

## Klausur

## Grundlagen der Elektrotechnik (Musterlösung)

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

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

$$\begin{aligned}
 R_{\text{alu}} &= \rho_{\text{alu}} \frac{l_{\text{alu}}}{A_{\text{alu}}} \\
 &= 2,65 \cdot 10^{-2} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{50 \cdot 10^3 \text{ m}}{314,16 \text{ mm}^2} && \text{Formel \& Ergebnis richtig} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 4,22 \Omega
 \end{aligned}$$

2. Berechnung der Querschnittfläche des Kupferabschnitts

$$\begin{aligned}
 R_{\text{cu}} &= R_{\text{G}} - R_{\text{alu}} \\
 &= 5 \Omega - 4,22 \Omega && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 0,78 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{cu}} &= \rho_{\text{cu}} \frac{l_{\text{cu}}}{R_{\text{cu}}} \\
 &= 1,68 \cdot 10^{-2} \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{150 \cdot 10^3 \text{ m}}{0,78 \Omega} && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(0.5P)} \\
 &= 3230,76 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

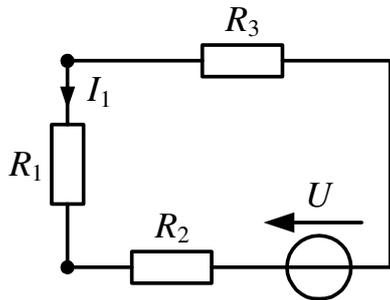
$$\begin{aligned}
 d_{\text{cu}} &= 2 \sqrt{\frac{A_{\text{cu}}}{\pi}} && \text{Folgefehler } R_{\text{alu}} \text{ berücksichtigen} && \mathbf{(1P)} \\
 &= 64,14 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

3. Erlaubte Temperaturänderung

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

$$\begin{aligned}\Delta T &= \frac{\Delta R}{R_{\text{alu},20} \cdot \alpha_{\text{alu}}} \\ &= \frac{0,3\Omega}{4,22\Omega \cdot 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}} \\ &= 18,23\text{K} \\ &= 18,23^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

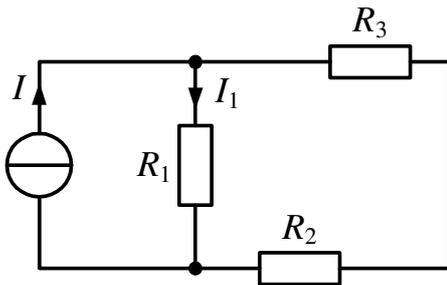
*Folgefehler  $R_{\text{alu}}$  berücksichtigen* **(1P)**

**Lösung 2:**Spannungsquelle:**(1P)**

$$I_{1u} = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3}$$

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

$$= 0,5\text{A}$$

**(1P)**Stromquelle:**(1P)**

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

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

$$= 1,6\Omega$$

**(0.5P)**

$$I_{1i} = \frac{R_G}{R_1} I$$

$$= \frac{1,6\Omega}{2\Omega} 3\text{A}$$

$$= 2,4\text{A}$$

**(1P)****Superposition:**

$$I_1 = I_{1u} + I_{1i}$$

$$= 0,5\text{A} + 2,4\text{A}$$

$$= 2,9\text{A}$$

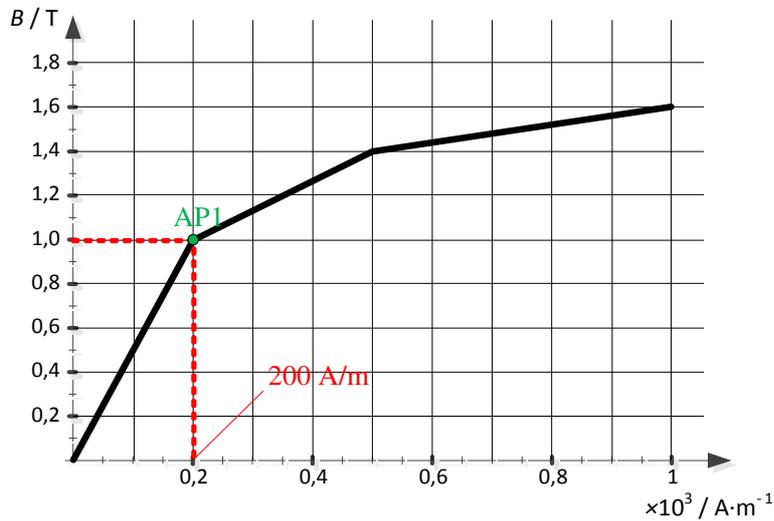
**(0.5P)**

**Lösung 3:**

1. Berechnung des magnetischen Flusses

$$\Phi = B \cdot A = B \cdot b^2 = 1\text{T} \cdot (20\text{cm})^2 = 400 \mu\text{Vs} \quad \text{1/2P beim Berechnungsfehler} \quad \text{(1P)}$$

2. Bestimmung der Feldstärke des Kernmaterials



(1P)

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

3. Berechnung des Stromes I

$$N \cdot I = H_{\text{Luft}} l_{\text{Luft}} + H_{\text{Kern}} l_{\text{Kern}} \quad \text{Formel richtig} \quad \text{(1P)}$$

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

*Formel richtig (Wert optional)* (1P)

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

$$I = \frac{\frac{B_{\text{Luft}}}{\mu_0} 2d + H_{\text{Kern}} \cdot l_{\text{Kern}}}{N}$$

$$= \frac{\frac{1\text{T}}{12,57 \cdot 10^{-7} \text{ H/m}} 0,2\text{mm} + 200\text{A/m} \cdot 28\text{cm}}{300}$$

*Einsetzen und richtiges Ergebnis* (1P)

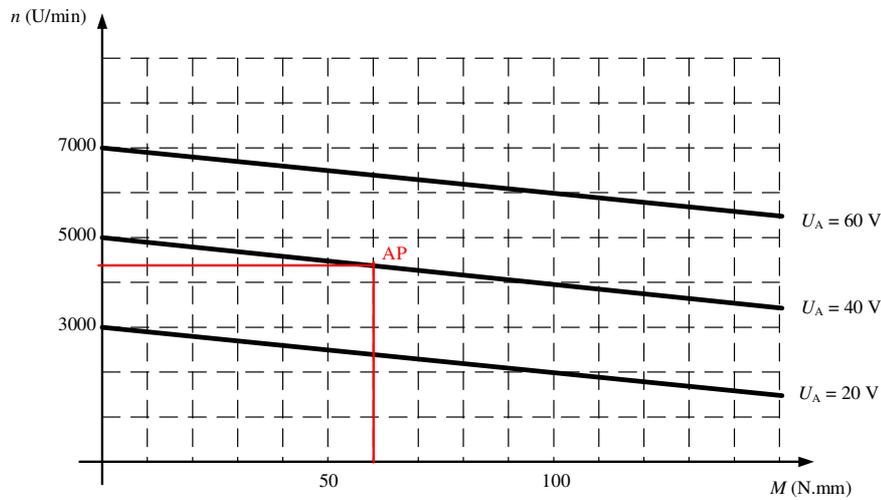
$$= \frac{159,11 \text{ A} + 56 \text{ A}}{300}$$

$$= 0,72 \text{ A}$$

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

**Lösung 4:**

1. Arbeitspunkt



**(0.5P)**

Ankerspannung  $U_A = 40 \text{ V}$

**(0.5P)**

2. Berechnung der mechanischen Leistung

$$\begin{aligned}
 P_{\text{mech}} &= M \omega \\
 &= 60 \text{ N} \cdot \text{mm} \cdot \left(2\pi \cdot 4400 \frac{\text{U}}{\text{min}}\right) \\
 &= 27,65 \text{ W}
 \end{aligned}
 \tag{1P}$$

3. Berechnung des Ankerwiderstandes

$$\begin{aligned}
 P_{\text{el}} &= \frac{P_{\text{mech}}}{\eta} \\
 &= \frac{27,65 \text{ W}}{0,7} \\
 &= 39,49 \text{ W}
 \end{aligned}
 \tag{0.5P}$$

*Folgefehler  $P_{\text{mech}}$  berücksichtigen*

$$\begin{aligned}
 P_{\text{v}} &= P_{\text{el}} - P_{\text{mech}} \\
 &= 39,5 \text{ W} - 27,65 \text{ W} \\
 &= 11,85 \text{ W}
 \end{aligned}
 \tag{0.5P}$$

*Folgefehler  $P_{\text{el}}$  berücksichtigen*

$$\begin{aligned}
 I_A &= \frac{P_{\text{el}}}{U_A} \\
 &= \frac{39,45 \text{ W}}{40 \text{ V}} \\
 &= 0,986 \text{ A} \approx 1 \text{ A}
 \end{aligned}
 \tag{0.5P}$$

*Folgefehler  $P_{\text{el}}$ ,  $U_A$  berücksichtigen*

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

$$R_A = \frac{11,85\text{W}}{(0,986\text{A})^2}$$
$$= 12,19\Omega \approx 12\Omega$$

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

4. Berechnung des Vorwiderstandes

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

$$R_v = \frac{10\text{V}}{0,986\text{A}}$$
$$= 10,14\Omega \approx 10\Omega$$

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

**Lösung 5:**

$$1) \quad \underline{Y}_{R_3 \parallel C} = \frac{1}{R_3} + j\omega C = \frac{1}{400\Omega} + j \cdot 1000 \cdot 5 \cdot 10^{-6} S = 2,5mS + j5mS$$

$$|\underline{Y}_{R_3 \parallel C}| = \sqrt{(2,5mS)^2 + (5mS)^2} = 5,59mS \quad (1P)$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}}{\text{Re}}\right) = \arctan\left(\frac{5mS}{2,5mS}\right) = 63,43^\circ \quad (1P)$$

$$\underline{Y}_{R_3 \parallel C} = 5,59mS \cdot e^{j63,43^\circ} \quad \boxed{\underline{Z}_{R_3 \parallel C} = 178,89\Omega \cdot e^{-j63,43^\circ}}$$

$$2) \quad (3P)$$

$$\frac{\underline{I}_2}{\underline{I}} = \frac{\frac{1}{j\omega C} \parallel R_3}{R_3} = \frac{\underline{Z}_{R_3 \parallel C}}{R_3}$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I} \cdot \frac{\underline{Z}_{\parallel}}{R_3} = 2A \cdot e^{j0^\circ} \cdot \frac{178,89\Omega \cdot e^{-j63,43^\circ}}{400\Omega} = 0,894A \cdot e^{-j63,43^\circ}$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I} \cdot \frac{\underline{Z}_{\parallel}}{R_3} = 2A \cdot e^{j0^\circ} \cdot \frac{178,89\Omega \cdot e^{-j63,43^\circ}}{400\Omega} = 0,894A \cdot e^{-j63,43^\circ}$$

$$\boxed{\underline{I}_2 = 0,894A \cdot e^{-j63,43^\circ}}$$

$$\underline{U}_{\parallel} = R_3 \cdot \underline{I}_2 = 400 \cdot 0,894A \cdot e^{-j63,43^\circ} = 357,78Ve^{-j63,43^\circ}$$

$$\boxed{\underline{U}_{R_3 \parallel C} = 357,78A \cdot e^{-j63,43^\circ}}$$

$$\underline{I}_1 = \frac{\underline{U}_{R_3 \parallel C}}{1/j\omega C} = j\omega C \cdot \underline{U}_{R_3 \parallel C}$$

$$\underline{I}_1 = j \cdot 1000 (1/s) \cdot 5 \cdot 10^{-6} (F) \cdot 357,78Ve^{-j63,43^\circ}$$

$$\underline{I}_1 = 1,78Ae^{-j63,43^\circ + j90^\circ}$$

$$\boxed{\underline{I}_1 = 1,78Ae^{j26,57^\circ}}$$

$$\boxed{\underline{U}_1 = R_{\parallel 2} \cdot \underline{I} = 50\Omega \cdot 2Ae^{j0^\circ} = 100Ve^{j0^\circ}}$$

$$\underline{U} = R_{\parallel 2} \cdot \underline{I} + \underline{U}_{R_3 \parallel C}$$

$$\underline{U} = 50\Omega \cdot 2Ae^{j0^\circ} + 357,78Ve^{-j63,43^\circ}$$

$$\underline{U} = 100Ve^{j0^\circ} + 357,78Ve^{-j63,43^\circ}$$

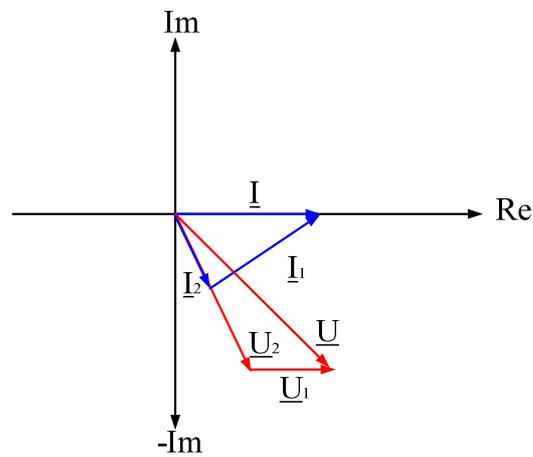
$$\underline{U} = 100V + 160,03V - j320V$$

$$\underline{U} = 260V - j320V$$

$$\underline{U} = 412,30V \angle -50,90^\circ$$

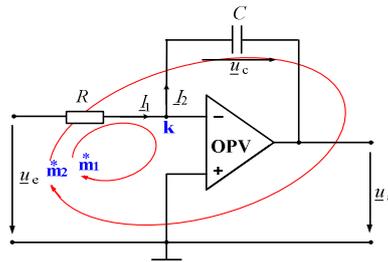
3)

(2P)



**Lösung 6:**

1)



Knotengleichung:            k:      $I_1 = I_2$   
 Maschengleichungen:    m1:    $U_e - I_1 \cdot R = 0$   
                                   m2:    $U_e - U_a - I_1 \cdot R - I_2 \cdot Z_C = 0$             (3P)

2) Für den idealen OPV gilt: (2P)

$$u_a = u_c \quad \text{mit} \quad i_2 = c \cdot \frac{du_c}{dt}$$

$$u_e = u_R \quad \text{mit} \quad u_{R1} = R \cdot i_1$$

$$i_1 = -i_2$$

Daraus folgt:

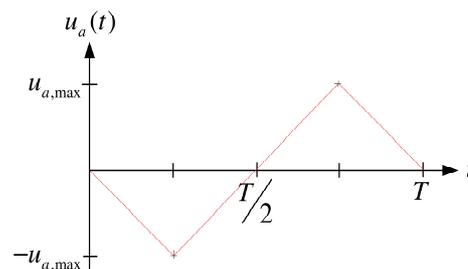
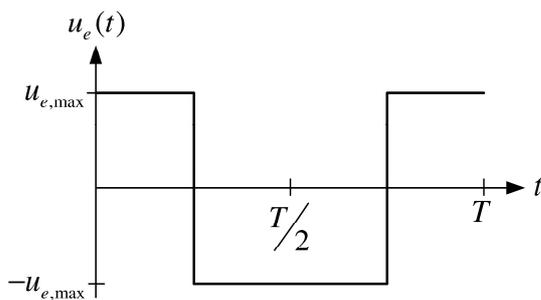
$$\frac{u_e}{R} = -C \cdot \frac{du_c}{dt} = -C \cdot \frac{du_a}{dt}$$

Schließlich:

$$u_a = -\frac{1}{RC} \int u_e \cdot dt$$

$$u_a = -\frac{1}{RC} u_e \cdot t + K$$

4) (1P)



**Lösung 7:**

1)

$$I_D = \frac{S}{2}(U_{GS} - U_{th})^2 \Rightarrow U_{GS} = U_{th} + \sqrt{\frac{2 \cdot I_D}{S}} = 2V + \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} A}{0,1 A V^{-2}}} = 2,2V \quad (1P)$$

$$2) \quad R_1 + R_2 = \frac{U_B}{I_1} = \frac{10}{10 \mu A} = 1M\Omega$$

$$R_2 = (R_1 + R_2) \cdot \frac{U_{GS}}{U_B} = 1M\Omega \cdot \frac{2,2V}{10V} = 220 K\Omega$$

$$R_1 = (R_1 + R_2) - R_2 = 1M\Omega - 220 K\Omega = 780 K\Omega \quad (1P)$$

3) (2P)

Zur Festlegung der Arbeitsgerade genügen bekanntlich zwei Punkte:

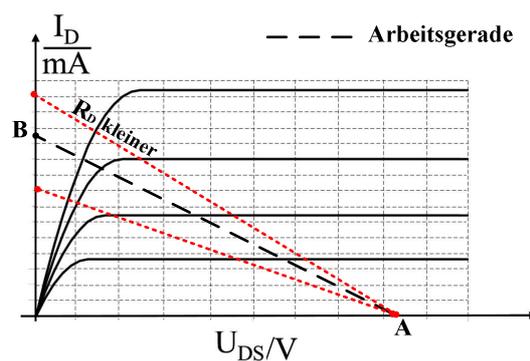
1. Kurzschlussfall:

$$\text{Dann gilt: } U_{DS} = 0V \rightarrow I_{D,k} = \frac{U_B}{R_D} = \frac{10V}{2000\Omega}$$

2. Leerlauf:

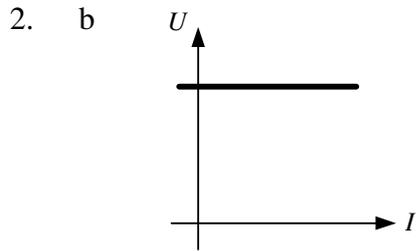
$$\text{Dann gilt: } I_D = 0A \rightarrow U_{DS} = U_B = 10V$$

2) (2P)



**Lösung 8:**

1. a 2,1  $\Omega$



3. b 7

4. a Spannung- und Strompfeil im Bauelement ist entgegen gerichtet.

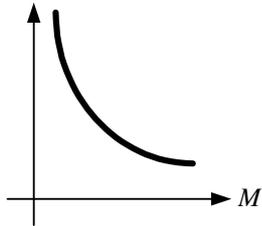
5. b 5,5  $\mu\text{F}$

6. c Nach links

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

8. b Die Kapazität des Plattenkondensators verringert sich.

9. b



10. a Reihenschlussmotor

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

12. b  $I_D = 92 \text{ mA}$ .

13. b Silizium

14. a Tiefpassfilter

15. a Der Summenstrom eilt der Spannung voraus

16. b  $\underline{Z}^* = 4 - j$

17. b ohmscher Bereich

18. b 
$$K = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt}$$

19. c  $f_0 = 23 \text{ kHz}$

20. b  $i_1 > i_2$