

# Klausur

## Grundlagen der Elektrotechnik - Service

### **-Musterlösung-**

- 1) Die Klausur besteht aus 7 Textaufgaben.
- 2) Zulässige Hilfsmittel: Lineal, Winkelmesser, nicht kommunikationsfähiger Taschenrechner, **1 handgeschriebenes A4 Blatt Formelsammlung**.
- 3) Rechenwege müssen klar und eindeutig erkennbar sein.
- 4) Nur Lösungen auf den Klausurblättern werden bewertet. Rückseiten und Fragenblätter dürfen bei Bedarf auch verwendet werden (bitte dazu ausreichend hinweisen).
- 5) Es wurden nur Lösungen gewertet, die mit einem dokumentenechten Stift geschrieben wurden.
- 6) Dauer der Klausur: 120 Minuten

|                  |  |
|------------------|--|
| Name:            |  |
| Vorname:         |  |
| Matrikelnummer:  |  |
| Studienrichtung: |  |
| Unterschrift:    |  |

---

Bereich für die Korrektur

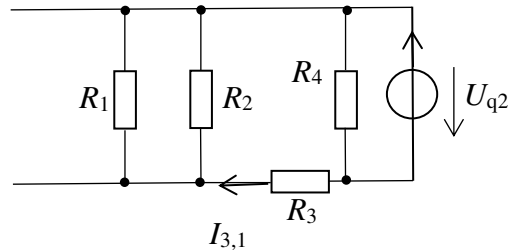
| <b>Aufgabe</b> | <b>Punkte</b> |
|----------------|---------------|
| 1              | / 15          |
| 2              | / 15          |
| 3              | / 14          |
| 4              | / 16          |
| 5              | / 20          |
| 6              | / 10          |
| 7              | / 10          |
| <b>Summe</b>   | <b>/100</b>   |
| <b>Note</b>    |               |

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 1 – Gleichstromnetzwerk:** ( /15P)

a) Wirkung der Spannungsquelle

(2P)



$$R_{123,1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 1,33 \Omega + 4 \Omega = 5,33 \Omega \quad (2P)$$

$$I_{3,1} = \frac{-U_{q2}}{R_{123,1}} = \frac{-8 V}{5,333 \Omega} = -1,5 A \quad (2P)$$

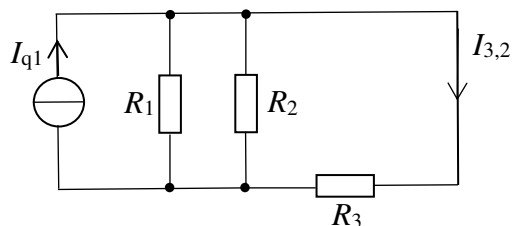
**Oder**

$$I_{3,1} = \frac{U_{r3}}{R_3} = \frac{-6V}{4 \Omega} = 1,5 A \quad (2P), \text{ da:}$$

$$U_{r3} = -U_{q2} \frac{R_3}{R_3 + \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} = 8 V \frac{4 \Omega}{4 \Omega + \frac{8}{6} \Omega} = -6 V \quad (2P)$$

b) Wirkung der Stromquelle

(2P)



$$Y_{G,2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} S + \frac{1}{2} S + \frac{1}{4} S = 1 S \quad (2P)$$

$$Y_{3,2} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} S = 0,25 S$$

$$I_{3,2} = \frac{Y_{3,2}}{Y_{G,2}} \cdot I_{q1} = \frac{1}{4} \cdot 4 A = 1 A \quad (3P)$$

**Oder**

$$I_{q2,2} = \frac{U_{G,2}}{R_3} = \frac{I_{q1}}{Y_{G,2} \cdot R_3} = -\frac{4 A}{1 S \cdot 4 \Omega} = 1 A$$

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

c) Superposition

$$I_{q2} = -1,5 \text{ A} + 1 \text{ A} = -0,5 \text{ A}$$

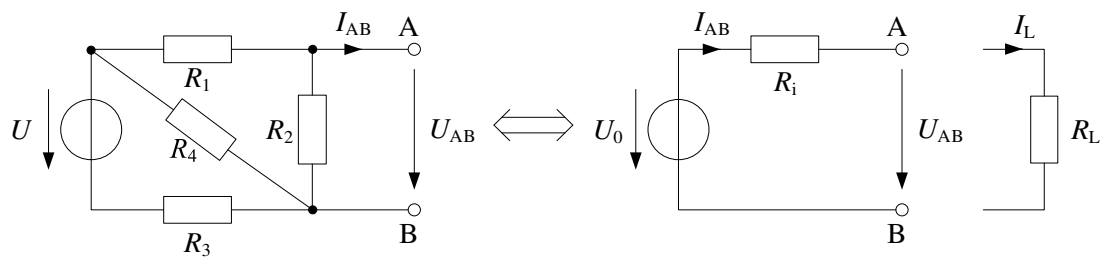
(Folgefehler be-  
rücksichtigen) **(2P)**

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

d) **Lösung 1:**

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 2 – Gleichstromnetzwerk: ( /15P)**



$$U = 120 \text{ V}; R_1 = 45 \text{ } \Omega; R_2 = 180 \text{ } \Omega; R_3 = 60 \text{ } \Omega; R_4 = 180 \text{ } \Omega; R_L = ? \text{ } \Omega$$

**Abbildung 1: Gleichstromnetzwerk**

Aufgabenstellung:

- Berechnen Sie  $R_i$  und  $U_0$  der Ersatzspannungsquelle. (8 P)
- Bestimmen Sie  $R_L$ , damit sich ein Strom  $I_L$  von 200 mA einstellt. (3 P)
- Berechnen Sie die Leistung die im Widerstand  $R_L$  umgesetzt wird. (2 P)

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Lösung 2:**

- a) Berechnen Sie
- $R_i$
- und
- $U_0$
- . (9 P)

|  |   |
|--|---|
| $R_i = R_2 // (R_1 + R_3 // R_4)$ $R_i = R_2 // (R_3 + 45 \Omega)$ $R_i = R_2 // 90 \Omega$ $R_i = 180 \Omega // 90 \Omega$ $R_i = 60 \Omega$  | (2 P)                                     |
| Alternative: $R_i = \frac{U_0}{I_K}$<br><br>$I_K = I_{1,K}$ $R_{ges,K} = R_4 // R_1 + R_3 = 96 \Omega$ $I_{0,K} = \frac{U}{R_{ges,K}} = \frac{120 V}{96 \Omega} = 1,25 A$ $I_{1,K} = \frac{R_4 // R_1}{R_1} \cdot I_{0,K} = \frac{36 \Omega}{45 \Omega} \cdot 1,25 A = 1 A$ $R_i = \frac{U_0}{I_K} = \frac{60 V}{1 A} = 60 \Omega$   | (2 P)                                     |
| $U_0 = U_{R2}$ $R_{ges} = (R_4 // (R_1 + R_2)) + R_3$ $R_{ges} = 60 \Omega + \frac{180 \Omega \cdot (45 \Omega + 180 \Omega)}{180 \Omega + 45 \Omega + 180 \Omega} = 160 \Omega$ $I_{ges} = \frac{U}{R_{ges}} = \frac{120 V}{160 \Omega} = \frac{3}{4} A = 0,75 A$ $I_2 = I_1$ $\frac{I_2}{I_{ges}} = \frac{R_{412}}{R_{12}} = \frac{100 \Omega}{225 \Omega} \rightarrow I_2 = \frac{4}{9} \cdot \frac{3}{4} A = \frac{1}{3} A = 0,333 A$ $U_0 = U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = \frac{1}{3} A \cdot 180 \Omega = 60 V$ | (1 P)<br>(1 P)<br>(1 P)<br>(1 P)<br>(1 P) |

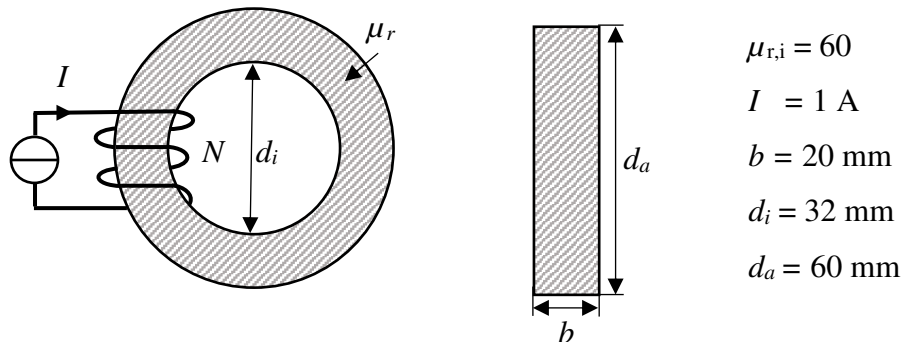
- b) Bestimmen Sie
- $R_L$
- , damit sich ein Strom
- $I_L$
- von 20 mA einstellt.

$$I_L = \frac{U_0}{R_i + R_L} \rightarrow 0,2 A = \frac{60 V}{60 \Omega + R_L} \rightarrow R_L = \frac{60 V}{0,2 A} - 60 \Omega = 240 \Omega \quad (4 P)$$

- c) Berechnen Sie die Leistung die im Widerstand
- $R_L$
- umgesetzt wird.

$$P_{R_L} = I_L^2 \cdot R_L = (0,2 A)^2 \cdot 240 \Omega = 9,6 W \quad (2 P)$$

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 3 – magnetischer Kreis: ( /14P)****Abbildung 2: Magnetischer Kreis**

Um einen Kern mit den in Abbildung 2 gegebenen Abmessungen ist eine Spule mit  $N = 72$  Windungen gewickelt. Das Material des Kerns hat zunächst eine relative Permeabilität von  $\mu_{r,i} = 60$ .

- a) Berechnen Sie die magnetische Feldstärke  $H$ , den magnetischen Widerstand  $R_m$  sowie den magnetischen Fluss  $\Phi$  im Kern. Die mittlere bzw. effektive Länge der magnetischen Feldlinien beträgt  $l_{eff} = \pi \cdot d_{eff} = \pi(d_a + d_i) \cdot 0,5 = 144,5 \text{ mm}$ . **(8P)**

$$H = \frac{N \cdot I}{l_{eff}} = \frac{72 \cdot 1 \text{ A}}{0,1445 \text{ m}} = 498,27 \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Ergebnis})$$

$$A = b \cdot (d_a - d_i) \cdot 0,5 = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (2P \text{ [ggf. Formel + Ergebnis oder nur Formel]})$$

$$R_m = \frac{l_{eff}}{\mu_0 \mu_{r,i} A} = \frac{0,1445 \text{ m}}{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 60 \cdot 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 6,84 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Ergebnis})$$

$$\phi = \frac{N \cdot I}{R_m} = \frac{72 \cdot 1 \text{ A}}{6,84 \cdot 10^6 \frac{\text{A}}{\text{Vs}}} = 1,053 \cdot 10^{-5} \text{ Vs} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Ergebnis})$$

- b) Wie groß ist die Induktivität der Anordnung? **(2 P)**

$$L = N^2 \mu_0 \mu_r \frac{A}{l_{eff}} \quad (1P \text{ Formel})$$

$$L = 72^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 60 \cdot \frac{0,00028 \text{ m}^2}{0,1445 \text{ m}} = 757,4 \mu\text{H} \quad (1P \text{ Ergebnis})$$

Oder

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

$$L = N \frac{\phi}{I} \approx 758 \mu\text{H} \text{ (1P Formel, 1P Ergebnis)}$$

- c) Welcher Strom muss eingeprägt werden, damit  $\mu_r = 55$ ? (4 P)

$$H^* = 750 \frac{\text{A}}{\text{m}} \text{ (2P Ablesen)}$$

$$I^* = \frac{H \cdot l_{eff}}{N} = \frac{0,1445 \text{ m}}{72} 750 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 1,505 \text{ A} \text{ (1P Formel, 1P Ergebnis)}$$



Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 4 – Gleichstrommaschine:** ( /16P)

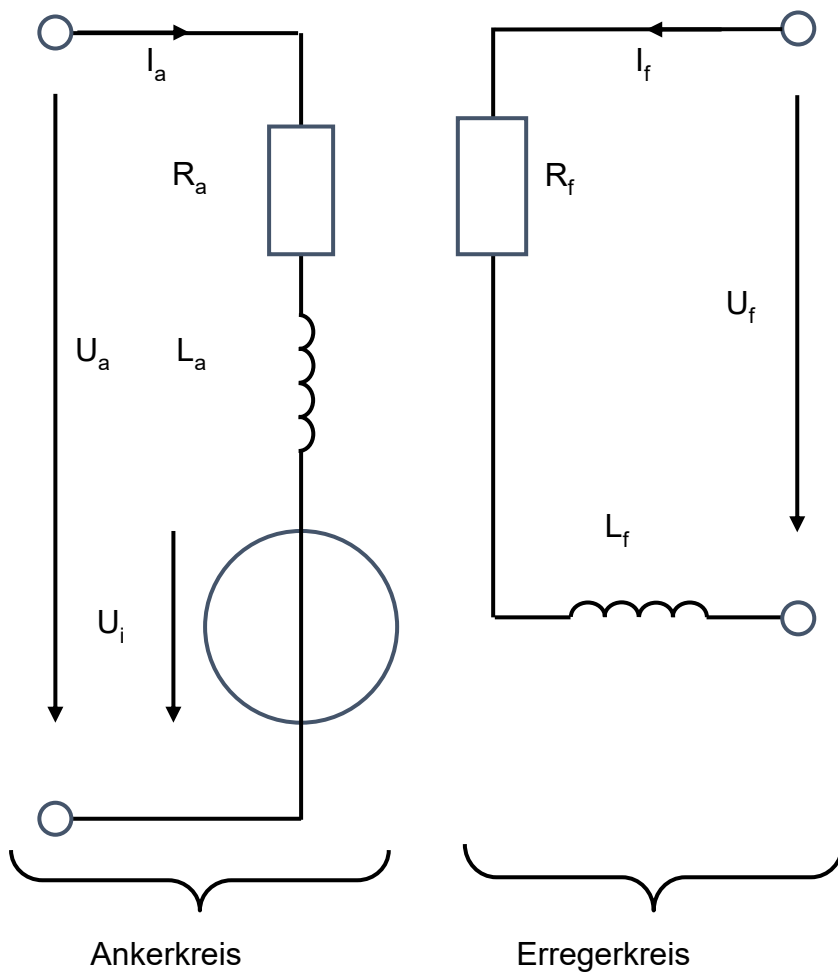
Gegeben sind folgende Parameter einer fremderregten Gleichstrommaschine bei Nennspannung:

|                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| Rotornennspannung $U_{a,N}$           | 300 V                 |
| Leerlaufdrehzahl $n_{0,N}$            | 2000 U/min            |
| Erregerspannung $U_{f,N}$             | 230 V                 |
| Erregerstrom $I_{f,N}$                | 5 A                   |
| Arbeitspunkt bei Nennmoment $M_{a,N}$ | 1500 U/min bei 70 N m |

- a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der fremderregten Gleichstrommaschine. Kennzeichnen Sie den Rotor und den Stator. (2 P)
- b) Bestimmen Sie rechnerisch den Maschinenparameter  $k\Phi$ , den Ankerwiderstand  $R_a$  und den Rotornennstrom  $I_{a,N}$ . (4 P)
- c) Bestimmen Sie das Kurzschlussmoment  $M_k$ . (2 P)
- d) Berechnen Sie den Wirkungsgrad  $\eta$  der Maschine im Arbeitspunkt. (3 P)  
(Hinweis: Berücksichtigen Sie die Verluste im Stator und im Rotor)
- e) Zeichnen Sie die Drehmoment-Drehzahlkennlinie (M-n-Kennlinie) der gegebenen Maschine und kennzeichnen Sie die charakteristischen Punkte. (Hinweis: Benutzen Sie für die Kennlinie die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) (2 P)
- f) Zeichnen Sie erneut jeweils eine qualitative M-n-Kennlinie für die veränderten im Folgenden genannten Betriebspunkte in die Abbildung 2 auf Seite 10 ein. (3 P)
  - a. Die Maschine wird mit einer geringeren Ankerspannung betrieben.
  - b. Die Maschine wird mit einer geringeren Erregerspannung betrieben.

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Lösung 4:**



1) \_\_\_\_\_

2)  $2000 \frac{1}{min} \rightarrow 33,3 \frac{1}{s}$

$$k\Phi = \frac{U_a}{n_0} = \frac{300 V}{33,3 \frac{1}{s}} = 9 Vs \quad (1 P)$$

$$n(M) = \frac{U_a}{k\Phi} - \frac{2\pi \cdot R_a}{(k\Phi)^2} \cdot M \rightarrow R_a = \frac{U_a \cdot k\Phi}{2\pi \cdot M} - \frac{n(M) \cdot (k\Phi)^2}{2\pi \cdot M} \quad (1 P)$$

$$R_a = \frac{300 V \cdot 9 Vs}{2\pi \cdot 70 N m} - \frac{25 \frac{1}{s} \cdot (9 Vs)^2}{2\pi \cdot 70 N m} = 6,1388 \Omega - 4,604 \Omega = 1,5347 \Omega \quad (1 P)$$

$$I_a = \frac{2\pi \cdot M_{a,N}}{k\Phi} = \frac{2\pi \cdot 70 N m}{9 Vs} = 48,869 A \quad (1 P)$$

3)  $M_k = \frac{U_a \cdot k\Phi}{2\pi \cdot R_a} = \frac{300 V \cdot 9 Vs}{2\pi \cdot 1,5347 \Omega} = 280 N m \quad (2 P)$

4)  $P_{mech} = 2\pi \cdot M \cdot n = 2\pi \cdot 70 N m \cdot 25 \frac{1}{s} = 10995,57 W \quad (1 P)$

$$P_{el} = U_{a,N} \cdot I_{a,N} + U_{f,N} \cdot I_{f,N}$$

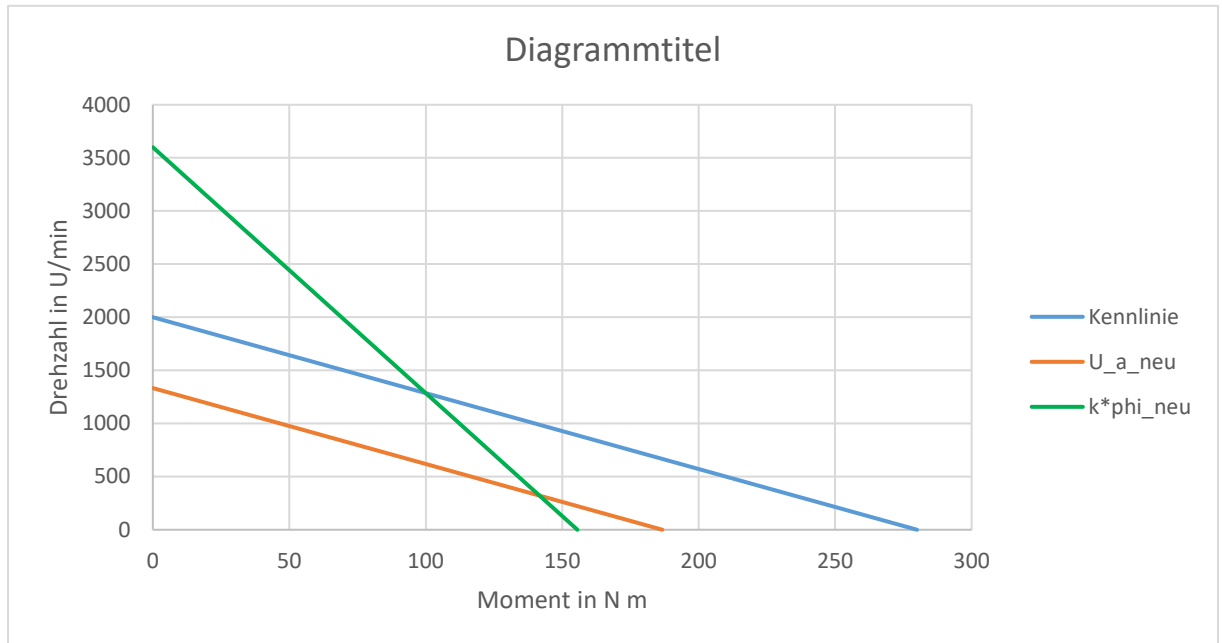
$$P_{el} = U_a \cdot I_a + U_{f,N} \cdot I_{f,N} = 300 V \cdot 48,869 A + 230 V \cdot 5 A = 15810,77 W$$

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

(1 P)

$$\eta = \frac{P_{mech}}{P_{el}} = \frac{10995,57 \text{ W}}{15810,77 \text{ W}} = 0,695 = 69,5\% \quad (1 \text{ P})$$

5) + 6)



Kennlinie mit 2 charakteristischen Punkten (2 P)

U\_a\_neu parallel zur Kennlinie und kleiner (1 P)

k\*phi\_neu mehr (negative) Steigung und höhere Leerlaufdrehzahl (2 P)

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Lösung 5:****a) Frequenz der Spannung  $u(t)$** 

Ablesen der Periode der Spannung

6 Kästchen pro Periode  $\rightarrow T = 30\text{ms}$  (1P)

Frequenz der Spannung  $u(t) \rightarrow f = 1/T = 33,33\text{Hz}$  (1P)

**b) Effektivwert des Stromes  $i(t)$** Indirekte Messung des Stromes mit dem Widerstand  $R$ 

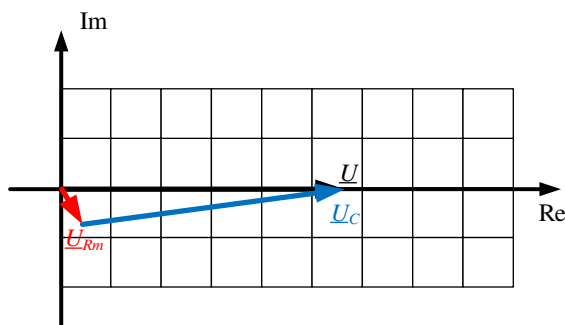
$$\hat{i} = \frac{\hat{u}_{Rm}}{R_m} = \frac{3V}{0,5\Omega} = 6A$$
 (1P)

Effektivwert des Stromes:

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = \frac{6A}{\sqrt{2}} = 4,24A$$
 (1P)

**c) und d) Zeigerdiagramm**Spannungswert  $\underline{U}_C$  bestimmen:

$$\underline{U}_C = \underline{U} - \underline{U}_{Rm} = \frac{20V}{\sqrt{2}} - \frac{3V}{\sqrt{2}} e^{-j60^\circ} = 13,08V + j1,84V = 13,21V e^{j7,99^\circ}$$
 (4P)

(2P  $\underline{U}_m$ )(2P  $\underline{u}_C$ )**e) Strom  $\underline{I}_{RL}$  bestimmen**Berechnen von  $\underline{I}_C$ :

$$\begin{aligned} \underline{I}_C &= \underline{U}_C \cdot j\omega C = 13,21V e^{j7,99^\circ} \cdot j2\pi \cdot 33,33\text{Hz} \cdot 1000\mu F = -0,38A + j2,74A \\ &= 2,77A \cdot e^{j97,99^\circ} \end{aligned}$$
 (3P)

Berechnen von  $\underline{I}_{RL}$ :

$$\underline{I} = 4,24A e^{-j60^\circ} = 2,12A - j3,67A$$
 (3P)

$$\underline{I}_{RL} = \underline{I} - \underline{I}_C = 2,5A - j6,41A = 6,88A e^{-j68,69^\circ}$$
 (2P)

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Lösung 6:****a) Übertragungsfunktion**

---

$$V(\omega) = \frac{U_a}{U} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{1 - \omega^2 LC} \quad (4P)$$

**b) Verstärkung in dB**

---

$$V(\omega_1) = 2 \Leftrightarrow V_{dB}(\omega_1) = 20 \log_{10} 2 = 6,02 \text{ dB} \quad (2P)$$

**c) Frequenz  $\omega_1$  bestimmen**

---

$$V(\omega_1) = \frac{U_a}{U} = \frac{40V}{20V} = 2 \quad (1P)$$

$$V(\omega_1) = \frac{1}{1 - \omega_1^2 LC} \Leftrightarrow \omega_1 = \sqrt{\frac{V(\omega_1) - 1}{V(\omega_1) CL}} \quad (2P)$$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{2 - 1}{2 \cdot 2,5mF \cdot 5mH}} = 200 \frac{1}{s} \quad (1P)$$

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

**Aufgabe 7 – Verständnisfragen****( /10P)****Fragen:**

- 1) An einer Kapazität liegt eine konstante, positive Spannung an. Welcher Strom fließt in die Kapazität?

Kein Strom,  
 $I = 0 \text{ A}$

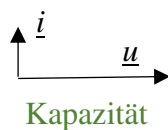
- 2) Was gilt bei der elektrischen Spannung, die in einer Haushaltssteckdose gemessen werden kann?

- Der Mittelwert der Spannung beträgt 230 V  
 Die Frequenz der Spannung beträgt 50 Hz  
 Der Effektivwert der Spannung beträgt 325 V

- 3) Um einen Eisenkern mit Luftspalt ist ein Draht mit  $N$  Windungen gewickelt, in den ein elektrischer Strom  $I$  eingepreßt wird. Welche Aussage könne Sie bzgl. der magnetischen Feldstärken im Eisen  $H_{\text{FE}}$  sowie im Luftspalt  $H_{\delta}$  treffen?

- $H_{\text{FE}} = H_{\delta}$   
  $H_{\text{FE}} > H_{\delta}$   
  $H_{\text{FE}} < H_{\delta}$

- 4) Zu welchem elektrischen Bauelement gehört das folgende Zeigerdiagramm?



- 5) Wie groß ist der elektrische Widerstand eines PT1000 Messfühlers bei einer Temperatur von  $0^{\circ}\text{C}$ ?

1000  $\Omega$

- 6) Sie haben am Labornetzteil eine Spannung von 20 V und eine Strombegrenzung von 100 mA eingestellt. Sie schließen eine ohm'sche Last mit einem elektrischen Widerstand von 1000  $\Omega$  direkt an das Netzteil.. Welche elektrische Spannung stellt sich über dem Widerstand ein?

20 V

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

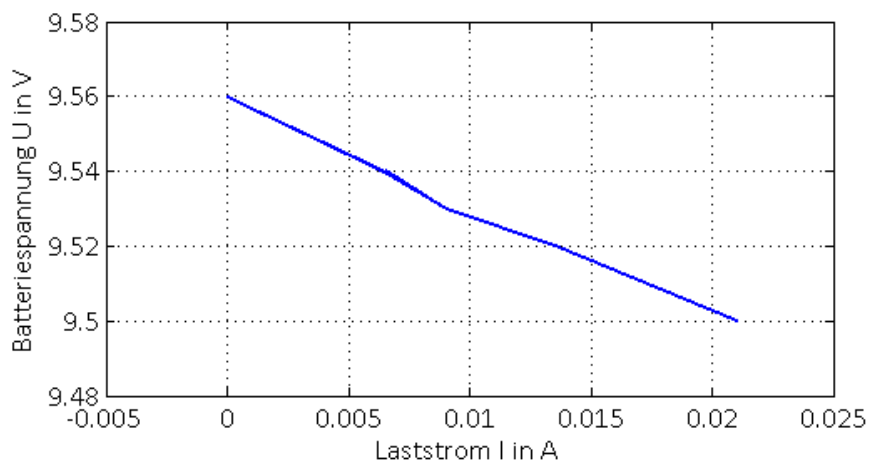
7) Markieren Sie die richtige Aussage.

- Hartmagnetische Stoffe verursachen in einem Ummagnetisierungszyklus im Allgemeinen weniger Hystereseverluste als weichmagnetische Stoffe.
- Hart- und weichmagnetische Stoffe verursachen in einem Ummagnetisierungszyklus im Allgemeinen gleich große Hystereseverluste.
- Weichmagnetische Stoffe verursachen in einem Ummagnetisierungszyklus im Allgemeinen weniger Hystereseverluste als hartmagnetische Stoffe.

8) Gegeben sind die magnetischen Feldlinien im Luftspalt einer fremderregten Gleichstrommaschine. Wie müssen die Wicklungen im Stator gewickelt sein, damit sich das eingezeichnete Feld ergibt? (Kreuzen Sie die richtige Lösung an) (1P)

|                             |  |                             |
|-----------------------------|--|-----------------------------|
|                             |  |                             |
| a) <input type="checkbox"/> | b) <input checked="" type="checkbox"/> | c) <input type="checkbox"/> |

9) Wie groß ist die Leerlaufspannung der gegebenen Batteriekennlinie?



Antwort: 9,56 V

Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

10) Wie groß ist die Durchflutung  $\Theta$  für die Kontur C mit  $I_1 = 2 \text{ A}$ ,  $I_2 = 1 \text{ A}$  und  $I_3 = 0,5 \text{ A}$ ? (Kreuzen Sie die richtige Lösung an.)

(1P)

$\Theta = I_1 - I_2 - I_3 = 0,5 \text{ A}$

$\Theta = -I_1 + I_2 + I_3 = -0,5 \text{ A}$

$\Theta = I_1 + I_2 + I_3 = 3,5 \text{ A}$

$\Theta = I_1 \cdot I_2 \cdot I_3 = 1 \text{ A}$

