



Name: Vorname:

Matr.-Nr.: Studiengang:

Falls zutreffend, bitte unterschreiben!

Ich bin damit einverstanden, dass mein Prüfungsergebnis in Kombination mit meiner Matrikelnummer veröffentlicht wird.

.....
Unterschrift

Bearbeitungszeit:

80 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel:

Stifte, Lineal/Geodreieck, Taschenrechner (nicht programmierbar)

Weitere Hinweise:

- Schalten Sie bitte Ihre Mobiltelefone aus!
Der Einsatz von Handys, Smartphones o.ä. gilt als Täuschungsversuch.
- Legen Sie bitte Ihren Studierendenausweis und Ihren Personalausweis auf den Tisch.
- Schreiben Sie bitte Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer oben rechts auf jedes verwendete Blatt.
- Schreiben Sie bitte *nicht* mit Bleistift oder Rotstift!
- Verwenden Sie für die Rechenaufgaben bitte ausschließlich das ausgehändigte Papier.
- Machen Sie bitte Ihre Aufgaben auf dem Rechenpapier mit Aufgabennummern kenntlich.
- Legen Sie bei Abgabe Ihrer Klausur die Aufgabenblätter bitte in die Doppelbögen ein!

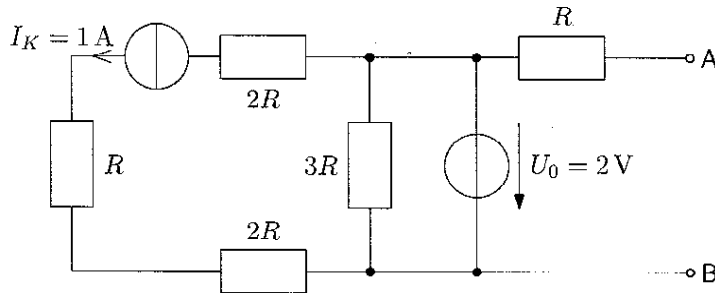
Aufgabe:	KF1	MF	WS	GS	gesamt
Punkte:	18	18	20	16	72
Erreicht:					

1. Kurzfragen zu Elektrotechnik 1 (18 Punkte)

Hinweise zu Fragen mit Antwortauswahl (Ankreuzaufgaben):

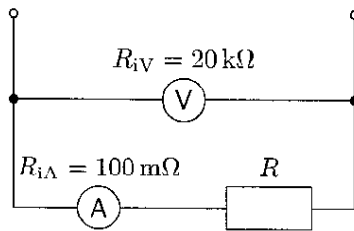
- Es kann auch mehrere richtige Antworten geben.
- Für falsch gesetzte Kreuze gibt es Punktabzug.
- Für korrekt nicht gesetzte Kreuze gibt es keine Punkte.
- Die erreichte Punktzahl für eine Frage kann nicht negativ werden (Mindestpunktzahl = 0).

KF1) Bestimmen Sie den Innenwiderstand der Schaltung bezüglich der Klemmen A und B! 2 P



entfällt, da Spannungsquelle kurzgeschlossen $\Rightarrow R_i = R$

KF2) In der unten dargestellten Schaltung wird eine Spannung von 20 V und ein Strom von 2 A gemessen. Berechnen Sie den Widerstand R mit und ohne Berücksichtigung der Innenwiderstände R_{iA} und R_{iV} der Messgeräte! Geben Sie die verwendeten Formeln mit den eingesetzten Werten an!



$$I. \quad R = \frac{U}{I} = \frac{20V}{2A} = 10\Omega$$

$$II. \quad U_{R_{iA}} = I \cdot R_{iA} = 2A \cdot 100m\Omega = 200mV$$

$$R = \frac{U - U_{R_{iA}}}{I} = \frac{20V - 200mV}{2A} = 9,9\Omega$$

KF3) Geben Sie die Formel für den temperaturabhängigen spezifischen Widerstand im einfachsten Fall an und benennen Sie die Bedeutung aller einzelnen Glieder. 2 P

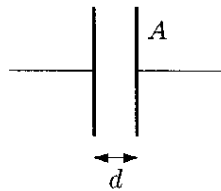
$$\rho = \rho_{20} (1 + \alpha_{20} (\vartheta - 20^\circ\text{C}))$$

ρ_{20} : Spezifischer Widerstand bei 20°C

α_{20} : Temperaturkoeffizient "

ϑ : Temperatur in $^\circ\text{C}$

KF4) Zwischen den Platten des dargestellten Kondensators wird eine Spannung $U = 10\text{ V}$ gemessen. 2 P
Wie groß ist die elektrische Feldstärke zwischen den Platten, wenn der Plattenabstand $d = 1\text{ cm}$ beträgt und sich Luft zwischen den Platten befindet?



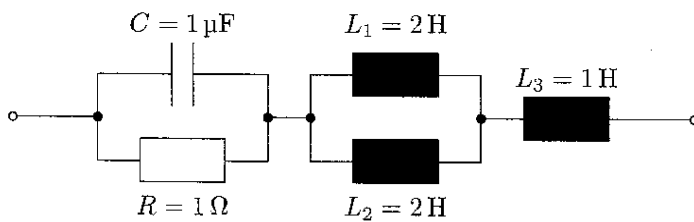
$$E = \frac{U}{d} = \frac{10\text{V}}{0,01\text{m}} = 1000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Wie ändert sich die Spannung, wenn ein Dielektrikum ($\epsilon_r = 2$) zwischen die Platten geschoben wird?

Die Spannung

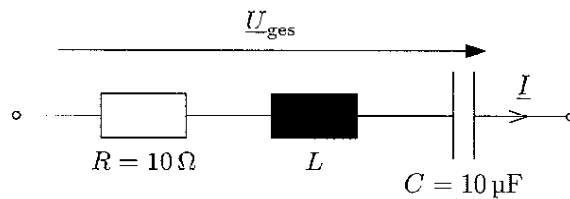
- wird größer.
 bleibt unverändert.
 wird kleiner.

KF5) Wie groß ist die Gesamtinduktivität der Schaltung? 2 P



- 2 Vs/A 2 V/(As)
 $0,8\text{ A/V}$ $0,8\text{ As/V}$

KF6) Wie groß muss die Induktivität L in nachfolgend dargestellter Schaltung gewählt werden, 2P
damit Strom und Gesamtspannungabfall in Phase sind? Die Frequenz beträgt $f = 100 \text{ Hz}$!



$$\underline{Z} = R + jX_L + jX_C$$

$$\text{Im}\{\underline{Z}\} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow X_L + X_C \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow X_L = -X_C \Rightarrow \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(2\pi \cdot 100 \text{ Hz})^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}} \approx 253,3 \text{ mH}$$

KF7) Ein Strommessgerät kann eine maximale Stromstärke von 2 A messen. Der Innenwiderstand 2P
des Messgeräts beträgt $R_{iA} = 50 \text{ m}\Omega$. Wie groß muss ein Widerstand zur Messbereichserweiterung gewählt werden, damit Ströme bis 100 A gemessen werden können? Wie ist der Widerstand zu schalten?

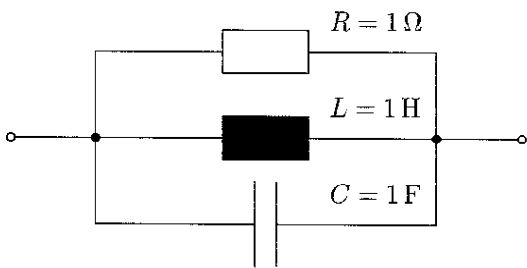
$$U_A = R_{iA} \cdot I = 50 \text{ m}\Omega \cdot 2 \text{ A} = 0,1 \text{ V}$$

$$R = \frac{U_A}{100 \text{ A} - 2 \text{ A}} = \frac{0,1 \text{ V}}{98 \text{ A}} \approx 1,02 \text{ m}\Omega$$

Der Widerstand wird

- in Reihe zum Messgerät geschaltet.
 parallel zum Messgerät geschaltet.

KF8) Berechnen Sie die Resonanzfrequenz der dargestellten Schaltung! Geben Sie dabei die Formeln 4 P mit den eingesetzten Werten an!



$$\underline{Y} = \frac{1}{R} - j \frac{1}{X_L} - j \frac{1}{X_C}$$

$$\operatorname{Im}\{\underline{Y}\} \stackrel{!}{=} 0 \Rightarrow -\frac{1}{X_L} - \frac{1}{X_C} = 0$$

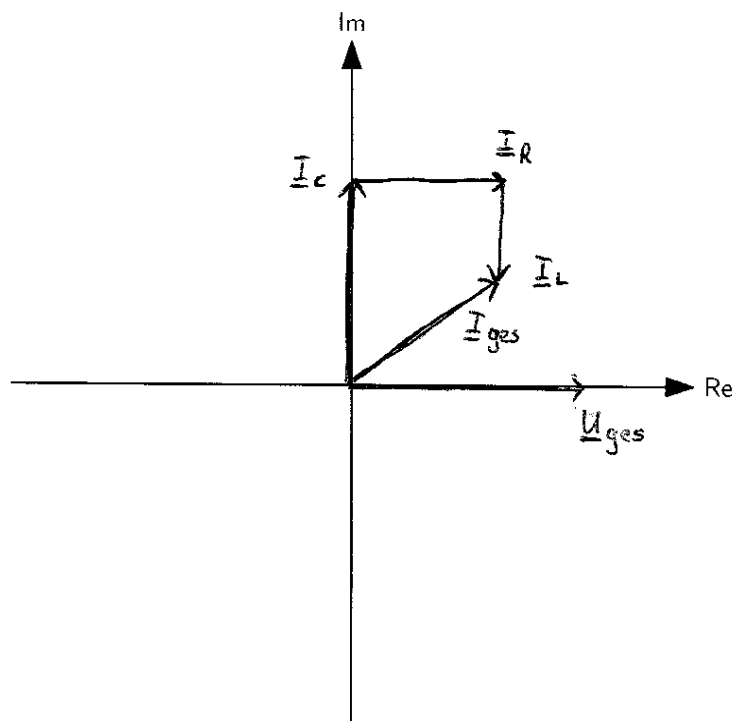
$$\Rightarrow \frac{1}{\omega L} + \frac{1}{-\omega C} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\omega L} = \omega C$$

$$\Rightarrow \omega^2 = \frac{1}{LC}$$

$$\Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{1\text{H} \cdot 1\text{F}}} = 1 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Skizzieren Sie das Zeigerbild aller Ströme und Spannungen für $\omega = 2 \text{ Hz}$.

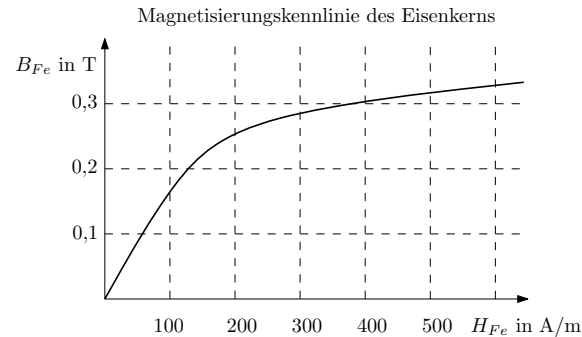
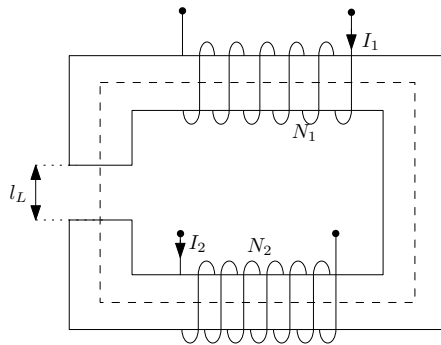


Die Schaltung verhält sich:

- | | |
|------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> ohmsch | <input checked="" type="checkbox"/> ohmsch-kapazitiv |
| <input type="checkbox"/> induktiv | <input type="checkbox"/> ohmsch-induktiv |
| <input type="checkbox"/> kapazitiv | |

2. Magnetisches Feld (18 Punkte)

Gegeben ist der dargestellte Eisenkern mit zwei Erregerwicklungen. Der Querschnitt A des Eisenkerns ist an allen Stellen gleich. Die Streuung des Magnetfelds am Luftspalt sei vernachlässigbar.



Folgende Werte sind gegeben: $N_1 = 2000$, $N_2 = 5000$, $l_L = 1,256 \text{ mm}$, $A = 400 \text{ mm}^2$

Geben Sie bei allen Berechnungen stets den *vollständigen Rechenweg* inklusive *Formeln mit eingesetzten Zahlenwerten* an!

Aufgaben:

- MF1) Zeichnen Sie das *elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises* inklusive aller Beschriftungen (Widerstände, Fluss, Durchflutungen)! 4 P
- MF2) In Spule 1 fließt ein Strom $I_1 = 3 \text{ A}$ und in Spule 2 ein Strom $I_2 = 1 \text{ A}$. Der magnetische Widerstand des Eisenkerns beträgt $R_{m,Fe} = 7,5 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{Vs})$. Berechnen Sie den *gesamten magnetischen Widerstand* des gesamten magnetischen Kreises! 3 P
- MF3) Berechnen Sie die *gesamte Durchflutung* und den *magnetischen Fluss*! Beachten Sie dabei die Wicklungsrichtungen der Spulen! 3 P
- MF4) Der Fluss im magnetischen Kreis beträgt nun $\Phi = 1 \cdot 10^{-4} \text{ Vs}$. Berechnen Sie die *magnetische Flussdichte* und die *magnetische Feldstärke* jeweils im Luftspalt und im Eisenkern! Beachten Sie hierzu die gegebene Magnetisierungskennlinie! 3 P

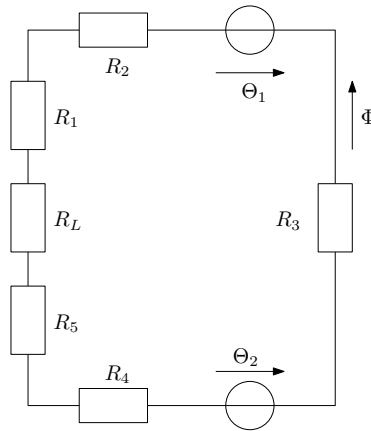
Nun wird folgendes Experiment durchgeführt:

- Es fließt nun ein unbekannter Strom $i_1(t)$ (Gleich- und Wechselanteil!) in Spule 1.
- An Spule 2 wird ausschließlich ein Oszilloskop angeschlossen. Es fließt *kein* Strom I_2 . Am Oszilloskop wird die induzierte Spannung $u_2(t) = 2,5 \text{ V} \cdot \cos\left(\frac{400}{\text{s}} \cdot t\right)$ gemessen.
- Im Luftspalt wird eine Hall-Sonde eingesetzt, um den Gleichanteil der magnetischen Flussdichte B zu messen. Dieser wird zu $B_{\text{Hall}} = 0,5 \text{ T}$ bestimmt.

Hinweis: Das Induktionsgesetz lautet für diesen Fall: $u_L = N \cdot \frac{d\Phi}{dt}$!

- MF5) Der magnetische Widerstand des magnetischen Kreises wird zu $R_{\text{ges}} = 10 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{Vs})$ angenommen. Berechnen Sie den *Gleichanteil* und den *Wechselanteil des magnetischen Flusses* im Eisenkern bei diesem Experiment! 3 P
- MF6) Berechnen Sie anschließend den *Strom* $i_1(t)$ der in der Spule 1 fließen muss, um den berechneten magnetischen Fluss (Gleich- und Wechselanteil!) im Eisenkern zu erzeugen! 2 P

MF1)



MF2)

$$\begin{aligned}
 R_{m,ges} &= R_{m,Fe} + R_L = R_{m,Fe} + \frac{l_L}{\mu_0 \cdot A} \\
 &= 7,5 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{V s}) + \frac{1,256 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ V s}/(\text{A m})} \\
 &= 7,5 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{V s}) + 2,5 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{V s}) = 10 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{V s})
 \end{aligned}$$

MF3)

$$\begin{aligned}
 \Theta_{ges} &= \Theta_1 + \Theta_2 = N_1 \cdot I_1 + N_2 \cdot I_2 \\
 &= 2000 \cdot 3 \text{ A} - 5000 \cdot 1 \text{ A} = 11\,000 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\Phi = \frac{\Theta}{R_{m,ges}} = \frac{1000 \text{ A}}{10 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{V s})} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ V s}$$

MF4)

$$B_{Fe} = B_L = \frac{\Phi}{A} = \frac{1 \cdot 10^{-4} \text{ V s}}{400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 0,25 \text{ T}$$

$$H_{Fe} = 200 \text{ A/m} \quad (\text{Ableesen!})$$

$$H_L = \frac{B_L}{\mu_0} = \frac{0,25 \text{ T}}{1,256 \cdot 10^{-6} \text{ V s}/(\text{A m})} = 2 \cdot 10^5 \text{ A/m}$$

MF5)

$$\Phi_{=} = B_{=} \cdot A = 0,5 \text{ T} \cdot 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ V s}$$

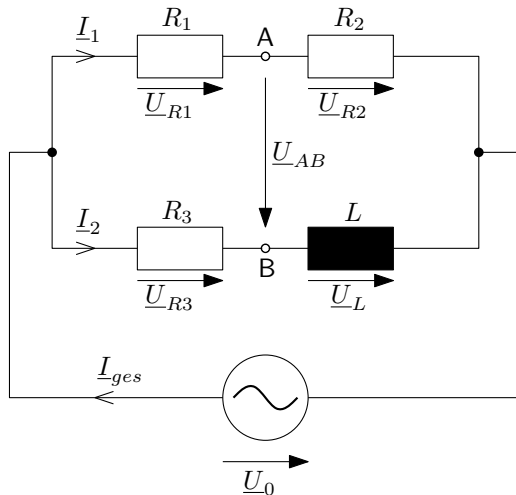
$$\begin{aligned}
 \Phi_{\approx} &= \frac{1}{N_2} \cdot \int u_2(t) dt = \frac{2,5 \text{ V}}{2000} \cdot \sin\left(\frac{400}{\text{s}} \cdot t\right) \cdot \frac{\text{s}}{400} \\
 &= 1,25 \cdot 10^{-6} \text{ V s} \cdot \sin\left(\frac{400}{\text{s}} \cdot t\right)
 \end{aligned}$$

MF6)

$$i_1(t) = \frac{(\Phi_{=} + \Phi_{\approx}) \cdot R_{m,ges}}{N_1} = 5000 \text{ A}/(\text{V s}) \cdot (\Phi_{=} + \Phi_{\approx}) = 1 \text{ A} + 6,25 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot \sin\left(\frac{400}{\text{s}} \cdot t\right)$$

3. Wechselstrom (20 Punkte)

Gegeben ist die dargestellte Schaltung mit nebenstehenden Werten.



Daten:

$$R_1 = 30 \Omega$$

$$R_2 = 20 \Omega$$

$$R_3 = 30 \Omega$$

$$L = 40 \text{ mH}$$

$$U_0 = 1500 \text{ V}$$

$$f = 159,15 \text{ Hz}$$

Geben Sie bei allen Berechnungen stets den *vollständigen Rechenweg* inklusive *Formeln mit eingesetzten Zahlenwerten* an!

Aufgaben:

- WS1) Konsequenz richtige Schreibweise in allen Aufgabenteilen (keine Antwort erforderlich, nur 2 P Punktabzug bei Nichteinhaltung)
- WS2) Berechnen Sie die Impedanz Z_L der Induktivität L! 1 P
- WS3) Geben Sie die Formeln zur Berechnung von I_1 und I_2 an! 1 P
- WS4) Berechnen Sie die Ströme I_1 , I_2 , wenn $Z_L = j40 \Omega$ ist. 2 P
- WS5) Geben Sie die Formel zur Berechnung von I_{ges} an! 1 P
- WS6) Berechnen Sie den Strom I_{ges} , wenn $I_1 = 30 \text{ A}$ und $I_2 = 30 \text{ A} \cdot e^{-j53,13^\circ}$ sind! 1 P
- WS7) Geben Sie die Formel zur Berechnung des Spannungsabfalls U_{R1} an! 1 P
- WS8) Berechnen Sie die Spannungsabfälle U_{R1} , U_{R2} , U_{R3} und U_L wenn in den Zweigen folgende Ströme fließen: $I_1 = 30 \text{ A}$, $I_2 = (18 - j24) \text{ A}$! 4 P
- WS9) Berechnen Sie die Brückenspannung U_{AB} ! 2 P

Änderung: Für die 4 folgenden Aufgabenteile wird R_2 durch einen Kondensator mit der Kapazität $C = 25 \mu\text{F}$ ersetzt.

- WS10) Berechnen Sie die Impedanz Z_C des Kondensators! 1 P

Änderung: Für die folgenden Aufgabenteile werden die Klemmen A und B kurzgeschlossen.

- WS11) Wie groß ist der Gesamtstrom I_{ges} nun, wenn $Z_C = -j40 \Omega$ ist? 1 P
- WS12) Welcher Spezialfall liegt vor? Begründen Sie Ihre Antwort mit einer kurzen Rechnung! 2 P
- WS13) Wie nennt man diese spezielle Form des Schwingkreises, den die Spule und der Kondensator hier bilden? 1 P

WS1)

WS2)

$$\begin{aligned}\underline{Z}_L &= j\omega L \\ &= j \cdot 2\pi \cdot 159,15 \text{ Hz} \cdot 40 \text{ mH} \\ &= j40 \Omega\end{aligned}$$

WS3)

$$\begin{aligned}\underline{I}_1 &= \frac{U_0}{R_1 + R_2} \\ \underline{I}_2 &= \frac{U_0}{R_3 + \underline{Z}_L}\end{aligned}$$

WS4)

$$\begin{aligned}\underline{I}_1 &= \frac{U_0}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{1500 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}}{30 \Omega + 20 \Omega} \\ &= 30 \text{ A} \cdot e^{j0^\circ} \\ &= 30 \text{ A} \\ \underline{I}_2 &= \frac{U_0}{R_3 + \underline{Z}_L} \\ &= \frac{1500 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}}{30 \Omega + j40 \Omega} \\ &= \frac{1500 \text{ V} \cdot e^{j0^\circ}}{50 \Omega \cdot e^{j53,13^\circ}} \\ &= 30 \text{ A} \cdot e^{-j53,13^\circ} \\ &= (18 - j24) \text{ A}\end{aligned}$$

WS5)

$$\begin{aligned}\underline{I}_{ges} &= \underline{I}_1 + \underline{I}_2 \\ &= \frac{U_0}{\underline{Z}_{ges}}\end{aligned}$$

WS6)

$$\begin{aligned}\underline{I}_{ges} &= 30 \text{ A} + (18 - j24) \text{ A} \\ &= (48 - j24) \text{ A} \\ &= 53,67 \text{ A} \cdot e^{-j26,57^\circ}\end{aligned}$$

WS7)

$$\underline{U}_{R1} = \underline{I}_1 \cdot R_1$$

WS8)

$$\underline{U}_{R1} = 30 \text{ A} \cdot 30 \Omega$$

$$= 900 \text{ V}$$

$$\underline{U}_{R2} = \underline{I}_1 \cdot R_2$$

$$= 30 \text{ A} \cdot 20 \Omega$$

$$= 600 \text{ V}$$

$$\underline{U}_{R3} = \underline{I}_2 \cdot R_3$$

$$= 30 \text{ A} \cdot e^{-j53,13^\circ} \cdot 30 \Omega$$

$$= (540 - j720) \text{ V}$$

$$= 900 \text{ V} \cdot e^{-j53,13^\circ}$$

$$\underline{U}_L = \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_L$$

$$= 30 \text{ A} \cdot e^{-j53,13^\circ} \cdot j40 \Omega$$

$$= (960 + j720) \text{ V}$$

$$= 1200 \text{ V} \cdot e^{j36,87^\circ}$$

WS9)

$$\underline{U}_{AB} = \underline{U}_{R3} - \underline{U}_{R1}$$

$$= (540 - j720) \text{ V} - 900 \text{ V}$$

$$= (-360 - j720) \text{ V}$$

$$= 805 \text{ V} \cdot e^{-j116,57^\circ}$$

$$= -805 \text{ V} \cdot e^{j63,43^\circ}$$

WS10)

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$= -\frac{j}{2\pi f C}$$

$$= -\frac{j}{2\pi \cdot 159,15 \text{ Hz} \cdot 25 \mu\text{F}}$$

$$= -j40 \Omega$$

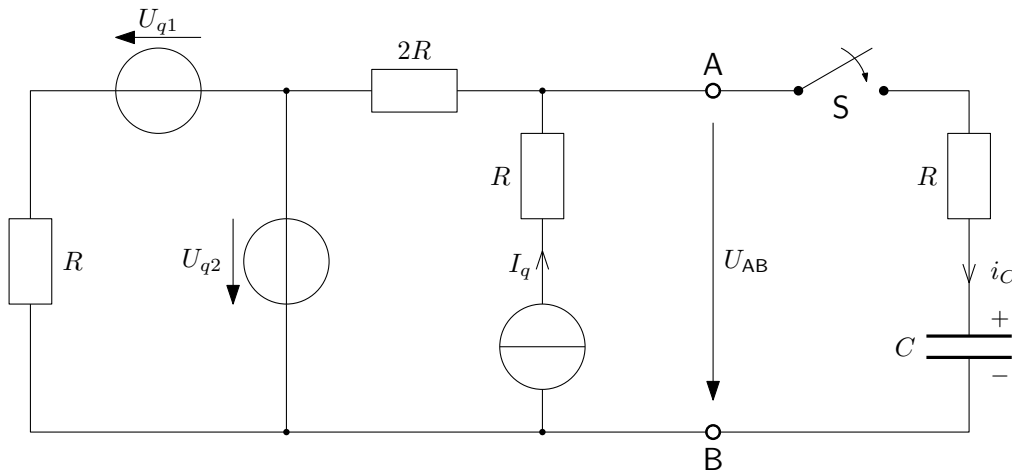
WS11) Der Gesamtstrom wird null: $\underline{I}_{ges} = 0$

WS12) Es liegt Resonanz vor: $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{40 \text{ mH} \cdot 25 \mu\text{F}}} = 159,15 \text{ Hz} = f$

WS13) Man nennt diese spezielle Art von Schwingkreis *Sperrkreis*.

4. Gleichstrom (16 Punkte)

Gegeben sei folgendes Gleichspannungsnetzwerk, mit $U_{q1} = 2\text{ V}$, $U_{q2} = 6\text{ V}$, $I_q = 6\text{ A}$ sowie $R = 2\ \Omega$ und $C = 1\ \mu\text{F}$. Der Schalter S ist anfangs offen und der Kondensator C hat eine Restladung von $Q = 10^{-5}\text{ C}$.



Geben Sie bei allen Berechnungen stets den *vollständigen Rechenweg* inklusive *Formeln mit eingesetzten Zahlenwerten* an!

Aufgaben:

Der Schalter S bleibt zunächst geöffnet.

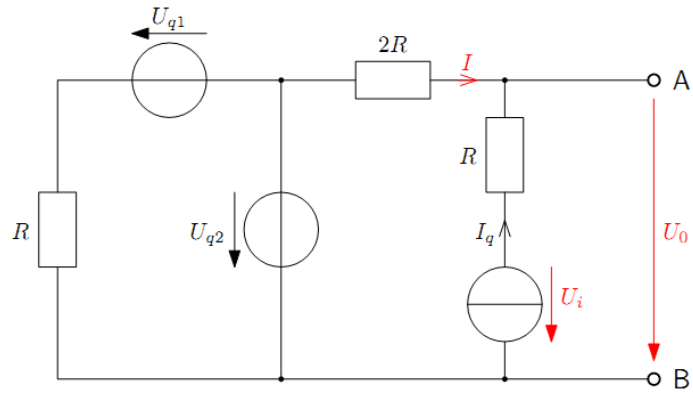
- GS1) Bestimmen Sie die Ersatzspannungsquelle des Netzwerkes bezüglich der Klemmen A und B. 8 P
 Skizzieren Sie dazu ein entsprechendes Ersatzschaltbild für die Ersatzspannungsquelle und geben Sie die Kenngrößen U_0 , I_K und R_i an!
- GS2) Skizzieren Sie die U-I-Kennlinie der Ersatzspannungsquelle (*mit Achsenskalierung*)! 2 P

Der Schalter S ist weiterhin geöffnet. Der Kondensator hat die Ladung $Q = 10^{-5}\text{ C}$. Zum Zeitpunkt t_1 wird der Schalter dann geschlossen.

Hinweis: Falls Sie die Werte der Ersatzspannungsquelle nicht bestimmen konnten, nehmen Sie für die weiteren Aufgaben an, dass $U_0 = 14\text{ V}$ und $R_i = 2\ \Omega$ sind.

- GS3) Berechnen Sie den Anfangsstrom $i_C(t_1)$, der beim Schließen des Schalters fließt! Bestimmen Sie dazu zunächst die Spannung U_C , die vor Schließen des Schalters am Kondensator anliegt, und skizzieren Sie das vereinfachte Ersatzschaltbild bei geschlossenem Schalter S . 4 P
- GS4) Skizzieren Sie den qualitativen Verlauf des Stromes $i_C(t)$ und geben Sie die Achsenbezeichnungen sowie den Anfangs- und Endwert des Stroms an. 2 P

GS1)



$$-U_i + I_q \cdot R + U_0 = 0$$

$$-U_{q2} + I \cdot 2R - I_q \cdot R + U_i = 0 \text{ mit } I = -I_q$$

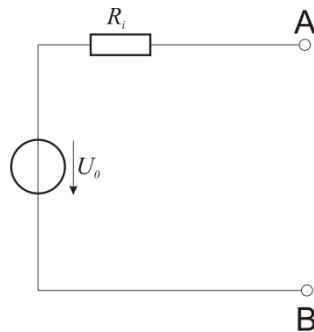
ergibt sich

$$U_0 = U_{q2} + I_q \cdot 2R = 6V + 6A \cdot 4\Omega = 30V$$

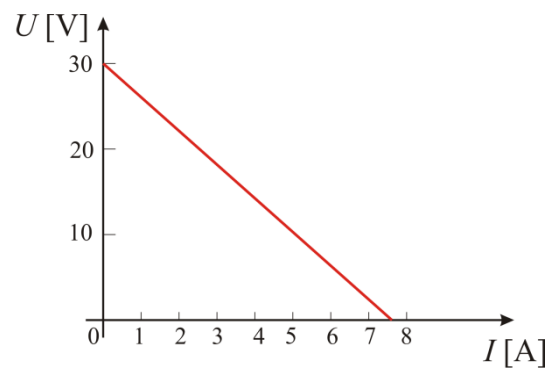
$$R_i = 2R = 4\Omega$$

$$I_K = \frac{U_0}{R_i} = \frac{30V}{4\Omega} = 7,5A$$

Ersatzschaltbild:



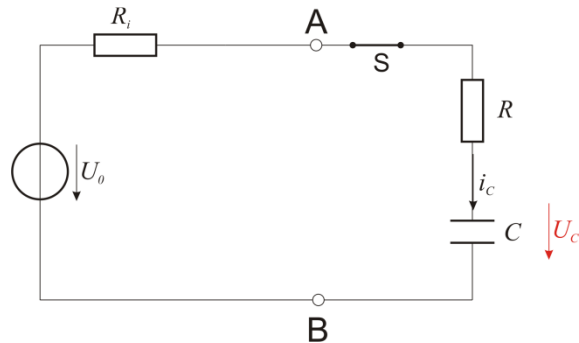
GS2)



GS3)

Die Spannung an dem Kondensator vor dem Schließen des Schalters ist

$$U_c = \frac{Q}{C} = \frac{10^{-5}C}{1\mu F} = 10V$$



Nach dem Schließen des Schalters fließt zuerst einen Strom von

$$i_c(t_1) = \frac{U_0 - U_c}{R_i + R} = \frac{30V - 10V}{4\Omega + 2\Omega} = \frac{20V}{6\Omega} = 3,33A$$

GS4)

Der Kondensator wird aufgeladen bis die Spannung am Kondensator die Quellspannung erreicht hat. D.h. der Strom geht nach dem Ladevorgang zum Null.

$$i_c(t_\infty) = 0$$

