

Elektrische Systeme I	Klausur 1	WS 2014/2015	Arndt
.....	26.03.2015	59 / (69)	1.7
(Name)	(Matrikel-Nummer)	(Datum)	Bewertung: Punkte Note
♦ Bearbeitungszeit: 90 Minuten ♦ erlaubte Hilfsmittel: Script, Taschenrechner, Formelsammlung, Bücher ♦ unerlaubte Hilfsmittel: alte Klausuren ♦ Es werden nur Lösungen anerkannt, aus denen der gesamte Lösungsweg lückenlos ersichtlich ist. ♦ Angaben in (Klammern) = maximal erreichbare Punktzahl			

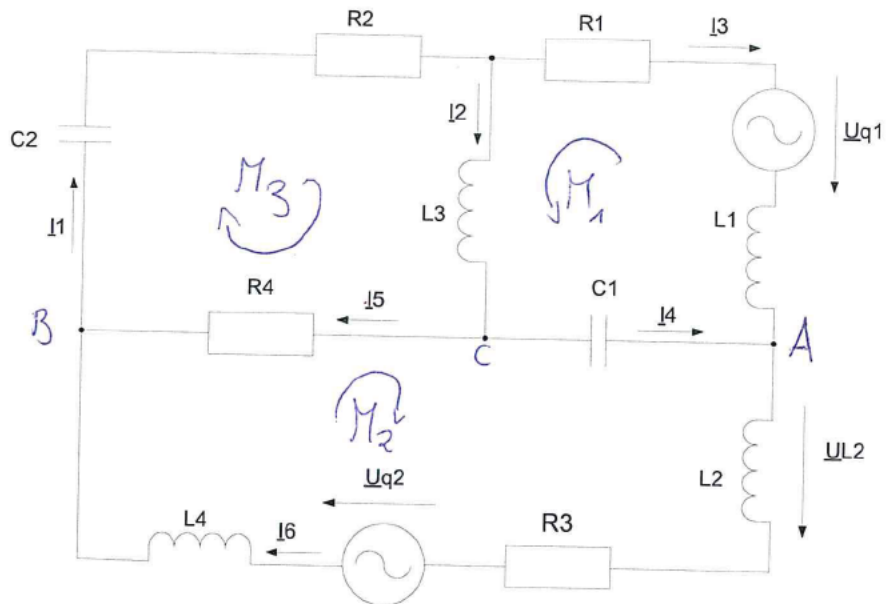
1. Gegeben sei die abgebildete Schaltung mit den angegebenen Kennwerten.

$\underline{U}_{q1} = 11,5V$
 $\underline{U}_{q2} = 26V \cdot e^{-j30^\circ}$

$f = 400Hz$

- $R1 = 150\Omega$
- $R2 = 140\Omega$
- $R3 = 115\Omega$
- $R4 = 205\Omega$
- $R5 = 115\Omega$

- $L1 = 60mH$
- $L2 = 0,1H$
- $L3 = 50mH$
- $L4 = 40mH$
- $C1 = 1\mu F$
- $C2 = 750nF$



1.1. Geben Sie das zur Berechnung aller in der Schaltung auftretenden Ströme (mit Hilfe der Kirchhoffsche Sätze / Zweigstromanalyse) benötigte MATLAB-File an. (30)
 Beachten Sie dabei die wegen einer übersichtlichen und nachvollziehbaren Darstellung Ihrer Lösung vereinbarte **Gliederung!**

30

- *Wertevorgabe (4) 4
- *Berechnung der (komplexen) Blindwiderstände (2) 2

Hinweis:

Zur Herstellung der erforderlichen Übersichtlichkeit benutzen Sie bitte Ihr DINA4-Lösungsblatt für die nächsten beiden Gliederungspunkte (●) **im Querformat!**

- Kirchhoffsche Sätze gemäß Schaltplan (10) 10
- geordnetes Gleichungssystem (6) 6
- *Widerstandsmatrix (6) 6
- *Spannungsvektor (1) 1
- *Lösung des Gleichungssystems (1) 1

1.2. Für ausgewählte Ströme erhält man die Lösungen $\underline{I}_5 = 48,1mA \cdot e^{-j85,42^\circ}$ und $\underline{I}_6 = 48,7mA \cdot e^{j126,75^\circ}$

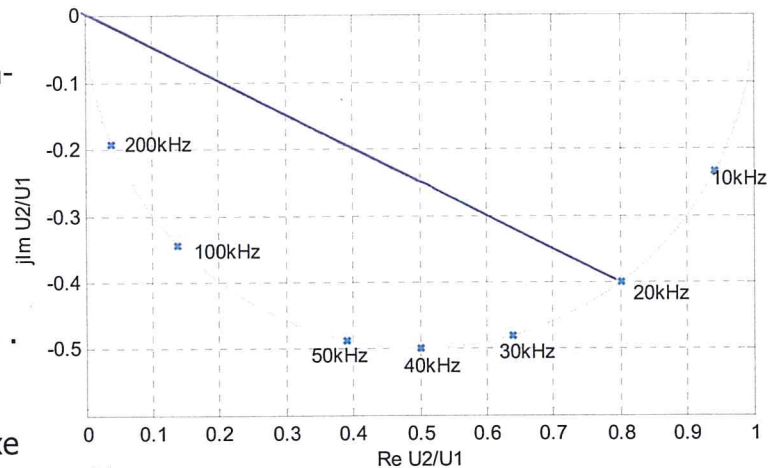
1.2.1. Bestimmen Sie den Strom \underline{I}_1 (Angabe in Exponentialform). (4) 4

Beachten Sie bitte die Folgeseite!

1.2.2. Welchen Momentanwert hat der Strom i_6 zum Zeitpunkt $t_1=20\mu\text{s}$ nach dem (4) **4** Periodenbeginn der Spannung u_{q1} ?

2. Infolge induktiver Verbraucher hat der Leistungsfaktor eines am Niederspannungsnetz (230V / 50Hz) angeschlossenen Verbrauchers bei einer auftretenden Wirkleistung von 15kW den Wert 0,65. Durch Hinzuschalten eines Kondensators soll der Leistungsfaktor auf den Wert 0,85 verbessert werden. Welche Kapazität wird benötigt?

3. Für ein mit einem Widerstand $R=120,57\Omega$ und einem Kondensator aufgebautes RC-Glied wurde die abgebildete Ortskurve ermittelt. Die Eingangsspannung sei $\underline{U}_e = 775\text{mV}$.

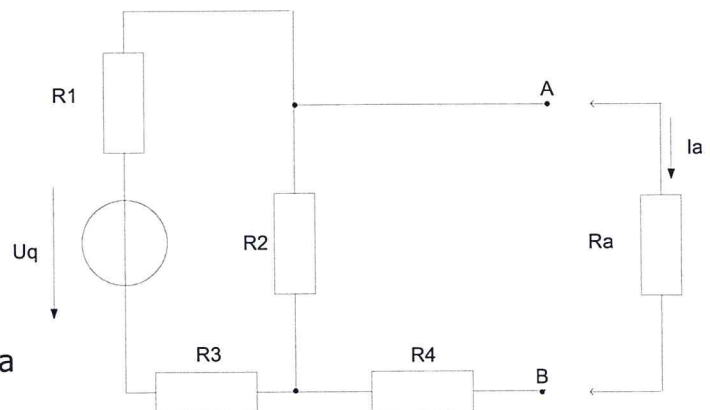


3.1. Bestimmen Sie die Kapazität des zugehörigen Kondensators. (4) **4**

3.2. Aus der Ortskurve soll grafisch (5) **5** (näherungsweise) der komplexe Effektivwert der Ausgangsspannung \underline{U}_a für $f_1=20\text{kHz}$ bestimmt werden. (Angabe in Exponentialform)

3.3. Welche Beträge nimmt die Ausgangsspannung für die Fälle $f_2=0$ und $f_3 \rightarrow \infty$ an? (4) **4**

4. Der skizzierte, aus den Schaltelementen $U_q=12\text{V}$, $R_1=1\text{k}\Omega$, $R_2=3\text{k}\Omega$, $R_3=2\text{k}\Omega$, $R_4=4\text{k}\Omega$ bestehende aktive Zweipol soll an den Anschlüssen A-B mit unterschiedlichen Widerständen R_a belastet werden.



4.1. Berechnen Sie für den aktiven Zweipol die Leerlaufspannung, den Innenwiderstand und den Kurzschlussstrom. (6)

4.2. Für den Belastungsfall $R_a=500\Omega$ soll auf der Grundlage der Stromquellenersatzschaltung der Verbraucherstrom I_a berechnet werden. (3)

1.1

% Wertevorgabe

$$U_{g1} = 11,5 \text{ V} \quad \% \text{ V}$$

$$U_{g2} = 26 \exp(-j \pi/6) \text{ V}$$

$$f = 400 \text{ Hz} \quad \% \text{ Hz}$$

$$R1 = 150 \text{ Ohm} \quad \% \text{ Ohm}$$

$$R2 = 140 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 115 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 205 \text{ Ohm}$$

$$R5 = 115 \text{ Ohm}$$

$$L1 = 60 \text{ e-3 H} \quad \% \text{ H}$$

$$L2 = 0,1 \text{ H}$$

$$L3 = 50 \text{ e-3 H}$$

$$L4 = 40 \text{ e-3 H}$$

$$C1 = 1 \text{ e-6 F} \quad \% \text{ F}$$

$$C2 = 150 \text{ e-9 F} \quad \% \text{ F}$$

% Berechnung der komplexen Blindwertstände

$$\omega = 2 \pi f$$

$$X_{L1} = j \omega L1$$

$$X_{L2} = j \omega L2$$

$$X_{L3} = j \omega L3$$

$$X_{L4} = j \omega L4$$

$$X_{C1} = 1 / (j \omega C1)$$

$$X_{C2} = 1 / (j \omega C2)$$



2% Kirchhoff'sche Sätze gemessenes Schaltplan

2% M1: $-U_{q1} + 12 \cdot x_{L3} - 13 \cdot (R_1 + x_{L1}) + 14 \cdot x_{C1} = 0$ ✓
 2% M2: $U_{q2} + 14 \cdot x_{C1} - 15 \cdot R_4 + 16 \cdot (x_{L2} + R_3 + x_{L4}) = 0$ ✓
 2% M3: $11 \cdot (x_{L2} + R_2) + 12 \cdot x_{L3} + 15 \cdot R_4 = 0$ ✓
 2% A: $13 + 14 - 16 = 0$ ✓
 2% B: $15 + 16 - 11 = 0$ ✓
 2% C: $12 - 14 - 15 = 0$ ✓

2% geordnetes Gleichungssystem

2% M1: $12 \cdot x_{L3} - 13 \cdot (R_1 + x_{L1}) + 14 \cdot x_{C1} = U_{q1}$
 2% M2: $14 \cdot x_{C1} - 15 \cdot R_4 + 16 \cdot (x_{L2} + R_3 + x_{L4}) = -U_{q2}$
 2% M3: $11 \cdot (x_{L2} + R_2) + 12 \cdot x_{L3} = 0$
 2% A: $14 - 16 = 0$
 2% B: $15 - 11 = 0$
 2% C: $12 - 14 - 15 = 0$

2% Widerstandsmatrix

R = $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & x_{L2} + R_2 & 0 \\ 0 & 0 & x_{L3} \end{bmatrix}$
 $\begin{matrix} x_{C1} & 0 & 0 \\ x_{L1} & -R_1 & 0 \\ x_{L4} & 0 & R_3 + x_{L4} \end{matrix}$
 $\begin{matrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{matrix}$

2% Spannungsektor

U = $\begin{bmatrix} U_{q1} \\ U_{q2} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

0
0
0

2% Lösung des Gleichungssystems

I = inv(R) * U

1.2.1

$$15 + 16 - 11 = 0$$

$$15 + 16 = 11$$

$$48,1 \text{ mA} \cdot e^{-j85,42^\circ} + 48,7 \text{ mA} \cdot e^{j126,75^\circ} = 26,826 \text{ mA} \cdot e^{-j100,51^\circ} \quad \checkmark$$

1.2.2

$$\hat{I}_c = 0,0487 \cdot \sqrt{2} = 0,0689$$

$$\hat{I}_c = I_c \cdot \sqrt{2} = 0,0487 \text{ A} \cdot \sqrt{2} = 0,0689 \text{ A} = 68,9 \text{ mA} \quad \checkmark$$

$$i_c = \hat{I}_c \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi)$$

$$i_c = 0,0689 \text{ A} \cdot \sin(360 \cdot 20 \cdot 10^6 \cdot 400 \cdot 20 \cdot 10^{-6} + 126,75^\circ)$$
$$= 0,0531 \text{ A}$$

$$= 53,1 \text{ mA} \quad \checkmark$$

2. geg: $U = 230 \text{ V}$ Wirkleistung: ~~0,65~~ 15 kW ($\eta = 0,65$)
 $f = 50 \text{ Hz}$

ges.: ~~Wirkleistung~~ $0,85 = \eta$

$$\varphi_1 = 0,65$$

$$= \arccos(0,65)$$

$$= 49,56^\circ$$

$$\frac{P}{\cos \varphi_1} = \frac{15 \text{ kW}}{0,65} = 23076,92 \text{ kvar} = 23,08 \text{ kvar} = S_1$$

$$Q_L = S_1 \cdot \sin \varphi_1 = 17,54 \text{ kvar}$$

$$\cos \varphi_n = 0,85$$

$$\arccos 0,85 = \varphi_n$$

$$\varphi_n = 31,79^\circ \quad \checkmark$$

$$Q_n = P \cdot \tan(\varphi_n) = 9296,78 \text{ var} = 9,3 \text{ kvar}$$

$$Q_c = Q_L - Q_n = 17,54 \text{ kvar} - 9,3 \text{ kvar} = 8,24 \text{ kvar} \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow Q_c = \frac{U^2}{X_c} \Leftrightarrow X_c = \frac{U^2}{Q_c} = \frac{(230 \text{ V})^2}{8270 \text{ kvar}} = 639,66 \text{ ?} \quad \frac{230^2 \text{ V}}{8270 \text{ kVA}}$$

$$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} \Leftrightarrow \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Leftrightarrow \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_c} = 4,94 \text{ MF} \quad f$$

3.1

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f_g \cdot R \cdot C}$$

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot f_g \cdot R \cdot X_C}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot f_g \cdot R \cdot C}$$

$$f_g = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}$$

$$\Leftrightarrow C = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot f_g} = 33 \text{ nF} \quad \checkmark$$

3.2

$$\frac{0,1}{0,9} = \frac{x}{8} \approx 0,889$$

$$\Rightarrow U_a = 0,889 \cdot 775 \text{ mV} = 0,689 \text{ mV}$$

$$\varphi = -29^\circ$$

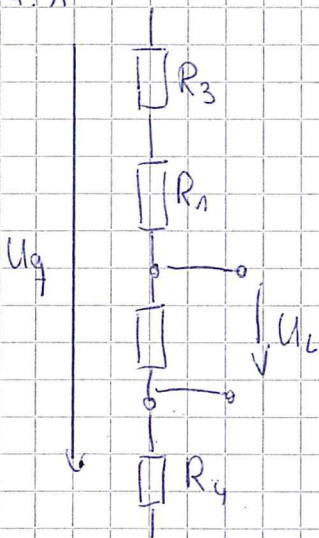
$$\Rightarrow \underline{U}_a = 0,689 \text{ mV} \cdot e^{-j29^\circ}$$

3.3

$$f_2 = 0 \Rightarrow \frac{U_c}{U_a} = 1 \Rightarrow U_a = U_c = 775 \text{ mV} \quad \checkmark$$

$$f_3 = \infty \Rightarrow U_a = 0$$

4.1



$$\frac{U_c}{U_q} = \frac{R_2}{R_1 + R_3 + R_4} \quad | \cdot U_q$$

$$U_c = \frac{R_2}{R_1 + R_3 + R_4} \cdot U_q$$

$$= \frac{R_2}{3 \text{ k}\Omega} \cdot 12 \text{ V}$$

$$= 5,1429 \text{ V}$$

$$R_i = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 2,1 \text{ k}\Omega$$

$$I_k = \frac{U_c}{R_i} = \frac{5,14 \text{ V}}{2,1 \text{ k}\Omega} = 2,45 \text{ mA}$$

Ein Hinweis: Im Leerlauf ist $U_{R4} = 0$,
d.h. $U_L = U_{R20} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot U_q = 6 \text{ V}$