



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)

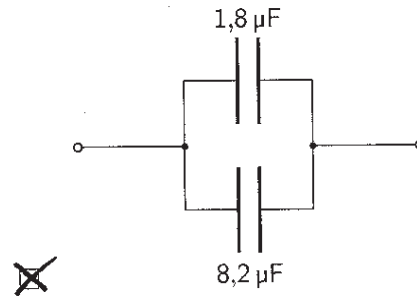
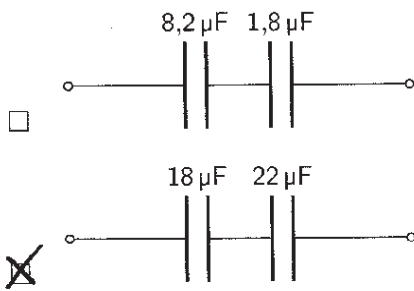
Weitere Hinweise:

- ☛ 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 auf jedes verwendete Blatt.
- ☛ Schreiben Sie bitte *nicht* mit Bleistift oder Rotstift!
- ☛ Verwenden Sie bitte ausschließlich das ausgehändigte Papier.
- ☛ Machen Sie bitte Ihre Aufgaben auf dem Rechenpapier mit Aufgabennummern kenntlich.

Aufgabe:	KF1	GS	EF	WS	gesamt
Punkte:	17	19	20	15	71
Erreicht:					

1. Kurzfragen zu Elektrotechnik 1 (17 Punkte)

KF1) Mit welchen der Schaltungen lässt sich eine Kapazität von $10 \mu\text{F}$ (Toleranz $\pm 10\%$) realisieren? 1 P



KF2) Bei einem Netzgerät (Spannungsquelle) wird im unbelasteten Zustand eine Ausgangsspannung von 10 V gemessen. Bei Belastung sinkt die Spannung auf folgende Werte: 1 P

I/A	10	40	70
U/V	8	6	4

Wie groß ist der Innenwiderstand des Netzgerätes?

$$R = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{18\text{V} - 6\text{V}}{10\text{A} - 40\text{A}} = \frac{1}{15} \Omega = 0,0\bar{6} \Omega$$

KF3) Zwei Wechselspannungen mit je 100 Hz durchlaufen ihre Nullwerte im Abstand von 6 ms . Wie groß ist der Phasenwinkel φ zwischen beiden Spannungen? 2 P

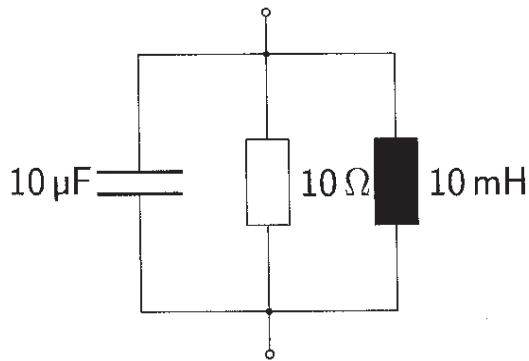
$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100\text{Hz}} = 10\text{ms}$$

$$\Rightarrow 10\text{ms} \hat{=} 360^\circ$$

$$\Rightarrow 6\text{ms} \hat{=} 0,6 \cdot 360^\circ = 216^\circ$$

$$\Rightarrow \varphi = 216^\circ$$

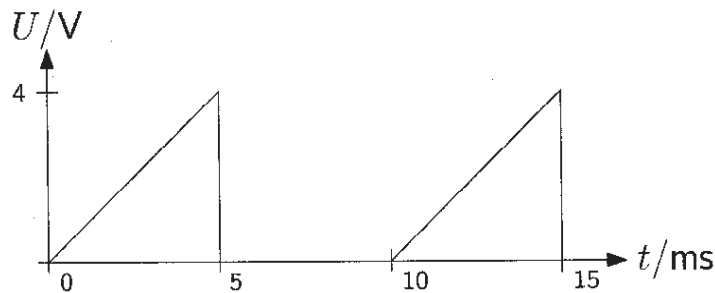
KF4) Wie groß ist die Resonanzfrequenz f_R folgender Schaltung? Wie groß ist die Gesamtimpedanz Z bei Resonanz? 2P



$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10\text{mH} \cdot 10\mu\text{F}}} \approx 503\text{ Hz}$$

Bei Resonanz ist die Gesamtimpedanz $Z = 10\Omega$ (ohmscher Widerstand)

KF5) Geben Sie den Mittelwert \bar{u} des folgenden periodischen Spannungsverlaufs an! 2P



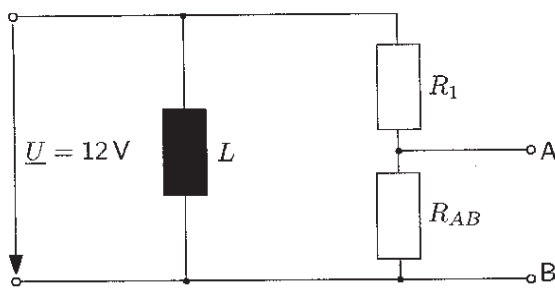
$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u \, dt = \frac{1}{10\text{ms}} \int_0^{10\text{ms}} u \, dt = \frac{1}{10\text{ms}} \int_0^{5\text{ms}} u \, dt$$

$$= \frac{1}{10\text{ms}} \cdot \frac{1}{2} \hat{u} \cdot 5\text{ms} = \frac{1}{10\text{ms}} \cdot \frac{1}{2} \cdot 4\text{V} \cdot 5\text{ms} = 1\text{V}$$

oder

$$\bar{u} = \frac{\frac{4\text{V} \cdot 5\text{ms}}{2}}{10\text{ms}} = 1\text{V}$$

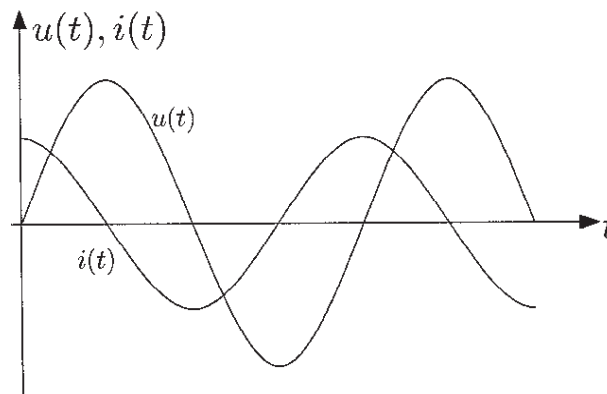
KF6) Berechnen Sie die Spannung \underline{U}_{AB} , die zwischen den Klemmen A und B abfällt ($f = 50 \text{ Hz}$)! 2 P



Gegeben: $R_1 = 6 \text{ k}\Omega$
 $X_L = 12 \text{ k}\Omega$
 $R_{AB} = 18 \text{ k}\Omega$

$$\underline{U}_{AB} = \frac{R_{AB}}{R_1 + R_{AB}} \cdot \underline{U} = \frac{18 \text{ k}\Omega}{6 \text{ k}\Omega + 18 \text{ k}\Omega} \cdot 12 \text{ V} = 9 \text{ V}$$

KF7) An einem elektrischen Bauelement wurde die beiden Verläufe für die Spannung $u(t)$ und den Strom $i(t)$ aufgenommen (siehe Abbildung). 2 P



Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen u und i ?

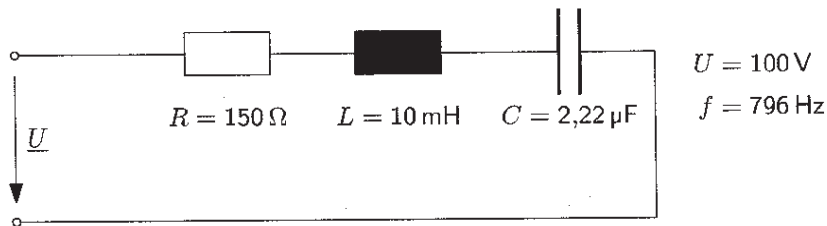
$$\varphi = 90^\circ$$

Um welches Bauelement handelt es sich?



KF8) Gegeben ist die unten gezeigte Schaltung. Berechnen Sie X_L und X_C !

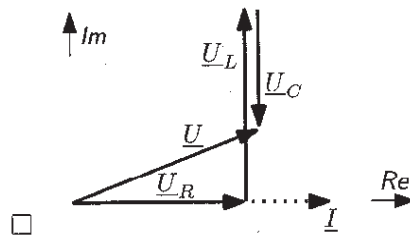
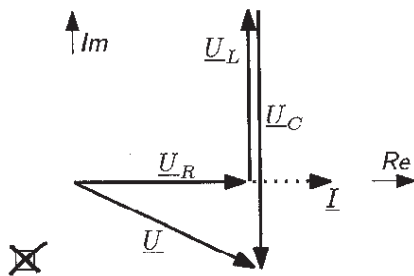
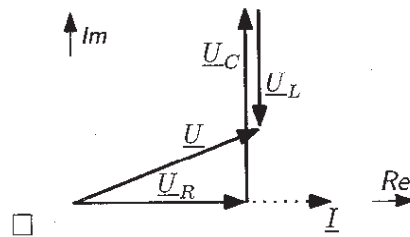
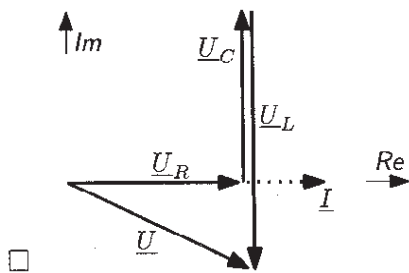
5 P



$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi \cdot 796 \text{ Hz} \cdot 10 \text{ mH} = 50 \Omega$$

$$X_C = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{1}{2\pi \cdot 796 \text{ Hz} \cdot 2,22 \mu\text{F}} = -90 \Omega$$

Kreuzen Sie das Zeigerbild an, das zu der oben dargestellten Schaltung passt, für den Fall, dass $X_C > X_L$ ist.



Wie groß ist der Betrag des Gesamtscheinwiderstands $|Z|$ der Schaltung, wenn $X_L = 70 \Omega$ und $X_C = -150 \Omega$ sind?

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L + X_C)^2} = \sqrt{(150 \Omega)^2 + (70 \Omega - 150 \Omega)^2} = 170 \Omega$$

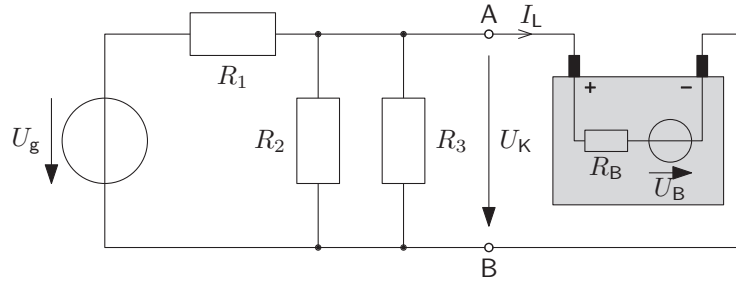
Wie groß ist die insgesamt umgesetzte Wirkleistung P , wenn $|Z| = 200 \Omega$ ist?

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{100 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,5 \text{ A}$$

$$P = I^2 \cdot R = (0,5 \text{ A})^2 \cdot 150 \Omega = 37,5 \text{ W}$$

2. Gleichstrom (19 Punkte)

An ein aus einer idealen Spannungsquelle U_g und den Widerständen R_1 , R_2 und R_3 bestehendes Netzwerk wird eine Batterie mit der „Kapazität“ (Ladungsmenge) $Q_B = 44 \text{ Ah}$ und dem Innenwiderstand $R_B = 0,05 \Omega$ angeschlossen.

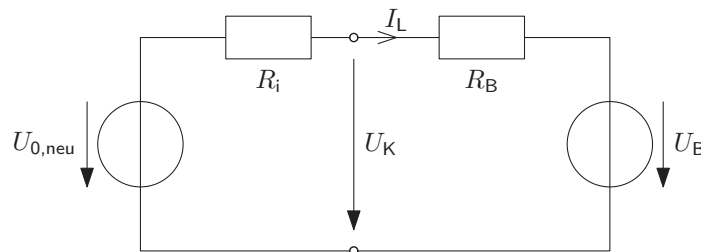


mit $U_g = 21 \text{ V}$; $R_1 = 0.5 \Omega$; $R_2 = R_3 = 3.2 \Omega$

Aufgaben:

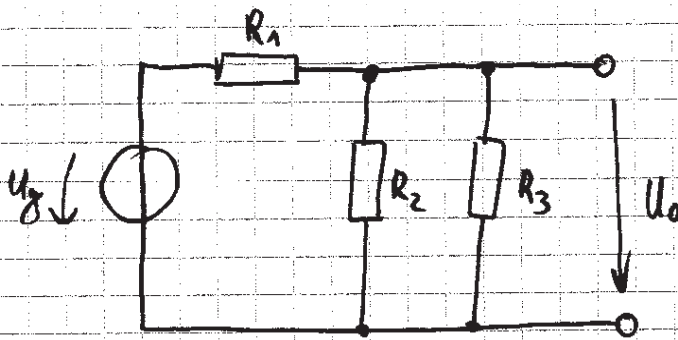
- GS1) Wandeln Sie den aus Spannungsquelle U_g und den Widerständen R_1 , R_2 und R_3 bestehenden Netzwerkteil in eine Ersatzspannungsquelle um und geben Sie die Leerlaufspannung U_0 , den Innenwiderstand R_i und den Kurzschlussstrom I_K der Ersatzspannungsquelle an! 6 P
- GS2) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für die gesamte Schaltung, bestehend aus Ersatzspannungsquelle und Batterie! 3 P
- GS3) Wie groß ist der Ladestrom I_L bei einer Batteriespannung von $U_B = 14 \text{ V}$? 1 P

Jetzt soll die Schnellladung der Batterie untersucht werden. Dabei wird das nachfolgende Ersatzschaltbild für Netzteil und Batterie zugrunde gelegt. Die Batterie soll innerhalb von einer Stunde bei konstanter Klemmspannung $U_K = 16 \text{ V}$ mit $I_L = 44 \text{ A}$ geladen werden. Die Quellenspannung $U_{0,\text{neu}}$ ist zunächst unbekannt; für den Innenwiderstand R_i setzen Sie den in GS1 bestimmten Wert an.



- GS4) Berechnen Sie zunächst die für die Schnellladung benötigte Quellenspannung $U_{0,\text{neu}}$! 1 P
- GS5) Geben Sie die ohmsche Verlustleistung P_v an, die beim Laden auftritt! 1 P
- GS6) Welchen Wirkungsgrad haben die Batterie und das Netzteil zusammen, wenn in dieser Form geladen wird? 5 P
- GS7) Wenn die Batterie statt in einer Stunde in zwei Stunden geladen werden kann, reduziert sich der Ladestrom von 44 A auf 22 A . Wie groß ist die Verlustleistung dann im Verhältnis zur vorherigen Schnellladung mit 44 A ? Begründen Sie ohne Rechnung! 2 P

GS 1)

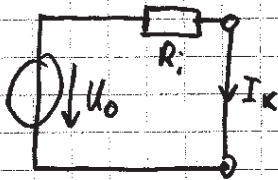


$$U_o = U_g \cdot \frac{R_2 \parallel R_3}{R_1 + R_2 \parallel R_3}$$

$$= 21V \cdot \frac{1,6\Omega}{0,5\Omega + 1,6\Omega} = 16V$$

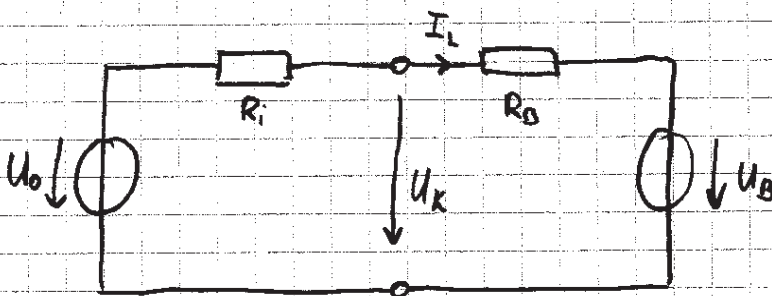
$$R_2 \parallel R_3 = 3,2\Omega \parallel 3,2\Omega = 1,6\Omega$$

$$R_i = R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 = 0,5\Omega \parallel 1,6\Omega = \frac{0,5\Omega \cdot 1,6\Omega}{0,5\Omega + 1,6\Omega} = 0,381\Omega$$



$$I_k = \frac{U_o}{R_i} = \frac{16V}{0,381\Omega} = 42A$$

GS 2)



GS 3) Maschengleichung:

$$-U_o + R_i \cdot I_L + R_B \cdot I_L + U_B = 0$$

$$\Rightarrow I_L = \frac{U_o - U_B}{R_i + R_B} = \frac{16V - 14V}{0,381\Omega + 0,05\Omega} = 4,64A$$

GS 4) Maschengleichung:

$$-U_{\text{nonen}} + R_i \cdot I_L + U_k = 0$$

$$\Rightarrow U_{\text{nonen}} = U_k + R_i \cdot I_L = 16V + 0,381\Omega \cdot 4,64A = 32,76V$$

$$G.S. 5) \quad P_v = I^2 \cdot R = I_L^2 \cdot (R_i + R_B) = 44A^2 \cdot (0,381\Omega + 0,05\Omega) = 834W$$

$$G.S. 6) \quad P_{ab} = U_{open} \cdot I_L = 32,76V \cdot 44A = 1441W$$

$$P_{auf} = P_{ab} - P_v = 1441W - 834W = 607W$$

$$\eta = \frac{P_{auf}}{P_{ab}} = \frac{607W}{1441W} = 0,42 = 42\%$$

G.S. 7) Wenn nur der halbe Strom fließt, ist die Verlustleistung $\frac{1}{4}$ mal so groß wie vorher. ($P_v = I^2 \cdot R$)

3. Elektrisches Feld (20 Punkte)

Gegeben ist folgendes Gleichstromnetzwerk mit einem Plattenkondensator (Bild 1):

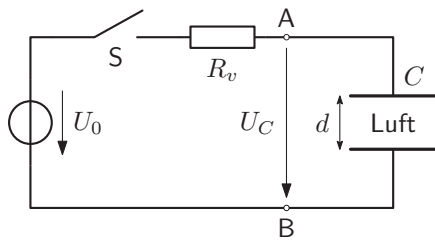


Bild 1

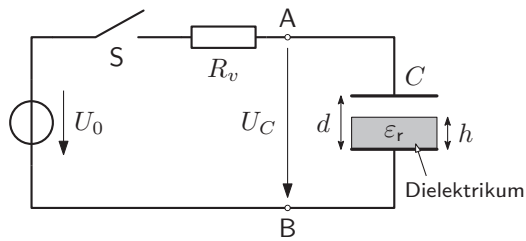


Bild 2

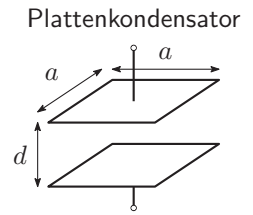


Bild 3

Die Kondensatorplatten sind quadratisch ausgeführt (Bild 3). Folgende Daten sind bekannt:

$$U_0 = 1000 \text{ V}, \quad R_v = 8 \text{ M}\Omega, \quad d = 5 \text{ cm}, \quad h = 3 \text{ cm}, \quad a = 100 \text{ cm} \quad \epsilon_{r,\text{Dielektrikum}} = 13,6$$

Für die Aufgaben werden nacheinander vier Schaltvorgänge durchgeführt:

Vorgang I: Zuerst wird der Schalter S geschlossen und damit der Plattenkondensator durch die Gleichspannungsquelle U_0 aufgeladen.

Vorgang II: Nach dem vollständigen Aufladen des Kondensators wird der Schalter wieder geöffnet.

Vorgang III: Bei geöffnetem Schalter wird anschließend ein plattenförmiges Dielektrikum zwischen die Kondensatorplatten geschoben (Bild 2).

Vorgang IV: Nachdem das Dielektrikum zwischen die Platten geschoben wurde, wird der Schalter wieder geschlossen.

Hinweise: Für die Berechnungen ist die Kondensator-Anordnung als ideal anzunehmen; Randeffekte sowie Verluste im Dielektrikum können vernachlässigt werden. Alle Feldlinien verlaufen parallel zueinander und senkrecht zwischen den Kondensatorplatten.

Aufgaben:

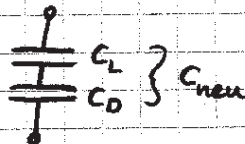
- EF1) Berechnen Sie die Kapazität C des Kondensators ohne Dielektrikum! 2 P
- EF2) Wie groß ist die Spannung U_C zwischen den Klemmen A und B nach dem Einschieben des Dielektrikums (nach Vorgang III)? (Wenn Sie in EF1 die Kapazität nicht bestimmen konnten rechnen Sie mit $C = 177 \text{ pF}$ weiter.) 5 P
- EF3) Berechnen Sie die Energieinhalte im Kondensator vor und nach dem Einschieben des Dielektrikums! (Wenn Sie in EF2 die Spannung nicht bestimmen konnten rechnen Sie mit $U_C = 444 \text{ V}$ weiter.) 4 P
- EF4) Welche Ladungsmenge fließt zusätzlich auf die Kondensatorplatten, nachdem der Schalter S wieder geschlossen wurde (nach Vorgang IV)? 4 P
- EF5) Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf des Kondensatorstroms $i_C(t)$ und der Kondensatorspannung $u_C(t)$ für den Schaltvorgang IV! 5 P
Geben Sie auch die Anfangs- und die Endwerte der Verläufe auf der y-Achse an!

EF1) $C = \frac{Q}{U}$ $Q = D \cdot A$ $D = \epsilon \cdot E$ $U = E \cdot s$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{D \cdot A}{E \cdot s} = \frac{\epsilon \cdot E \cdot A}{E \cdot s} = \frac{\epsilon \cdot A}{s} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d} = \frac{\epsilon_0 \cdot a^2}{d}$$

$$C = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot (1m)^2}{0,05m} = 1,77 \cdot 10^{-10} F = 177 pF$$

EF2) $Q = C \cdot U_0 = 177 pF \cdot 1000V = 177 nC$

$$\frac{1}{C_{neu}} = \frac{1}{C_L} + \frac{1}{C_D}$$


$$C_L = \frac{\epsilon_0 \cdot a^2}{d-h} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot (1m)^2}{0,05m - 0,03m} = 4,43 \cdot 10^{-10} F = 443 pF$$

$$C_D = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_{rD} \cdot a^2}{h} = \frac{8,854 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} \cdot 13,6 \cdot (1m)^2}{0,03m} = 4,01 \cdot 10^{-9} F = 4,01 nF$$

$$C_{neu} = \frac{C_L \cdot C_D}{C_L + C_D} = \frac{443 pF \cdot 4,01 nF}{443 pF + 4,01 nF} = 3,99 \cdot 10^{-10} F = 399 pF$$

$$U_{neu} = \frac{Q}{C_{neu}} = \frac{177 nC}{399 pF} = 443,6 V$$

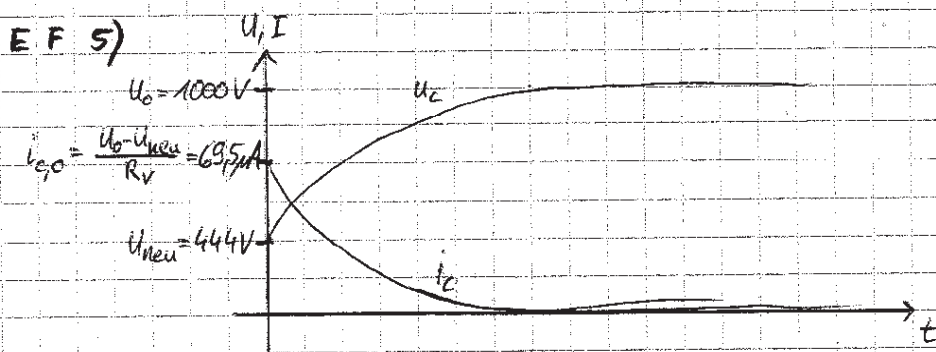
$$U_C = 443,6 V \approx 444 V$$

EF3) $W_1 = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U_0 = \frac{1}{2} \cdot 177 nC \cdot 1000V = 8,85 \cdot 10^{-5} J = 88,5 \mu J$

$$W_2 = \frac{1}{2} \cdot Q \cdot U_C = \frac{1}{2} \cdot 177 nC \cdot 444V = 3,93 \cdot 10^{-5} J = 39,3 \mu J$$

EF4) $Q_{neu} = C_{neu} \cdot U_0 = 399 pF \cdot 1000V = 399 nC$

$$\Delta Q = Q_{neu} - Q = 399 nC - 177 nC = 222 nC$$

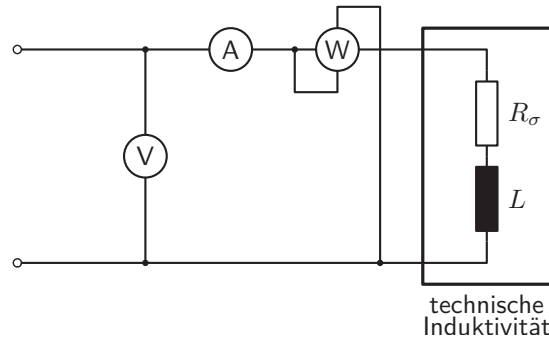


4. Wechselstrom (15 Punkte)

Eine technische Induktivität berücksichtigt im Gegensatz zur idealen Induktivität den ohmschen Widerstand ihrer Wicklung.

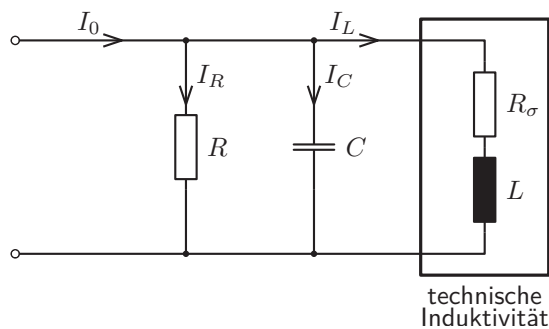
Aufgaben:

WS1) Berechnen Sie mit der unten abgebildeten Messschaltung die Induktivität L und den Wicklungswiderstand R_σ ! 4 P



$$U = 100 \text{ V}, \quad I = 1 \text{ A}, \quad P = 10 \text{ W}, \quad f = 50 \text{ Hz}$$

Sie bauen einen Parallelschwingkreis mit einer Induktivität auf, bei der der Wicklungswiderstand nicht zu vernachlässigen ist (siehe folgende Abbildung).



WS2) Bestimmen Sie allgemein den komplexen Leitwert des Schwingkreises! 5 P

WS3) Bestimmen Sie allgemein die Resonanzfrequenz f_r des Schwingkreises. Setzen Sie dazu die Resonanzbedingung für den Leitwert an! 6 P

WS 1)

$$R_b = \frac{P}{I^2} = \frac{10 \text{ W}}{(1 \text{ A})^2} = 10 \Omega$$

$$Z = \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ V}}{1 \text{ A}} = 100 \Omega$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(100 \Omega)^2 - (10 \Omega)^2} = 99,5 \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{99,5 \Omega}{2\pi \cdot 50 \text{ Hz}} = 0,317 \text{ H} = 317 \text{ mH}$$

WS 2)

$$Y = Y_R + Y_C + Y_L = \frac{1}{R} + \frac{1}{-j\omega C} + \frac{1}{R_b + j\omega L}$$

$$= \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{R_b - j\omega L}{R_b^2 + (\omega L)^2}$$

$$= \frac{1}{R} + \frac{R_b}{R_b^2 + (\omega L)^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R_b^2 + (\omega L)^2}\right)$$

WS 3) Resonanzbedingung: $\text{Im}\{Z\} \stackrel{!}{=} 0$ bzw. $\text{Im}\{Y\} \stackrel{!}{=} 0$

$$\Rightarrow \omega_r C - \frac{\omega_r L}{R_b^2 + (\omega_r L)^2} \stackrel{!}{=} 0$$

$$\Rightarrow \omega_r C = \frac{\omega_r L}{R_b^2 + (\omega_r L)^2} \Rightarrow R_b^2 + \omega_r^2 L^2 = \frac{L}{C}$$

$$\Rightarrow \omega_r = \sqrt{\frac{1}{C \cdot L} - \frac{R_b^2}{L^2}}$$

$$\Rightarrow f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{C \cdot L} - \frac{R_b^2}{L^2}}$$