

## Klausur

## Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

**Lösung 1:**1. Berechnung des Widerstands des Aluminiumabschnitts

$$\begin{aligned}
 A_{\text{alu}} &= \pi \left( \frac{d}{2} \right)^2 \\
 &= \pi \left( \frac{20 \text{ mm}}{2} \right)^2 && \text{Formel \& Ergebnis richtig} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 314,16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{alu}} &= \rho_{\text{alu}} \frac{l_{\text{alu}}}{A_{\text{alu}}} \\
 &= 2,65 \cdot 10^{-2} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{20 \cdot 10^3 \text{ m}}{314,16 \text{ mm}^2} && \text{Formel \& Ergebnis richtig} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 1,69 \Omega
 \end{aligned}$$

2. Berechnung der Querschnittfläche des Kupferabschnitts

$$\begin{aligned}
 R_{\text{cu}} &= R_{\text{G}} - R_{\text{alu}} \\
 &= 10 \Omega - 1,69 \Omega && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 8,31 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{cu}} &= \rho_{\text{cu}} \frac{l_{\text{cu}}}{R_{\text{cu}}} \\
 &= 1,68 \cdot 10^{-2} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{140 \cdot 10^3 \text{ m}}{8,31 \Omega} && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 283,03 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 d_{\text{cu}} &= 2 \sqrt{\frac{A_{\text{cu}}}{\pi}} && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(1P)} \\
 &= 18,98 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Erlaubte Temperaturänderung

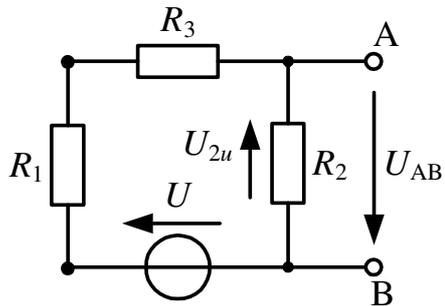
$$\begin{aligned}
 R_x &= R_{\text{alu},20} (1 + \alpha_{\text{alu}} \cdot \Delta T) \\
 \Leftrightarrow R_x - R_{\text{alu},20} &= R_{\text{alu},20} \cdot \alpha_{\text{alu}} \cdot \Delta T && \mathbf{(1P)} \\
 \Leftrightarrow \Delta R &= R_{\text{alu},20} \cdot \alpha_{\text{alu}} \cdot \Delta T
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta T &= \frac{\Delta R}{R_{\text{alu},20} \cdot \alpha_{\text{alu}}} \\ &= \frac{1,3\Omega}{1,69\Omega \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}} \\ &= 197,24\text{K} \\ &= 197,24^\circ\text{C}\end{aligned}$$

*Folgefehler  $R_{\text{alu}}$  berücksichtigen*      **(1P)**

**Lösung 2:**

Spannungsquelle:



(0.5P)

$$U_{2u} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} U$$

$$= \frac{3\Omega}{10\Omega} 5V$$

(0.5P)

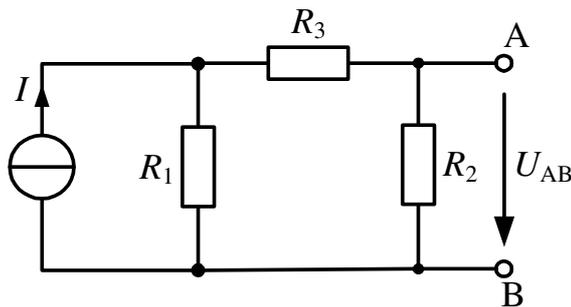
$$= 1,5V$$

$$U_{AB} = -U_{2u}$$

(0.5P)

$$= -1,5V$$

Stromquelle:



(0.5P)

$$R_G = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$= \frac{2\Omega \cdot 8\Omega^2}{10\Omega}$$

(0.5P)

$$= 1,6\Omega$$

$$U_G = R_G I$$

$$= 1,6\Omega \cdot 3A$$

(0.5P)

$$= 4,8V$$

$$U_{ABi} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} U_G$$

$$= \frac{3\Omega}{3\Omega + 5\Omega} 4,8V$$

(0.5P)

$$= 1,8V$$

**Superposition:**

$$\begin{aligned}U_{AB} &= U_{ABu} + U_{ABi} \\ &= -1,5\text{V} + 1,8\text{V} \\ &= 0,3\text{V}\end{aligned}\quad (0.5\text{P})$$

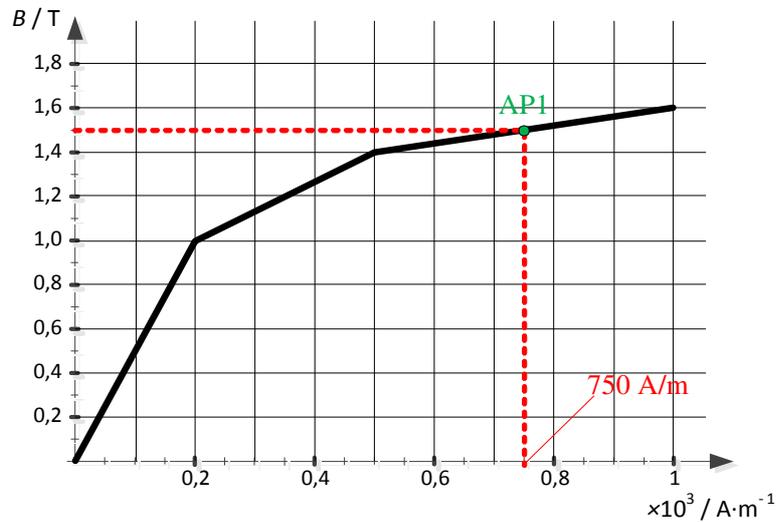
**Ersatzspannungsquelle:**

$$\begin{aligned}U_q &= U_{AB} \\ &= 0,3\text{V}\end{aligned}\quad (1\text{P})$$

$$\begin{aligned}R_i &= R_2 \parallel (R_1 + R_3) \\ &= \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \\ &= \frac{3\Omega \cdot (2\Omega + 5\Omega)}{10\Omega} \\ &= 2,1\Omega\end{aligned}\quad (1\text{P})$$

**Lösung 3:**

1. Bestimmung der Feldstärke des Kernmaterials



(1P)

*1/2P für Zeichnen des AP1, 1/2P für Ablesen der Feldstärke*

2. Berechnung des Stromes I

$$N \cdot I = H_{Luft} l_{Luft} + H_{Kern} l_{Kern}$$

*Formel richtig*

(1P)

$$l_{Luft} = 2d = 0,2 \text{ mm}$$

*Formel richtig (Wert optional)*

(1P)

$$l_{Kern} = 2a + 4b + 2c = 28 \text{ cm}$$

$$I = \frac{B_{Luft} \cdot 2d + H_{Kern} \cdot l_{Kern}}{N}$$

$$= \frac{\frac{1,5T}{12,57 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}} \cdot 0,2 \text{ mm} + 750 \text{ A/m} \cdot 28 \text{ cm}}{500}$$

*Einsetzen und richtiges Ergebnis*

(1P)

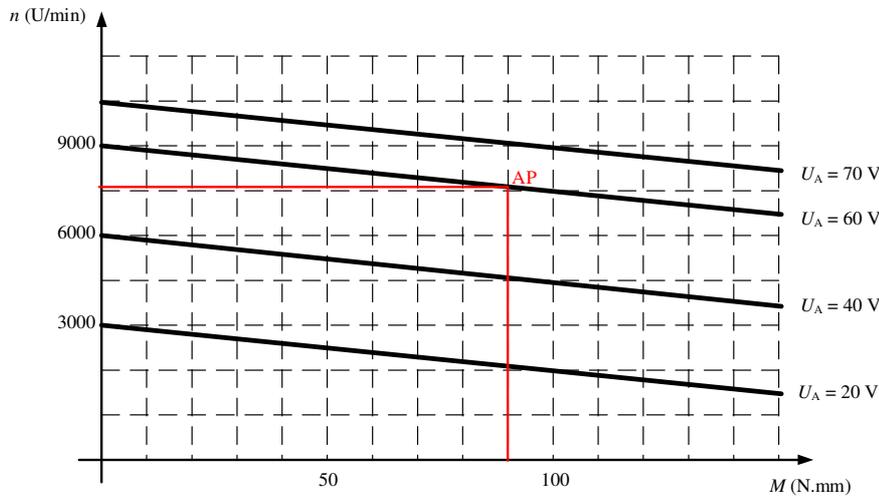
$$= \frac{238,66 \text{ A} + 210 \text{ A}}{500}$$

$$= 0,897 \text{ A}$$

*Fehler beim Einsetzen und Ausrechnen einmalig 1/2P abziehen.*

**Lösung 4:**

1. Arbeitspunkt



**(0.5P)**

Ankerspannung  $U_A = 60\text{ V}$

**(0.5P)**

2. Berechnung der mechanischen Leistung

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mech}} &= M \omega \\
 &= 90\text{ N} \cdot \text{mm} \cdot (2\pi \cdot 7650 \frac{\text{U}}{\text{min}}) \\
 &= 72,1\text{ W}
 \end{aligned}$$

**(1P)**

3. Berechnung des Ankerwiderstandes

$$\begin{aligned}
 P_{\text{el}} &= \frac{P_{\text{mech}}}{\eta} \\
 &= \frac{72,1\text{ W}}{0,85} \\
 &= 84,82\text{ W}
 \end{aligned}$$

*Folgefehler  $P_{\text{mech}}$  berücksichtigen* **(0.5P)**

$$\begin{aligned}
 P_v &= P_{\text{el}} - P_{\text{mech}} \\
 &= 84,82\text{ W} - 72,1\text{ W} \\
 &= 12,72\text{ W}
 \end{aligned}$$

*Folgefehler  $P_{\text{el}}$  berücksichtigen* **(0.5P)**

$$\begin{aligned}
 I_A &= \frac{P_{\text{el}}}{U_A} \\
 &= \frac{84,82\text{ W}}{60\text{ V}} \\
 &= 1,41\text{ A}
 \end{aligned}$$

*Folgefehler  $P_{\text{el}}$ ,  $U_A$  berücksichtigen* **(0.5P)**

$$P_v = I_A^2 R_A \Leftrightarrow R_A = \frac{P_v}{I_A^2}$$

$$R_A = \frac{12,72\text{W}}{(1,41\text{A})^2}$$
$$= 6,39\Omega$$

*Folgefehler  $P_v$  berücksichtigen* **(0.5P)**

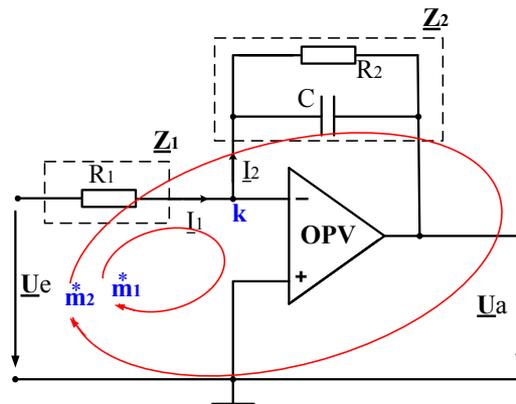
4. Berechnung des Vorwiderstandes

$$\Delta U_A = R_v \cdot I_A \Leftrightarrow R_v = \frac{\Delta U_A}{I_A}$$

$$R_v = \frac{10\text{V}}{1,41\text{A}}$$
$$= 7,09\Omega$$

*Folgefehler  $I_A$  berücksichtigen* **(1P)**

**Lösung 6:**



Knotengleichung:            k:      $I_1 = I_2$   
 Maschengleichungen:    m1:    $\underline{U}_{e1} - I_1 \cdot R_1 = 0$   
                                   m2:    $\underline{U}_e - \underline{U}_a - I_1 \cdot R_1 - I_2 \cdot Z_2 = 0$             (3P)

2)

$$\underline{U}_a = -\frac{Z_2}{Z_1} \cdot \underline{U}_e = -\frac{R_2 \parallel Z_C}{R_1} \cdot \underline{U}_e = -\frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2 + Z_C}{R_2 \cdot Z_C} \cdot \underline{U}_e$$

$$\underline{U}_a = -\frac{1}{R_1} \cdot \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\omega C} \cdot \underline{U}_e = -\frac{1}{R_1} \cdot \frac{R_2}{1 + j\omega R_2 C} \cdot \underline{U}_e$$

$$\underline{U}_a = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_2 C} \cdot \underline{U}_e$$

$$\left| \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} \right| = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega R_2 C)^2}} \quad (2P)$$

$$\left| \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} \right|_{\omega \rightarrow 0} = \frac{R_2}{R_1} \quad \left| \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} \right|_{\omega \rightarrow \infty} = 0 \quad (2P)$$

4) (mindestens 2 korrekt von 3) (1P)

- a) Die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Eingängen des OPVs ist Null.
- b) Durch die Eingänge des Operationsverstärkers fließt kein Strom:  $R_D = \infty$
- c) Bis zum maximal zulässigen Ausgangsstrom ist der Operationsverstärker beliebig belastbar:  $R_A = 0$

**Lösung 6:**

$$1) \quad \underline{Y}_{R_2 \parallel C} = \frac{1}{R_2} + j\omega C = \frac{1}{200 \Omega} + j \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 10^{-6} S = 5 mS + j5 mS$$

$$|\underline{Y}_{R_2 \parallel C}| = \sqrt{(5 mS)^2 + (5 mS)^2} = 7,07 mS \quad (1P)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}}{\text{Re}}\right) = \arctan\left(\frac{5 mS}{5 mS}\right) = 45^\circ \quad (1P)$$

$$\underline{Y}_{R_3 \parallel C} = 7,07 mS \cdot e^{j45^\circ} \quad \boxed{\underline{Z}_{R_3 \parallel C} = 141,44 \Omega \cdot e^{-j45^\circ}}$$

2)

$$\underline{I}_2 = \underline{I} \cdot \frac{\underline{Z}_{R_2 \parallel C}}{R_2} = 2 A \cdot e^{j0^\circ} \cdot \frac{141,44 \Omega \cdot e^{-j45^\circ}}{200 \Omega} = 1,42 A \cdot e^{-j45^\circ} \quad (1P)$$

$$\underline{U}_2 = R_2 \cdot \underline{I}_2 = 200 \cdot 1,42 A \cdot e^{-j45^\circ} = 284 V e^{-j45^\circ} \quad (1P)$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{R_2 \parallel C}}{1/j\omega C} = j\omega C \cdot \underline{U}_{R_2 \parallel C}$$

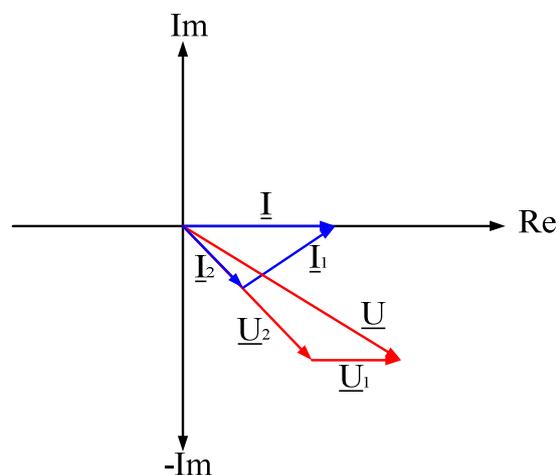
$$\underline{I}_1 = 284 V e^{-j45^\circ} \cdot j1000 (1/s) \cdot 5 \cdot 10^{-6} (F)$$

$$\underline{I}_1 = 1,42 A e^{-j45^\circ + j90^\circ} = 1,42 A e^{+j45^\circ} \quad (1P)$$

$$\underline{U}_1 = R_1 \cdot \underline{I} = 50 \Omega \cdot 2 A e^{j0^\circ} = 100 V e^{j0^\circ}$$

$$\underline{U} = \underline{U}_1 + \underline{U}_{R_2 \parallel C}$$

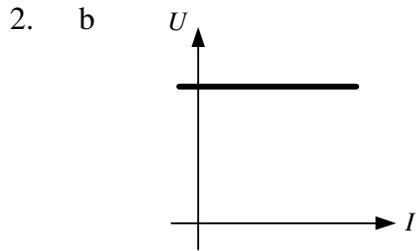
$$\underline{U} = 100 V e^{j0^\circ} + 284 V e^{-j45^\circ} = \dots V \angle - \dots^\circ \quad (1P)$$



(2P)

**Lösung 8:**

1. a 2,1  $\Omega$



3. a 6

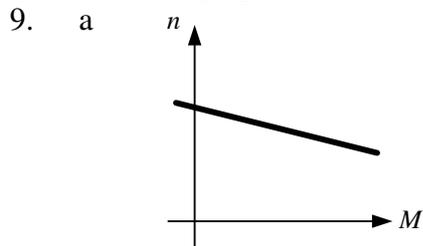
4. c Die verbrauchte Leistung wird negativ gezählt.

5. b 5,5  $\mu\text{F}$

6. a Nach rechts

7. c Die Feldlinien einer elektrischen Feldstärke sind stets geschlossen.

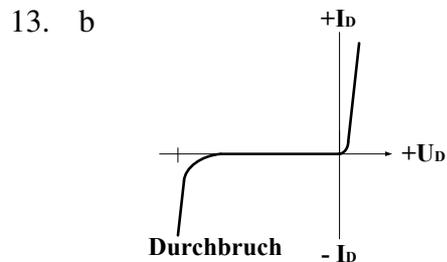
8. b Die gespeicherte Ladung  $Q$  verringert sich.



10. c Reihenschlussmotor

11. b Silizium

12. a  $\underline{Y} = \frac{1}{R} - j \frac{1}{\omega L}$



14. a  $f_0 = 5033 \text{ Hz}$

15. c Hochpassfilter

16. b  $i_1 > i_2$

17. a Der Summenstrom eilt der Spannung voraus

18. c Bei Resonanz kompensieren sich induktive und kapazitive Reaktanz, so dass eine rein reelle Impedanz gemessen wird.

19. a Verstärkung beträgt  $V_U = -\frac{R_2}{R_1}$

20. b Der Effektivwert des Stroms  $i(t)$