

## 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

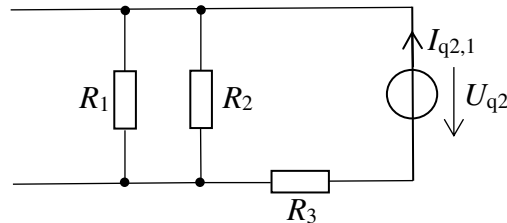
<b>Aufgabe</b>	<b>Punkte</b>
1	/ 15
2	/ 15
3	/ 15
4	/ 15
5	/ 15
6	/ 15
7	/ 10
<b>Summe</b>	<b>/100</b>
<b>Note</b>	

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

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

a) Wirkung der Spannungsquelle

(2P)

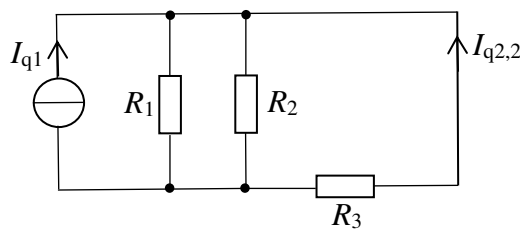


$$R_{g,1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 = 1 \Omega + 2 \Omega = 3 \Omega \quad (2P)$$

$$I_{q2,1} = \frac{U_{q2}}{R_{g,1}} = \frac{8 \text{ V}}{3 \Omega} = 2,667 \text{ A} \quad (2P)$$

b) Wirkung der Stromquelle

(2P)



$$Y_{G,2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{1,5} \text{ S} + \frac{1}{3} \text{ S} + \frac{1}{2} \text{ S} = 1,5 \text{ S} \quad (2P)$$

$$Y_{3,2} = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{2} \text{ S} = 0,5 \text{ S}$$

$$I_{q2,2} = -\frac{Y_{3,2}}{Y_{G,2}} \cdot I_{q1} = -\frac{0,5}{1,5} \cdot 2 \text{ A} = -0,67 \text{ A} \quad (3P)$$

**Oder**

$$I_{q2,2} = -\frac{U_{G,2}}{R_3} = -\frac{I_{q1}}{Y_{G,2} \cdot R_3} = -\frac{2 \text{ A}}{1,5 \text{ S} \cdot 2 \Omega} = -0,67 \text{ A}$$

c) Superposition

$$I_{q2} = 2,67 \text{ A} - 0,67 \text{ A} = 2 \text{ A}$$

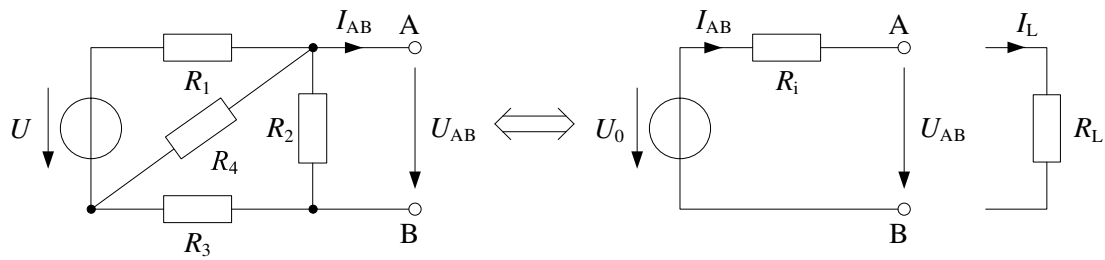
(Folgefehler be-  
rücksichtigen) (2P)

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

d) **Lösung 1:**

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

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



$$U = 40 \text{ V}; R_1 = 15 \text{ } \Omega; R_2 = 53\frac{1}{3} \text{ } \Omega; R_3 = 20 \text{ } \Omega; R_4 = 60 \text{ } \Omega; R_L = ? \text{ } \Omega$$

**Abbildung 1: Gleichstromnetzwerk**

Aufgabenstellung:

- 1) Berechnen Sie  $R_i$  und  $U_0$ . (8 P)
  - 2) Bestimmen Sie  $R_L$ , damit sich ein Strom  $I_L$  von 20 mA einstellt. (3 P)
  - 3) Bestimmen Sie die Leistung die im Widerstand  $R_L$  und im Widerstand  $R_i$  umgewandelt wird, wenn  $R_L$  angeschlossen ist. (2 P)
  - 4) Wie groß ist der Wirkungsgrad der dargestellten Schaltung? (2 P)
- (Hinweis: Die in  $R_i$  umgesetzte Leistung stellen die Verluste dar)

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

**Lösung 2:**

- 1) Berechnen Sie
- $R_i$
- und
- $U_0$
- . (8 P)

$U_0 = U_{R_2} = I_{0,ges} \cdot \frac{R_4}{R_2 + R_3 + R_4} \cdot R_2$	(1 P)
<p>Alternative: <math>U_{R_2} = U_{R_{234}} \cdot \frac{R_2}{R_2 + R_3}</math> mit <math>U_{R_{234}} = I_{0,ges} \cdot R_4 // R_2 + R_3</math></p> $I_{0,ges} = U_0 / R_{ges}$ $R_{ges} = R_1 + R_4 // (R_2 + R_3)$ $R_{ges} = 15 \Omega + 60 \Omega // (53 \frac{1}{3} \Omega + 20 \Omega)$ $R_{ges} = 15 \Omega + \frac{60 \Omega \cdot 73 \frac{1}{3} \Omega}{60 \Omega + 73 \frac{1}{3} \Omega} = 15 \Omega + 33 \Omega = 48 \Omega$ $I_{0,ges} = \frac{U_0}{R_{ges}} = \frac{40 V}{48 \Omega} = \frac{5}{6} A = 0,8333 A$ $U_0 = U_{R_2} = I_{0,ges} \cdot \frac{R_4}{R_2 + R_3 + R_4} \cdot R_2$ $= \frac{5}{6} A \cdot \frac{60 \Omega}{53 \frac{1}{3} \Omega + 20 \Omega + 60 \Omega} \cdot 53 \frac{1}{3} \Omega = 20 V$	(1 P) (1 P) (1 P) (1 P) (1 P)
$R_i = R_2 // (R_3 + R_4 // R_1)$ $R_i = 53 \frac{1}{3} \Omega // (20 \Omega + \frac{60 \Omega \cdot 15 \Omega}{60 \Omega + 15 \Omega}) = 53 \frac{1}{3} \Omega // (20 \Omega + 12 \Omega)$ $= \frac{53 \frac{1}{3} \Omega \cdot 32 \Omega}{53 \frac{1}{3} \Omega + 32 \Omega} = 20 \Omega$ <p>Alternative: <math>I_k = I_{k,R_3} = \frac{U}{R_1 + (R_4 // R_3)} \cdot \frac{R_4 // R_3}{R_3}</math></p> $\text{mit } R_4 // R_3 = \frac{60 \Omega \cdot 20 \Omega}{60 \Omega + 20 \Omega} = 15 \Omega$ $\frac{40 V}{15 \Omega + 15 \Omega} \cdot \frac{15 \Omega}{20 \Omega} = 1 A$ $R_i = \frac{U_0}{I_k} = \frac{20 V}{1 A} = 20 \Omega$	(2 P) (1 P)

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

$$I_L = \frac{U_0}{R_i + R_L} \rightarrow 0,02 A = \frac{20 V}{20 \Omega + R_L} \rightarrow R_L = \frac{20 V}{0,02 A} - 20 \Omega = 980 \Omega \quad (3 P)$$

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

- 3) Bestimmen Sie die Leistung die im Widerstand  $R_L$  und im Widerstand  $R_i$  umgewandelt wird, wenn  $R_L$  angeschlossen ist.

$$P_{R_L} = I_L^2 \cdot R_L = (0,02 \text{ A})^2 \cdot 980 \Omega = 0,392 \text{ W} = 392 \text{ mW} \quad (1 \text{ P})$$

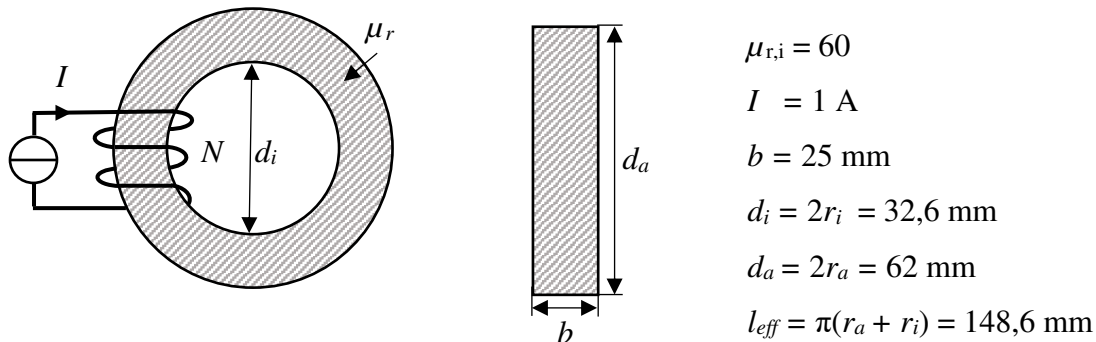
$$P_{R_i} = I_L^2 \cdot R_i = (0,02 \text{ A})^2 \cdot 20 \Omega = 0,008 \text{ W} = 8 \text{ mW} \quad (1 \text{ P})$$

- 4) Wie groß ist der Wirkungsgrad der dargestellten Schaltung?

(Hinweis: Die in  $R_i$  umgesetzte Leistung stellen die Verluste dar)

$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{392 \text{ mW}}{400 \text{ mW}} = 0,98 = 98\% \quad (2 \text{ P})$$

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

**Aufgabe 3 – magnetischer Kreis: ( /15P)****Abbildung 2: Magnetischer Kreis**

Um einen Kern mit den in Abbildung 2 gegebenen Abmessungen ist eine Spule mit  $N = 79$  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 Fluss  $\Phi$  sowie die magnetische Flussdichte  $B$  im Kern. (7 P)

$$H = \frac{N \cdot I}{l_{eff}} = \frac{79 \cdot 1 \text{ A}}{0,1486 \text{ m}} = 531,63 \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Ergebnis})$$

$$B = \mu_0 \mu_{r,i} H = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 60 \cdot 531,63 \frac{\text{A}}{\text{m}} = 0,04 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Ergebnis})$$

$$\begin{aligned} \phi &= B \cdot A = 0,04 \frac{\text{Vs}}{\text{m}^2} 25 \text{ mm} \cdot 14,7 \text{ mm} \\ &= 1,47 \cdot 10^{-5} \text{ Vs} \quad (1P \text{ Formel}, 1P \text{ Formel für Fläche}, 1P \text{ Ergebnis}) \end{aligned}$$

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

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

$$L = 79^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 60 \cdot \frac{25 \text{ mm} \cdot 14,7 \text{ mm}}{148,6 \text{ mm}} = 1,164 \text{ mH} \quad (1P \text{ Ergebnis})$$

- c) Neue Permeabilität und Induktivität (3 P)

$$H^* = \frac{N \cdot I^*}{l_{eff}} = \frac{79 \cdot 1,6 \text{ A}}{0,1486 \text{ m}} = 850,61 \frac{\text{A}}{\text{m}} \quad (1P \text{ Ergebnis})$$

Ablesen:  $\mu_r^* = 50$  (1P Ablesen)

$$L^* = N^2 \mu_0 \mu_r^* \frac{A}{l_{eff}}$$

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

$$L^* = 79^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}} \cdot 50 \cdot \frac{25 \text{ mm} \cdot 14,7 \text{ mm}}{148,6 \text{ mm}} = 0,97 \text{ mH} \text{ (1P Ergebnis)}$$

d) Neue Windungszahl (3 P)

$$N = \sqrt{\frac{L \cdot l_{eff}}{A \cdot \mu_0 \mu_r^*}} = 86,4 \approx 87 \text{ (2P Formel aufstellen, )}$$

(1P Ergebnis 86 oder 87)



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

**Lösung 3:**

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

**Aufgabe 4 – Gleichstrommaschine:** ( /15P)

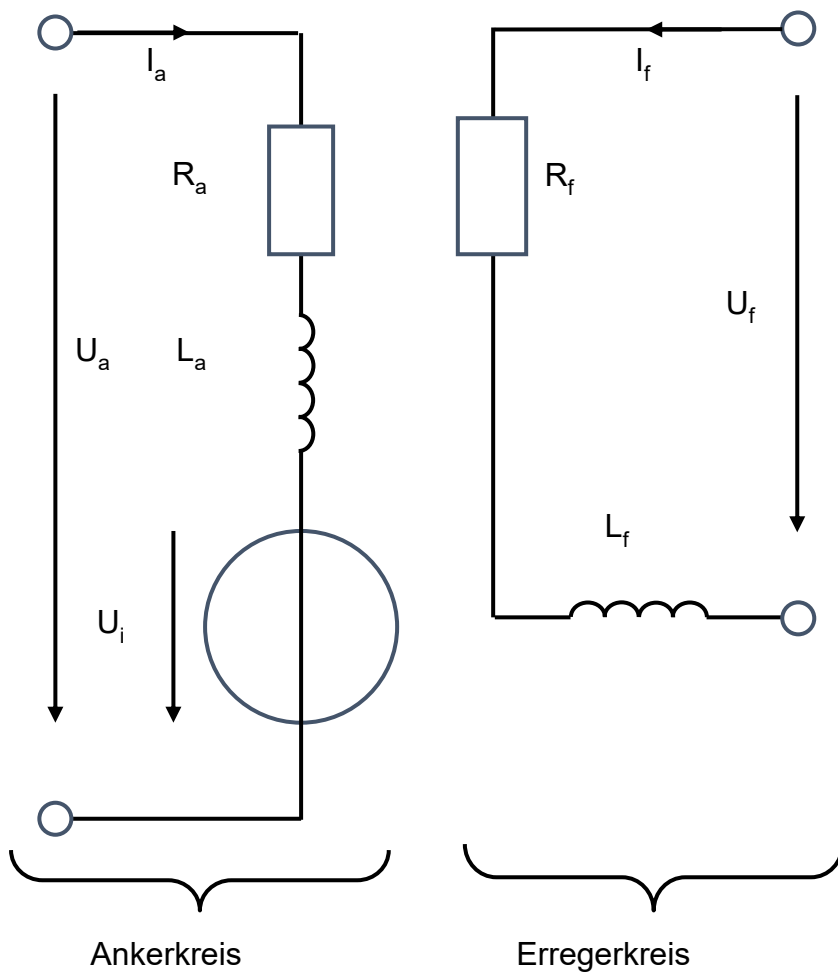
Gegeben sind folgende Parameter einer fremderregten Gleichstrommaschine bei Nennspannung:

Rotornennspannung $U_{a,N}$	400 V
Rotornennstrom $I_{a,N}$	55 A
Leerlaufdrehzahl $n_{0,N}$	3000 U/min
Erregerspannung $U_{f,N}$	180 V
Erregerstrom $I_{f,N}$	2,3 A
Arbeitspunkt	1500 U/min bei 70 N m

- 1) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der fremderregten Gleichstrommaschine. (2 P)  
(Kennzeichnen Sie den Rotor und den Stator)
- 2) Bestimmen Sie rechnerisch den Maschinenparameter  $k\Phi$  und den Ankerwiderstand  $R_a$ . (4 P)
- 3) Berechnen Sie das Kurzschlussmoment  $M_k$ . (2 P)
- 4) Berechnen Sie den Wirkungsgrad  $\eta$  der Maschine im Arbeitspunkt. (3 P)  
(Hinweis: Berücksichtigen Sie die Verluste im Stator und im Rotor.)
- 5) 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)
- 6) a) Wie ändert sich die Kennlinie, wenn Sie die Maschine mit einer geringeren Ankerspannung betreiben?  
b) Wie ändert sich die Kennlinie, wenn Sie die Maschine mit einer geringeren Erregerspannung betreiben?  
(Hinweis: Zeichnen Sie die neuen Kennlinien für a) und b) qualitative in die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** auf Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.** ein.) (2 P)

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

**Lösung 4:**



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

2)  $3000 \frac{1}{min} \rightarrow 50 \frac{1}{s}$  (1 P)

$k\Phi = \frac{U_a}{n_0} = \frac{400 V}{50 \frac{1}{s}} = 8 Vs$  (1 P)

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

$R_a = \frac{400 V \cdot 8 Vs}{2\pi \cdot 70 N m} - \frac{25 \frac{1}{s} \cdot (8 Vs)^2}{2\pi \cdot 70 N m} = 7,2756 \Omega - 3,6378 \Omega = 3,6378 \Omega$  (1 P)

3)  $M_k = \frac{U_a \cdot k\Phi}{2\pi \cdot R_a} = \frac{400 V \cdot 8 Vs}{2\pi \cdot 3,6378 \Omega} = 140 N m$  (2 P)

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

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

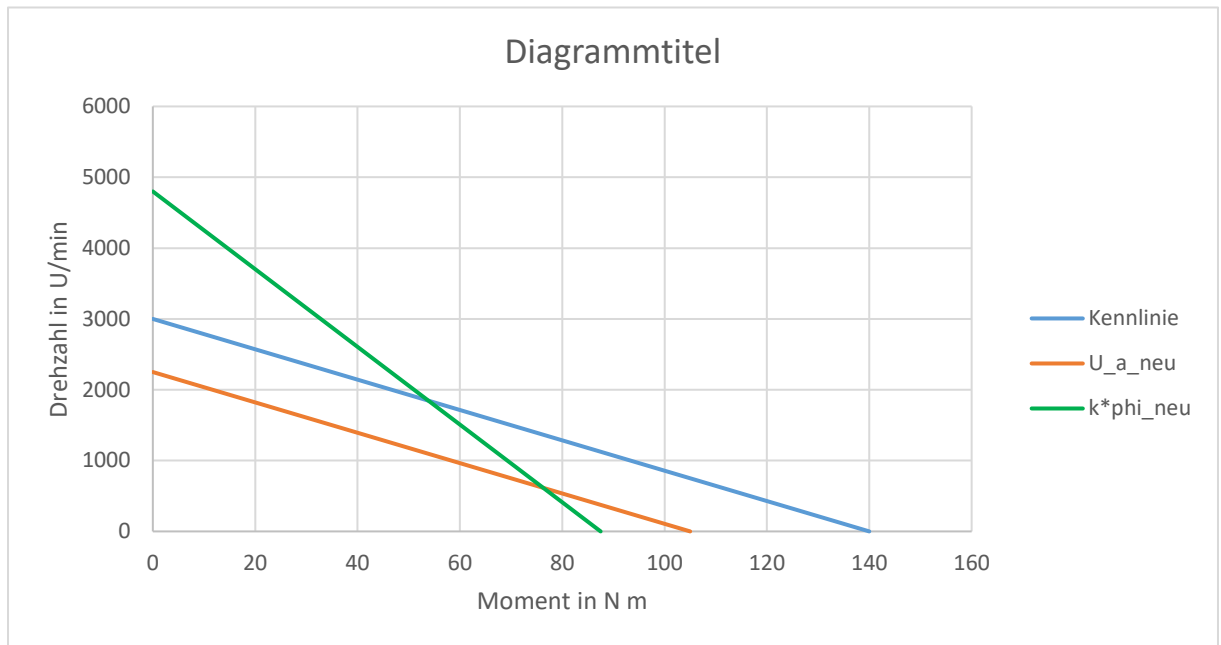
$I_a = \frac{2\pi \cdot M}{k\Phi} = \frac{2\pi \cdot 70 N m}{8 Vs} = 55 A$

$P_{el} = U_a \cdot I_a + U_{f,N} \cdot I_{f,N} = 400 V \cdot 55 A + 180 V \cdot 2,3 A = 22414 W$  (1 P)

$\eta = \frac{P_{mech}}{P_{el}} = \frac{10995,57 W}{22414 W} = 0,491 = 49,1\%$  (1 P)

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

5) + 6)



Kennlinie mit 2 charakteristischen Punkten (2 P)

U<sub>a</sub>\_neu parallel zur Kennlinie und kleiner (1 P)

k\*phi<sub>neu</sub> mehr (negative) Steigung und höhere Leerlaufdrehzahl (1 P)

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

**Aufgabe 5 - Wechselstromnetzwerke:** ( /15P)**a) Frequenz der Spannung  $u(t)$** 

Ablesen der Periode der Spannung

4 Kästchen pro Periode  $\rightarrow T = 8\text{ms}$  (1P)Frequenz der Spannung  $u(t) \rightarrow f = 1/T = 125\text{Hz}$  (1P)**b) Effektivwert des Stromes  $i(t)$** Indirekte Messung des Stromes mit dem Widerstand  $R$ 

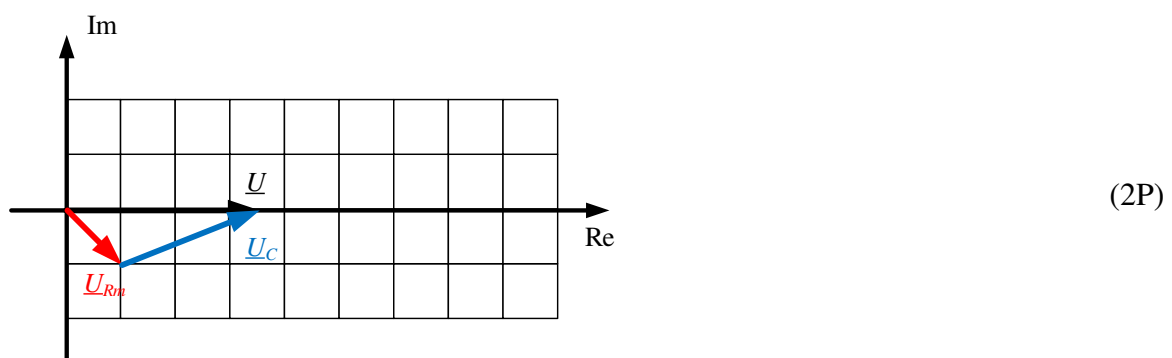
$$\hat{i} = \frac{\hat{u}_{Rm}}{R_m} = \frac{20V}{2\Omega} = 10A \quad (1P)$$

Effektivwert des Stromes:

$$I = \frac{\hat{i}}{\sqrt{2}} = \frac{10A}{\sqrt{2}} = 7,07A \quad (1P)$$

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

$$\underline{U}_C = \underline{U} - \underline{U}_{Rm} = \frac{50V}{\sqrt{2}} - \frac{20V}{\sqrt{2}} e^{-j45^\circ} = 25,36V + j10V = 27,26V e^{j21,52^\circ} \quad (2P)$$

**e) Widerstand  $R$  und Induktivität  $L$  bestimmen**Berechnen von  $\underline{I}_C$ :

$$\begin{aligned} \underline{I}_C &= \underline{U}_C \cdot j\omega C = 27,26V e^{j21,52^\circ} \cdot j2\pi \cdot 125\text{Hz} \cdot 100\mu F = -0,78A + j1,99A \quad (2P) \\ &= 2,14A e^{j111,52^\circ} \end{aligned}$$

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

Berechnen von  $\underline{I}_L$ :

$$\underline{I} = 7,07Ae^{-j45^\circ} = 5A - j5A \quad (1P)$$

$$\underline{I}_L = \underline{I} - \underline{I}_C = 5,78A - j6,99A = 9,07Ae^{-j50,41^\circ} \quad (1P)$$

Bestimmung von  $\underline{Z}_L = R + j\omega L$ 

$$\underline{Z}_L = \frac{U_C}{\underline{I}_L} = \frac{27,26Ve^{j21,52^\circ}}{9,07Ae^{-j50,41^\circ}} = 3\Omega e^{j71,93^\circ} = 0,93\Omega + j2,86\Omega \quad (2P)$$

$$R = 0,93\Omega$$

Bestimmung von  $L$ 

$$X_L = \omega L = 2,86\Omega \Rightarrow L = \frac{2,86\Omega}{2\pi \cdot 125Hz} = 3,64mH \quad (1P)$$

---

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

**Aufgabe 6 - Wechselstromnetzwerke: ( /15P)****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) Resonanzfrequenz**

$$V(\omega) = \frac{1}{1 - \omega^2 LC} \rightarrow \infty, \text{ wenn } 1 - \omega^2 LC = 0 \quad (2P)$$

Resonanzfrequenz bestimmen

$$1 - \omega^2 LC = 0 \Leftrightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2P)$$

**c) Kapazität C bestimmen**

$$V(\omega_1) = \frac{U_a}{U} = \frac{50V}{10V} = 5 \quad (1P)$$

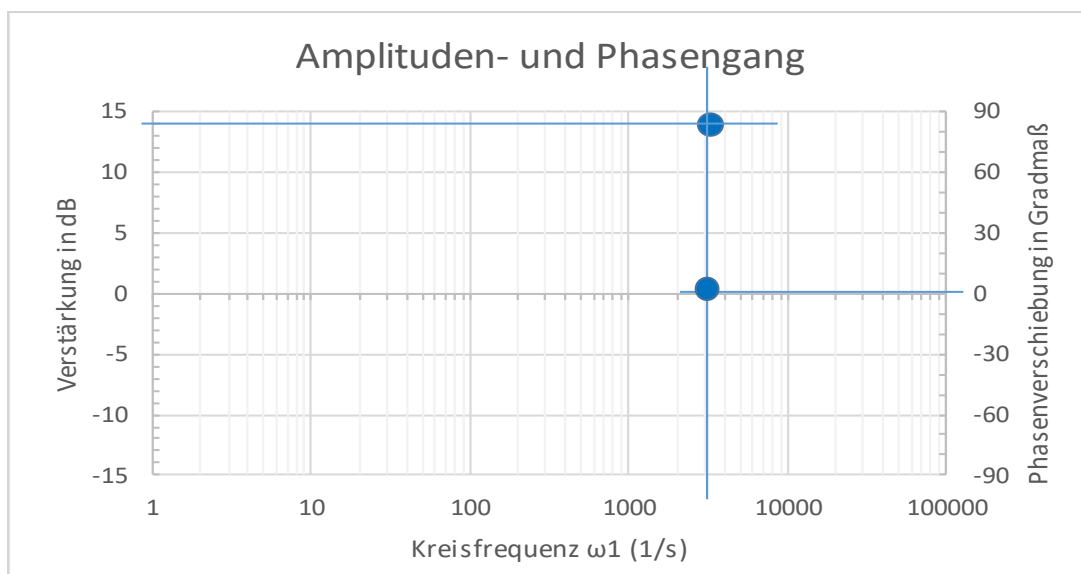
$$V(\omega_1) = \frac{1}{1 - \omega_1^2 LC} \Leftrightarrow C = \frac{V(\omega_1) - 1}{V(\omega_1)\omega_1^2 L} \quad (2P)$$

$$C = \frac{5 - 1}{5 \cdot \left(3000 \frac{1}{s}\right)^2 500 \mu H} = 177,78 \mu F \quad (1P)$$

**d) Bodediagramm**

Verstärkung in dB

$$V(\omega_1) = 5 \Leftrightarrow V_{dB}(\omega_1) = 20 \log_{10} 5 = 13,97 \text{ dB} \quad (1P)$$



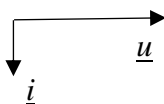
Name: \_\_\_\_\_ Matr.-Nr.: \_\_\_\_\_

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

- 1) Um den Widerstand eines elektrischen Leiters zu verkleinern, sollte man
- die Leiterlänge vergrößern
  - den Leiterquerschnitt verkleinern
  - den Leiterquerschnitt vergrößern
- 2) Was gilt bei der elektrischen Spannung, die in einer Haushaltssteckdose gemessen werden kann?
- Der Mittelwert der Spannung beträgt 0 V
  - Die Amplitude der Spannung beträgt 230 V
  - Der Effektivwert der Spannung beträgt 325 V

- 1) 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  $H_{FE}$  sowie im Luftspalt  $H_{\delta}$  treffen?
- $H_{FE} = H_{\delta}$
  - $H_{FE} > H_{\delta}$
  - $H_{FE} < H_{\delta}$

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



Induktivität

- 3) Wie groß ist der elektrische Widerstand eines PT100 Messfühlers bei einer Temperatur von  $0^{\circ}\text{C}$ ?

100  $\Omega$ 

- 4) 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 80  $\Omega$  direkt an das Netzteil. Sie können Leitungswiderstände und den Innenwiderstand des Netzteils vernachlässigen. Welche elektrische Spannung stellt sich über dem Widerstand ein?



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

8 V

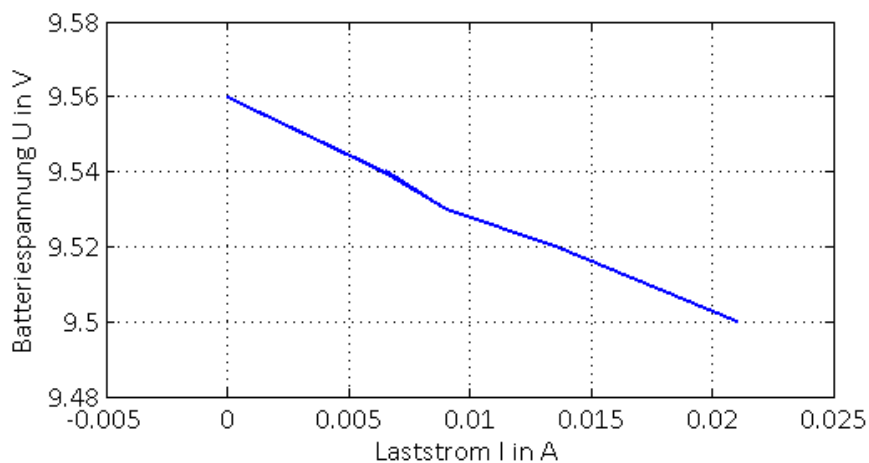
5) Markieren Sie die richtige Aussage.

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

6) 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"/>

7) Wie groß ist die Leerlaufspannung der gegebenen Batteriekennlinie?



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

Antwort: 9,56 V

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

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

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

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

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

