

# Klausur im Modul Grundgebiete der Elektrotechnik II

am 06.09.2010, 8:30 – 10:00 Uhr

Name:	Vorname:	Matr.Nr.:
-------	----------	-----------

E-Mail-Adresse:
-----------------

Studiengang:
--------------

Prüfungsdauer: 90 Minuten

- Zur Prüfung sind folgende Hilfsmittel zugelassen: Schreibgerät, Geodreieck/Lineal, nicht programmierbarer Taschenrechner sowie ein DIN A4-Blatt Formelsammlung (beidseitig selbst **handschriftlich** beschrieben, nicht kopiert). Die Verwendung von eigenem Papier ist nicht gestattet.
- Tragen Sie Name und Vorname auf dem Deckblatt und auch auf **jedem** Aufgabenblatt ein.
- Prüfen Sie die Anzahl der Aufgabenblätter (6 Aufgaben / 14 Seiten) auf Vollständigkeit.
- Die Aufgabenblätter sollen zusammengeheftet bleiben. Die Lösungswege und Lösungen zu den Aufgaben sind in die dafür vorgesehenen Zwischenräume einzutragen. Falls Sie mehr Platz benötigen, verwenden Sie die linken leeren Seiten.
- Bei Abgabe: Bleiben Sie bitte an Ihrem Platz. Die bearbeiteten Aufgabenblätter werden bei Ihnen abgeholt.
- Bitte nichts in die folgenden Tabellen eintragen! Diese werden von uns ausgefüllt.

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$
Punkte	13	13	16	25	18	15	100
erreicht							

Übungen (Gewicht 25%)	Klausur (Gewicht 75%)	Gesamt %	Modulnote

Auszufüllen bei der Klausureinsicht:

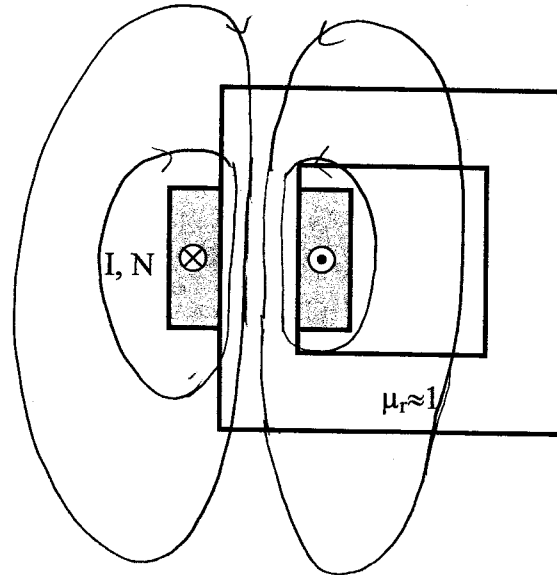
Klausur eingesehen \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Name:

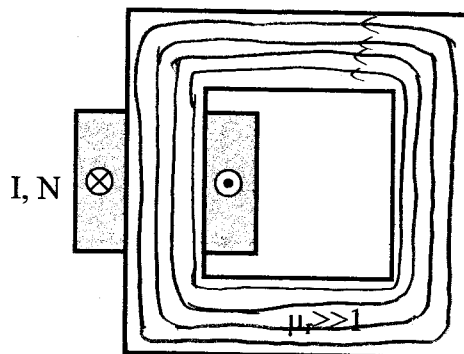
Vorname:

### Aufgabe 1: Magnetischer Kreis (13 Punkte)

(a) Ein Schenkel eines quadratischen Kupferkerns ( $\mu_r \approx 1$ ) sei mit einer Spule mit  $N$  Windungen umwickelt, die von einem Strom  $I > 0$  durchflossen wird. Der Bereich der Spule ist in der Skizze unten grau eingezeichnet. Zeichnen Sie qualitativ die Feldlinien der magnetischen Flussdichte in die Skizze ein.



(b) Ein Schenkel eines quadratischen Eisenkerns ( $\mu_r \gg 1$ ) sei mit einer Spule mit  $N$  Windungen umwickelt, die von einem Strom  $I > 0$  durchflossen wird. Der Bereich der Spule ist in der Skizze unten grau eingezeichnet. Zeichnen Sie qualitativ die Feldlinien der magnetischen Flussdichte in die Skizze ein.



Name:

Vorname:

(c) Der quadratische Eisenkern aus Aufgabenteil (b) sei aus Grauguss (Magnetisierungskurve c unten) hergestellt. Die mittleren Schenkellängen betragen jeweils 5 cm und die Schenkelquerschnittsflächen  $10 \text{ cm}^2$ . Die Spule habe  $N = 100$  Windungen und werde von dem Strom  $I = 2 \text{ A}$  durchflossen. Wie groß sind die magnetische Flussdichte und der magnetische Fluss im Eisenkern? Wie groß ist die Selbstinduktivität der Spule mit quadratischem Eisenkern?

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \Theta = N \cdot I$$

$$N = 100$$

$$L = 5 \text{ cm}$$

$$I = 2 \text{ A}$$

$$A = 10 \text{ cm}^2$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} \approx H \cdot 4L$$

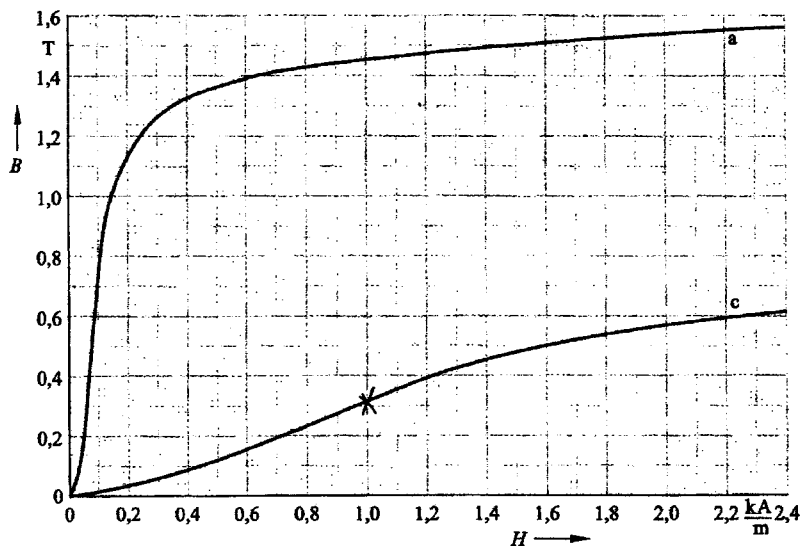
$$\rightarrow H \approx \frac{N \cdot I}{4 \cdot L} = 1 \frac{\text{kA}}{\text{m}}$$

aus Graph:  $B \approx 0,32 \text{ T}$

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \approx B \cdot A = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ Vs} = 320 \mu\text{Vs}$$

$$L = \frac{\psi}{I} = \frac{N \cdot \phi}{I} = 16 \text{ mH}$$

Magnetisierungskurven: a) kaltgewalztes Elektroblech; c) Grauguss

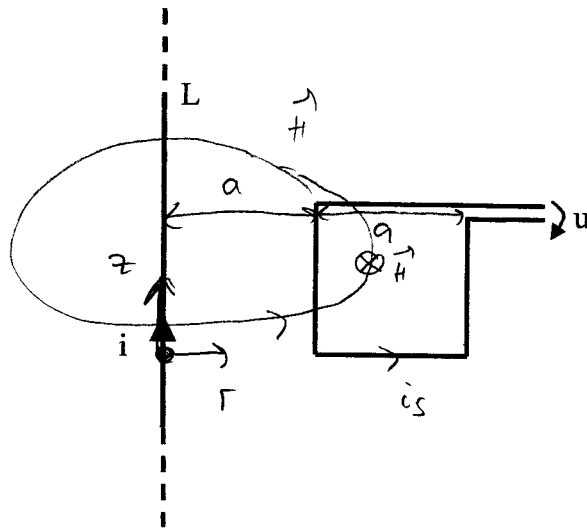


Name:

Vorname:

### Aufgabe 2: Induktion (13 Punkte)

(a) In einem sehr langen Leiter L steigt der Strom  $i$  zeitlinear in 1 ms von 0 auf 20 kA an. Berechnen Sie den Betrag der Spannung  $u$  an den Klemmen einer quadratischen Leiterschleife, die mit dem Leiter L in einer Ebene liegt. Die Leiteranordnung befindet sich in Luft. Die Seitenlängen der Leiterschleife betragen jeweils 4 cm und der Abstand der Leiterschleife zum Leiter L betrage ebenfalls 4 cm. Die durch die Zuleitungen zu den Klemmen gebildete Fläche sei vernachlässigbar.



$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = \Theta = i \rightarrow H(r, t) \cdot 2\pi r = i \rightarrow H(r, t) = \frac{i}{2\pi r}$$

$$i = \frac{20 \text{ kA}}{1 \text{ ms}} \cdot t \quad \text{für } 0 \leq t \leq 1 \text{ ms}$$

$$\Phi(t) = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int_{r=a}^{2a} \int_{z=0}^a \frac{i \mu_0}{2\pi r} dz \cdot dr = \frac{i \mu_0 a}{2\pi} \left[ \ln r \right]_a^{2a}$$

$$= \frac{i \mu_0 a}{2\pi} \ln 2$$

$$|u| = \left| \frac{d\Phi(t)}{dt} \right| = \frac{\mu_0 a \ln 2}{2\pi} \left| \frac{di}{dt} \right| = \frac{\mu_0 \cdot a \cdot \ln 2}{2\pi} \frac{20 \text{ kA}}{1 \text{ ms}} = \underline{\underline{0,11 \text{ V}}}$$

Name:	Vorname:
-------	----------

(b) Erläutern Sie anhand des Beispiels in Aufgabenteil (a) das Lenzsche Gesetz. Zeichnen Sie in die Zeichnung in (a) den Richtungssinn des induzierten Schleifenstromes  $i_s$  ein, der bei einem Kurzschließen der Leiterschleife fließen würde.

Nach dem Lenzschen Gesetz ist der Richtungssinn eines durch Induktion erzeugten Stromes  $i_s$  stets so, dass sein Magnetfeld der induzierenden Flussänderung entgegenwirkt. In (a) nimmt der in die Ebene hinein zeigende magnetische Fluss mit der Zeit zu. Daher muss das durch  $i_s$  induzierte Magnetfeld aus der Ebene heraus zeigen. Daraus ergibt sich der eingezeichnete Richtungssinn von  $i_s$ .

Name:

Vorname:

### Aufgabe 3: Wechselstromnotationen und Qucs (16 Punkte)

(a) Füllen Sie die nachfolgende Tabelle mit den verschiedenen Darstellungen von Sinusschwingungen aus. Für die Fälle (a) und (b) ist jeweils eine Darstellung gegeben und alle anderen Darstellungsmöglichkeiten für das Signal sollen gefunden werden.

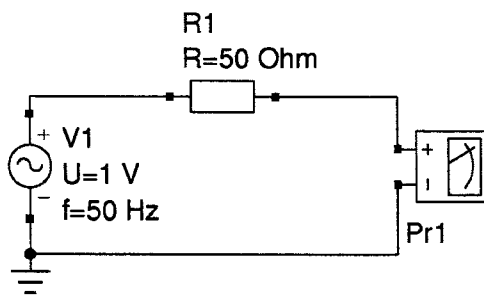
	(a)	(b)
Gleichung im Zeitbereich	$u(t) = 3\text{V} \cos(2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot t + 20^\circ)$	$i(t) = 5\text{mA} \cos(20\mu\text{s}^{-1} t - 130^\circ)$
Kreisfrequenz $\omega$	$\omega = 2\pi \cdot 100\text{Hz} = 628,3\text{s}^{-1}$	$\omega = 20\mu\text{s}^{-1}$
Zeigerdarstellung – Amplitudenzeiger (Skizze zeichnen!)		
Zeigerdarstellung – Effektivwertzeiger (Skizze zeichnen!)		
Vollständiges komplexes Symbol	$u(t) = 3\text{V} e^{j(2\pi \cdot 100\text{Hz} \cdot t + 20^\circ)}$	$i(t) = 5\text{mA} e^{j(20\mu\text{s}^{-1} t - 130^\circ)}$
Komplexes Amplitudensymbol – P-Form	$\hat{u} = 3\text{V} \angle 20^\circ$	$\hat{i} = 5\text{mA} \angle -130^\circ$
Komplexes Amplitudensymbol – R-Form	$\hat{u} = 2,8\text{V} + j \cdot 1,0\text{V}$	$\hat{i} = -3,2\text{mA} - j \cdot 3,8\text{mA}$
Komplexes Effektivwertsymbol – P-Form	$\underline{U} = 2,12\text{V} \angle 20^\circ$	$\underline{I} = 3,5\text{mA} \angle -130^\circ$
Komplexes Effektivwertsymbol – R-Form	$\underline{U} = 2,0\text{V} + j \cdot 0,7\text{V}$	$\underline{I} = -2,9\text{mA} - j \cdot 2,7\text{mA}$

Name:

Vorname:

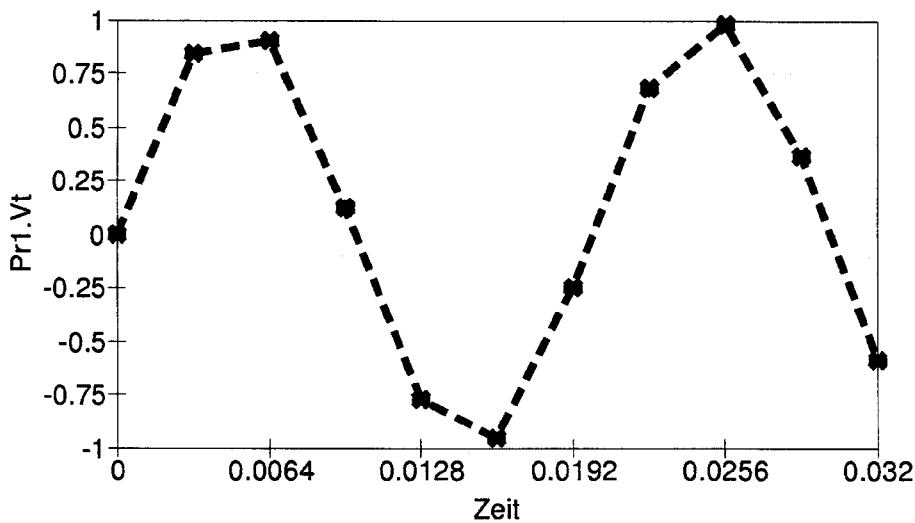
(b) Gegeben sei die unten gezeigte Qucs-Simulation, wobei die Ergebnisse für  $t_1$  und  $t_2$  entfernt wurden. Welche Werte ergeben sich bei der Simulation für  $t_1$  und  $t_2$ ? Begründen Sie Ihre Antwort!

*xvalue* gibt die x-Stelle des Punktes zurück, dessen y-Wert dem übergebenen Wert am nächsten liegt.



### Transientsimulation

TR1  
Type=lin  
Start=0  
Stop=32m  
Points=11  
Schrittweite=0.0032



### Gleichung

Eqn1

$t_1 = \text{xvalue}(\text{Pr1.Vt}, 0.4)$

$t_2 = \text{xvalue}(\text{Pr1.Vt}, -2)$

number	t1
1	0,0288

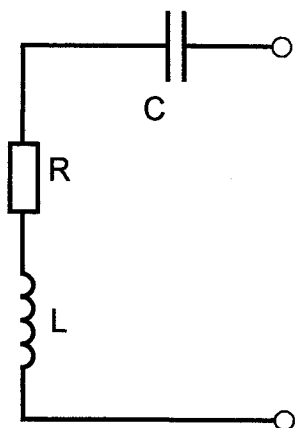
number	t2
1	0,0160

Name:

Vorname:

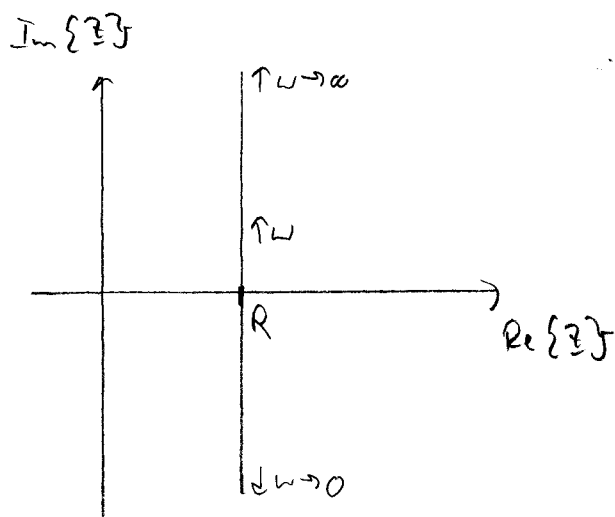
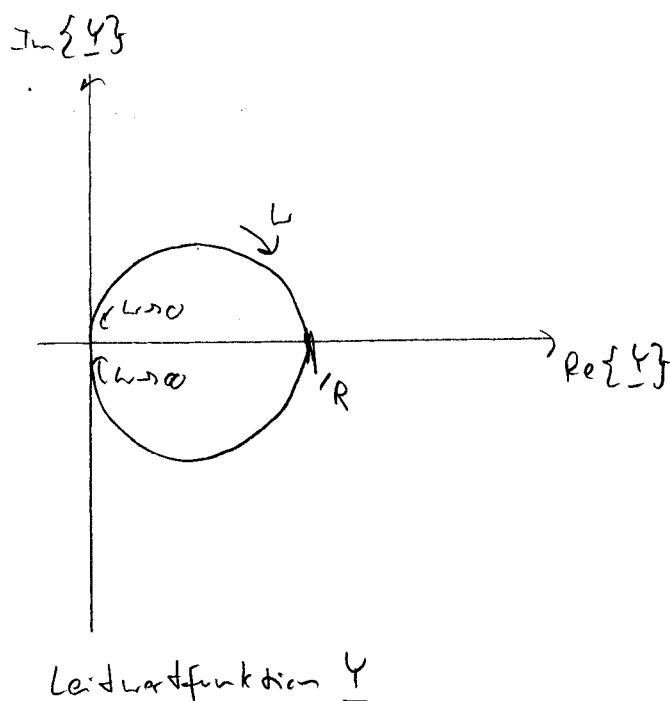
**Aufgabe 4: Widerstandsfunktion (25 Punkte)**

(a) Stellen Sie die Gleichung der Widerstandsfunktion für das folgende passive Netz auf:



$$\begin{aligned} Z(j\omega) &= R + j\omega L - j \frac{1}{\omega C} \\ &= R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \end{aligned}$$

(b) Skizzieren Sie die Ortskurve der Widerstandsfunktion und die Ortskurve der Leitwertfunktion für das in (a) gegebene Netz.

Widerstandsfunktion  $Z$ Leitwertfunktion  $Y$



Name:

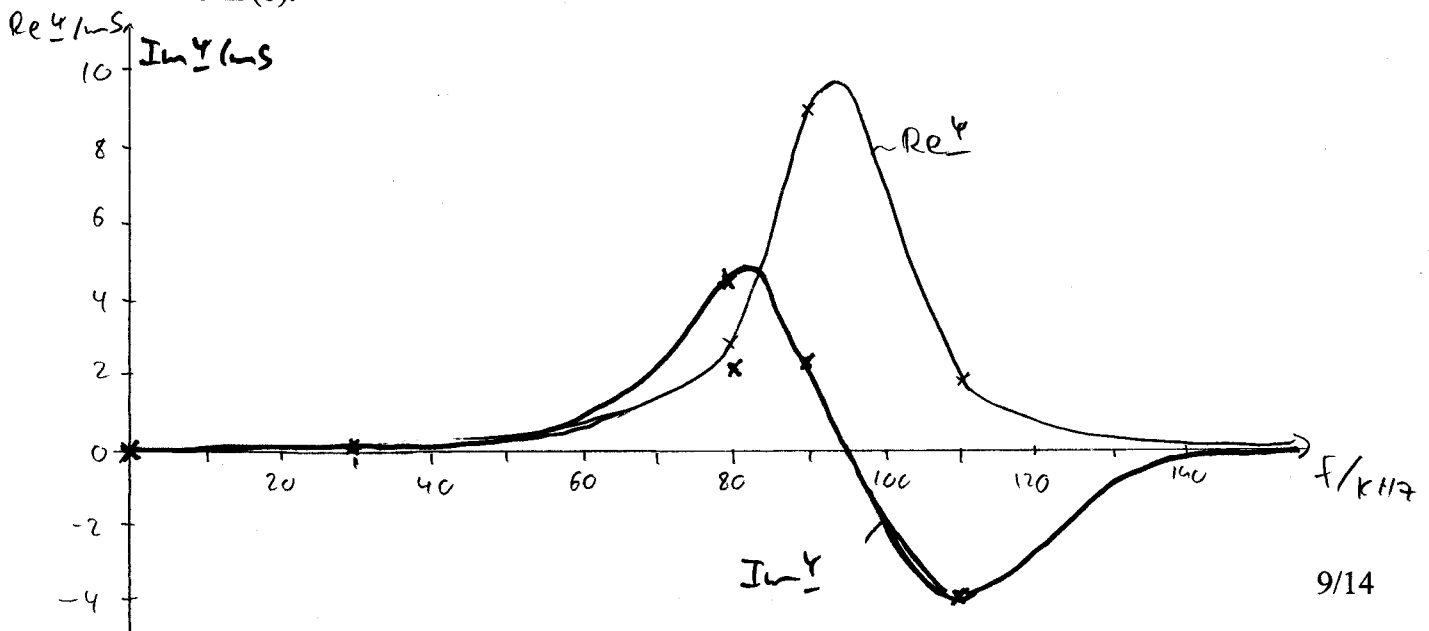
Vorname:

(c) Erstellen Sie eine Wertetabelle für das Frequenzverhalten der Leitwertfunktion für  $R = 100 \Omega$ ,  $L = 1 \text{ mH}$  und  $C = 3 \text{ nF}$ . Berechnen Sie dazu den Realteil und den Imaginärteil der Leitwertfunktion für die folgenden sechs Frequenzen:  $f_1 = 0 \text{ Hz}$ ;  $f_2 = 30 \text{ kHz}$ ;  $f_3 = 80 \text{ kHz}$ ;  $f_4 = 90 \text{ kHz}$ ;  $f_5 = 110 \text{ kHz}$ ;  $f_6 \rightarrow \infty$ .

$$\underline{Y}(j\omega) = \frac{1}{\underline{Z}(j\omega)} = \frac{1}{R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

$f$	$\text{Re } \underline{Y}$	$\text{Im } \underline{Y}$
0 Hz	0	0
30 kHz	$4,0 \cdot 10^{-5} \text{ S}$	$6,3 \cdot 10^{-4} \text{ S}$
80 kHz	$2,8 \cdot 10^{-3} \text{ S}$	$4,5 \cdot 10^{-3} \text{ S}$
90 kHz	$3,5 \cdot 10^{-3} \text{ S}$	$2,3 \cdot 10^{-3} \text{ S}$
110 kHz	$1,9 \cdot 10^{-3} \text{ S}$	$-3,9 \cdot 10^{-3} \text{ S}$
$\rightarrow \infty$	0	0

(d) Zeichnen Sie einen Graphen mit jeweils einer Kurve für den Real- und Imaginärteil der Leitwertfunktion über der Frequenz (Komponentendarstellung). Beachten Sie dabei den Verlauf der Ortskurve in (b).



Name:

Vorname:

(e) Das Netz aus Aufgabenteil (a) soll mit Wirkleistungsanpassung bei  $f_3 = 80 \text{ kHz}$  an eine Quelle angeschlossen werden. Welchen Innenwiderstand muss die Quelle dafür haben?

$$\text{Wirkleistungsanpassung: } Z_L = Z_i^*$$

$$Z_i = Z_L^* = \left( R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \right)^* = 100 \Omega + j \cdot 160 \Omega$$

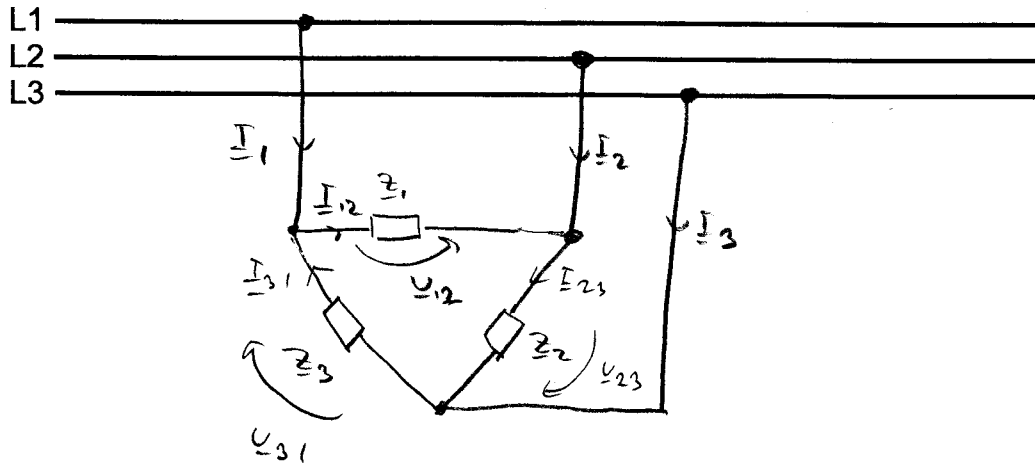
Name:

Vorname:

**Aufgabe 5: Drehstrom (18 Punkte)**

An ein 400-V-Drehstromnetz mit drei Leitern sollen drei Verbraucher  $Z_1 = 2 \text{ k}\Omega \angle 0^\circ$ ,  $Z_2 = 30 \text{ k}\Omega \angle -60^\circ$ ,  $Z_3 = 5 \text{ k}\Omega \angle 40^\circ$  in Dreieckschaltung angeschlossen werden.

(a) Zeichnen Sie die Schaltung ein:



(b) Berechnen Sie die die Strangströme und die Außenleiterströme.

$$\underline{U}_{12} = 400 \text{ V} \angle 30^\circ$$

$$\underline{I}_{12} = \frac{\underline{U}_{12}}{Z_1} = 20,0 \text{ mA} \angle 30^\circ$$

$$\underline{U}_{23} = 400 \text{ V} \angle -30^\circ$$

$$\underline{I}_{23} = \frac{\underline{U}_{23}}{Z_2} = 13,3 \text{ mA} \angle -30^\circ$$

$$\underline{U}_{31} = 400 \text{ V} \angle 150^\circ$$

$$\underline{I}_{31} = \frac{\underline{U}_{31}}{Z_3} = 80,0 \text{ mA} \angle 110^\circ$$

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{12} - \underline{I}_{31} = 20,2 \text{ mA} \angle 7,1^\circ$$

$$\underline{I}_2 = \underline{I}_{23} - \underline{I}_{12} = 13,4 \text{ mA} \angle -147^\circ$$

$$\underline{I}_3 = \underline{I}_{31} - \underline{I}_{23} = 90,6 \text{ mA} \angle 115^\circ$$

Name:

Vorname:

(c) Berechnen Sie die von der Verbrauchergruppe aufgenommene Wirkleistung und Blindleistung. Wie groß ist der Leistungsfaktor der Verbrauchergruppe?

$$\underline{S} = \underline{U}_{12} \cdot \underline{I}_2^* + \underline{U}_{23} \cdot \underline{I}_{23}^* + \underline{U}_{31} \cdot \underline{I}_{31}^* = P + jQ$$

$$= 107 \text{ W} + j \cdot 16 \text{ var} = 108 \text{ VA} \angle 8,5^\circ$$

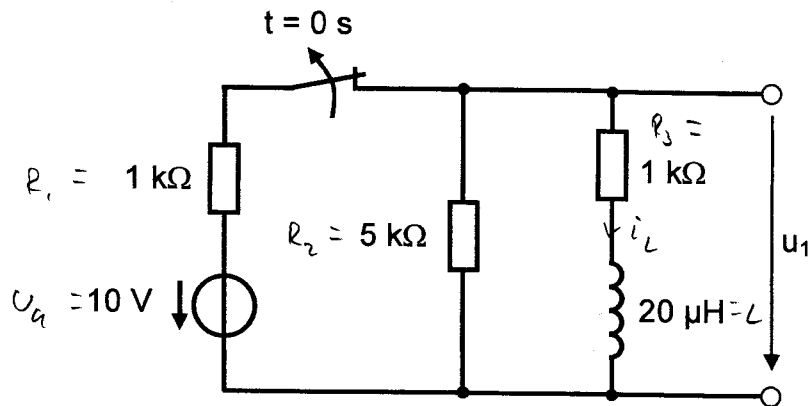
$$\rightarrow P = 107 \text{ W}$$

$$Q = 16 \text{ var}$$

$$\lambda = \frac{P}{S} = 0,99$$

Name:

Vorname:

**Aufgabe 6: Schaltvorgang (15 Punkte)**Gegeben sei das folgende Netzwerk, in dem der Schalter zum Zeitpunkt  $t = 0$  s geöffnet wird.(a) Berechnen Sie den Zeitverlauf der Spannung  $u_1(t)$ . $t < 0$  s

$$\frac{u_1}{U_q} = \frac{\frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}}{R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}} = \frac{833,3\Omega}{1833,3\Omega} = 0,455$$

$$\rightarrow u_1 = 4,55 \text{ V}$$

$$i_L = \frac{u_1}{R_3} = 4,55 \mu\text{A}$$

 $t \geq 0$  s

$$\text{an Spule: } I_A = 4,55 \mu\text{A}$$

$$I_E = 0 \mu\text{A}$$

$$G_E = \frac{1}{R_2 + R_3} = 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

$$\tau = G_E \cdot L = 3,33 \mu\text{s}$$

$$i_L = I_E + (I_A - I_E) e^{-\frac{t}{\tau}} = 4,55 \mu\text{A} e^{-\frac{t}{3,33 \mu\text{s}}}$$

$$u_1 = -i_L \cdot R_2 = -22,75 \text{ V} e^{-\frac{t}{3,33 \mu\text{s}}}$$

Name:

Vorname:

(b) Zeichnen Sie den Zeitverlauf der Spannung  $u_1(t)$  für  $t < 0$  und  $t > 0$  in einem sinnvollen Zeitbereich.

