strom  $I_C$ : (0,5P)  
 $I_C$   $90^\circ$  voreilend gegenüber  $U_C$  (Länge von  $I_C$  beliebig)

Spannung  $U_R$ : (0,5P)  
 $U_R$  und  $I_C$  in Phase (Länge von  $U_R$  beliebig)

Spannung  $U_L$ : (0,5P)  
 Vektorielle Summe von  $U_R$  und  $U_C$

Strom  $I_L$ : (0,5P)  
 $I_L$   $90^\circ$  nacheilend gegenüber  $U_L$  (Länge von  $I_L$  beliebig)

Strom  $I$ : (1P)  
 Vektorielle Summe von  $I_C$  und  $I_L$

b) Ersatzimpedanz  $Z_e$

$$Z_e = Z_L \parallel Z_C$$

$$Z_L = j\omega L = j500\text{s}^{-1} \cdot 20\text{mH} = j10\Omega = 10\Omega \cdot e^{j90^\circ} \quad (0,5P)$$

$$Y_L = \frac{1}{Z_L} = -j100\text{mS} = 100\text{mS} \cdot e^{-j90^\circ} \quad (0,5P)$$

$$Z_C = R_2 + \frac{1}{j\omega C} = 6\Omega - j\frac{1}{500\text{s}^{-1} \cdot 250\mu\text{F}}$$

$$Z_C = 6\Omega - j8\Omega = 10\Omega \cdot e^{-j53,13^\circ} \quad (0,5P)$$

$$\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C} = 0,1\text{S} \cdot e^{j53,13^\circ} = 60\text{mS} + j80\text{mS} \quad (0,5\text{P})$$

$$\underline{Y}_e = \frac{1}{\underline{Z}_e} = \underline{Y}_L + \underline{Y}_C = 60\text{mS} - j20\text{mS} = 63,2\text{mS} \cdot e^{-j18,43^\circ} \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (0,5\text{P})$$

$$\underline{Z}_e = 15,82\Omega \cdot e^{j18,43^\circ} = 15\Omega + j5\Omega \quad (0,5\text{P})$$

c) Blindleistungskompensation

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

Bedingung für eine Kompensation:

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

$$\text{Im}(\underline{Y}_e) = \text{Im}(\underline{Y}_C) + \text{Im}(\underline{Y}_L) = 80\text{mS} - \frac{1}{\omega L} = 0 \quad (\text{Folgefehler berücksichtigen}) \quad (1\text{P})$$

$$L = \frac{1}{\omega \cdot 0,08\text{S}} = \frac{1}{500\text{s}^{-1} \cdot 0,08\text{S}} = 25\text{mH} \quad (1\text{P})$$

**Lösung 6:**

a) Resonanzfrequenz

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{200\mu\text{H} \cdot 440\text{nF}}} = 16966\text{Hz} \approx 17\text{kHz} \quad (1\text{P})$$

b) Widerstand R

$$U_C = \frac{\hat{u}_C}{\sqrt{2}} = \frac{25\text{V}}{\sqrt{2}} = 17,68\text{V} \quad \begin{array}{l} \text{(Falls mit Spitzen-} \\ \text{spannung gerechnet} \\ \text{wird, Punkt für Be-} \\ \text{rechnung von } \hat{u} \text{ ge-} \\ \text{ben)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{17,68\text{V}}{5\text{V}} = 3,54 \quad \begin{array}{l} \text{(Folgefehler berücksichtigen)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

$$R = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{3,54} \sqrt{\frac{200\mu\text{H}}{440\text{nF}}} = 6,03\Omega \approx 6\Omega \quad \begin{array}{l} \text{(Folgefehler berücksichtigen)} \end{array} \quad (1\text{P})$$

c) Impedanz im Resonanzfall

Die Reaktanz ist im Resonanzfall gleich Null:

$$\underline{Z} = R \Leftrightarrow I = \frac{U}{R} \quad (1\text{P})$$

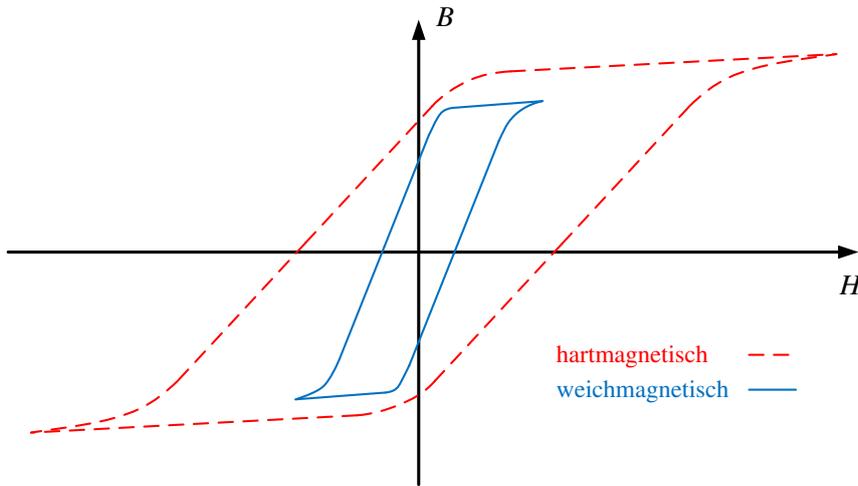
Verlustleistung am Widerstand

$$P_R = I^2 \cdot R = \left(\frac{U}{R}\right)^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

$$R = \frac{U^2}{P_R} = \frac{(5\text{V})^2}{2\text{W}} = 12,5\Omega \quad (1\text{P})$$

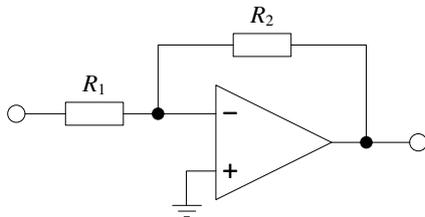
**Lösung 7:**

a) Hysteresekurven



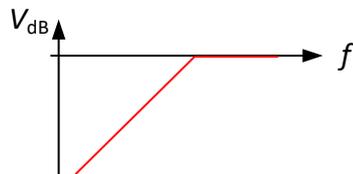
(Punkte für beide Kennlinien-nicht einzeln bewerten) (1P)

b) invertierender Verstärker



(1P)

c) Amplitudengang eines Hochpasses



(0,5P)

Verstärkung bei der Grenzfrequenz: -3dB

(Minuszeichen vergessen, kein Punkt) (0,5P)

d) Gleichrichtmittelwert

$$|\bar{u}| = \frac{1}{T} \left( \frac{1}{2} U \cdot \frac{T}{2} + \frac{U}{2} \cdot \frac{T}{2} \right) = \frac{U}{2} \quad (1P)$$

e) Schleusenspannung

0,6 – 0,7V (1P)

f) Phasengang

45° (1P)