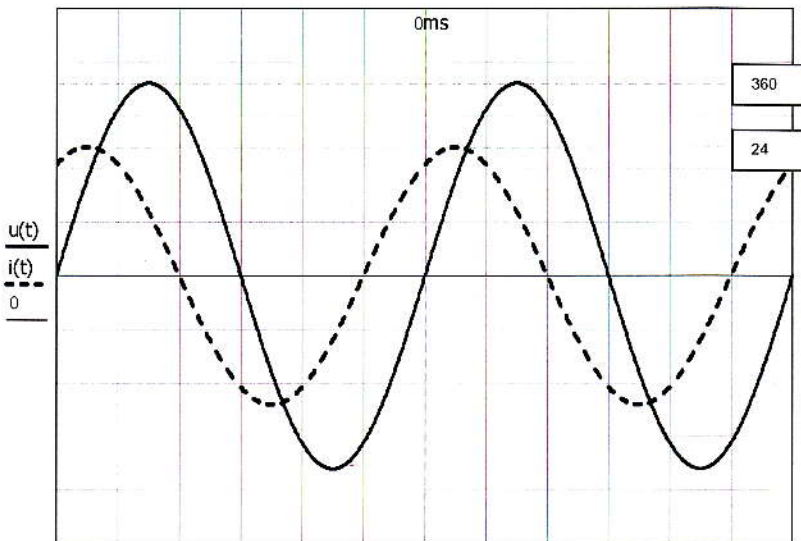


Hochschule München Fakultät 03	Diplomvorprüfung SS 2009 Grundlagen der Elektrotechnik Dauer: 90 Minuten	Aufgabensteller: Buch, Geng, Hessel, Küpper, Müller, Stadler, Tinkl
Zugelassene Hilfsmittel: Taschenrechner, zwei Blatt DIN A4 eigene Aufzeichnungen	Name: Unterschrift:	Vorname: Hörsaal: Matr.-Nr.: Platz-Nr.:

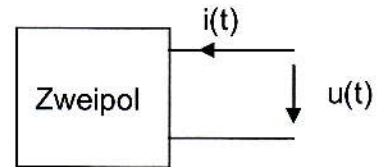
A	1	2	3	4	Σ	N
P	18	16	15	18	67	

Aufgabe 1 (ca. 19 Punkte)



Gegeben ist das nebenstehende Oszillographenbild von Spannung und Strom an einem Zweipol im eingeschwungenen Zustand.

Maßstab u: 100 V /Kästchen
Maßstab i: 10 A /Kästchen
Maßstab t: 3,3 ms/Kästchen



1.1 Geben Sie jeweils die Amplitude, den Effektivwert, die Frequenz, den Phasenwinkel und den zeitlichen Signalverlauf für die Wechselspannung $u(t)$ und den Wechselstrom $i(t)$ an:

$\hat{u} = 360\text{V}$ $f_u = 50\text{Hz}$ $u(t) = 360\text{V} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{3} \cdot t\right)$	$U_{\text{eff}} = 360\text{V} / \sqrt{2} = 254,6\text{V}$ $\varphi_u = 0^\circ$
$\hat{i} = 24\text{A}$ $f_i = 50\text{Hz}$ $i(t) = 24\text{A} \cdot \sin\left(314 \frac{1}{3} \cdot t + 60^\circ\right)$	$I_{\text{eff}} = 24\text{A} / \sqrt{2} = 17\text{A}$ $\varphi_i = +60^\circ \text{ bzw. } +\pi/3$

5

1.2 Geben Sie die komplexen Effektivwerte \underline{U} für die Spannung $u(t)$ und \underline{I} für den Strom $i(t)$ an.
(Ersatzwerte: $\underline{U} = (220 + j 60)\text{V}$, $\underline{I} = (3,5 + j 20)\text{A}$)

$\underline{U} = 254,6\text{V}$
 $\underline{I} = 17\text{A} \cdot e^{j60^\circ} = (8,5 + j \cdot 14,7)\text{A}$

2

- 1.3 Berechnen Sie die Scheinleistung S , Wirkleistung P und Blindleistung Q des Zweipols.
(Ersatzwerte: $S = 9 \text{ kVA}$, $P = 4,5 \text{ kW}$)

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* = (2164,1 - 3748,3 \cdot j) \text{ VA}, \varphi = -60^\circ$$

$$\text{Ersatzwerte: } \underline{S} = (1970 - 4190 \cdot j) \text{ VA}, \quad (S = 4630 \text{ VA}, \varphi = -64,8^\circ)$$

$$S = \underline{4328,2 \text{ VA}} \quad P = \underline{2164,1 \text{ W}} \quad Q = \underline{3748,3 \text{ var}}$$

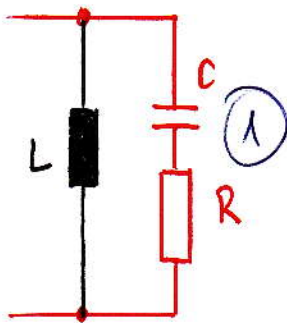
①

①

①

③

- 1.4 Mit welchen **zwei** elektrischen Schaltelementen in Reihenschaltung könnte man das Innere eines Zweipols bestücken, so dass sich exakt die in der Abbildung gezeigten Verhältnisse einstellen? Zeichnen Sie die Schaltung für das Innere dieses Zweipols und berechnen Sie die Werte der von Ihnen verwendeten Elemente.



$$R = \frac{2164,1 \text{ W}}{(17 \text{ A})^2} = \underline{7,49 \Omega} \quad \text{①}$$

$$C = \frac{(17 \text{ A})^2}{3748,3 \text{ var} \cdot 2\pi 50 \frac{1}{\text{s}}} = \underline{245,4 \mu\text{F}} \quad \text{②}$$

④

- 1.5 Welches Bauelement muss parallel zum Zweipol geschaltet werden, damit die Quellspannung $u(t)$ keinerlei Blindbelastung erfährt? Wie nennt man das Verfahren? Zeichnen Sie die entsprechende Schaltung und berechnen Sie die Werte der Elemente, die sie zur Veränderung benötigen!

① Spule hinzufügen \rightarrow Blindleistungskompensation ①

$$\frac{(254,6 \text{ V})^2}{\omega L} = 3748,3 \text{ var} \rightarrow \underline{L = 55 \text{ mH}} \quad \text{②}$$

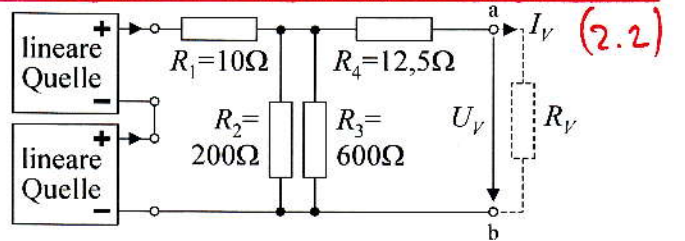
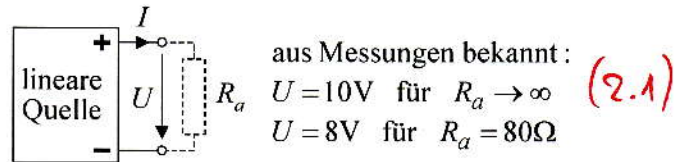
④

$\Sigma = 18$

Aufgabe 2 (ca. 15 Punkte)

Gegeben seien zwei identische lineare Quellen. Werden die Quellen im Leerlauf betrieben ($R_a \rightarrow \infty$), wird an den Klemmen die Spannung $U=10V$ gemessen. Wird hingegen ein Widerstand von $R_a=80\Omega$ angeschlossen, sinkt die Klemmenspannung auf den Wert $U=8V$ (Bild oben).

Zwei dieser Quellen werden gemäß nebenstehendem Bild zu einer Quelle verschaltet. Angeschlossen werden daran 4 Widerstände sowie ein Verbraucher R_V mit noch nicht näher spezifiziertem Wert.



2.1 Ermitteln Sie die Quellenspannung U_q sowie den Innenwiderstand R_i einer einzelnen der beiden linearen Quellen (Ersatzwerte: $U_q=20V$, $R_i=70\Omega$).

① $U_q = 10V$ ①
 Messung mit Widerstand:
 ① $I = \frac{8V}{80\Omega} = 0,1A$ $R_i = \frac{(10-8)V}{0,1A} = 20\Omega$ ①

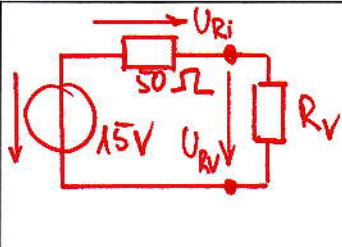
2.2 Der Schaltungsteil links des Klemmenpaares a-b soll durch eine lineare Ersatzspannungsquelle ersetzt werden. Wie groß sind die Ersatzquellenspannung U_{qe} und der Ersatzinnenwiderstand R_{ie} ? (Ersatzwerte: $U_{qe}=22,5V$, $R_{ie}=75\Omega$)

$\frac{20V}{200\Omega} = \frac{U_{qe}}{150\Omega}$
 $\rightarrow U_{qe} = 15V$ ③

$R_{ie} = 12,5\Omega + 37,5\Omega = 50\Omega$ ②

2 Quellen in Reihe!

2.3 Wie groß ist R_V zu wählen, damit durch den Verbraucher der Strom $I_V = 75mA$ fließt?



$U_{Ri} = 75mA \cdot 50\Omega = 3,75V$ 5,625V
 $U_{Rv} = (15 - 3,75)V = 11,25V$ 16,875V
 $R_V = (11,25 / 0,075)\Omega = \underline{\underline{150\Omega}}$ (3)
225Ω

(3)

2.4 Wie groß ist R_V zu wählen, damit am Verbraucher die Spannung $U_V = 12V$ abfällt?

$U_V = 12V \rightarrow U_{Ri} = (15 - 12)V = 3V$ 10,5V
 $\rightarrow I = \frac{3V}{50\Omega} = 60mA$ 140mA $\rightarrow R_V = \frac{12V}{60mA} = \underline{\underline{200\Omega}}$ (3)
85,7Ω

(3)

2.5 Wie groß ist der Verbraucherwiderstand R_V zu wählen, damit in ihm die maximal mögliche Leistung P_{Vmax} umgesetzt wird? Wie groß ist P_{Vmax} ?

Leistungsanpassung: $R_V = R_i = \underline{\underline{50\Omega}}$ (1)
75Ω
 $P_{Vmax} = \frac{(7,5V)^2}{50\Omega} = \underline{\underline{1,125W}}$ (1)
1,6875W

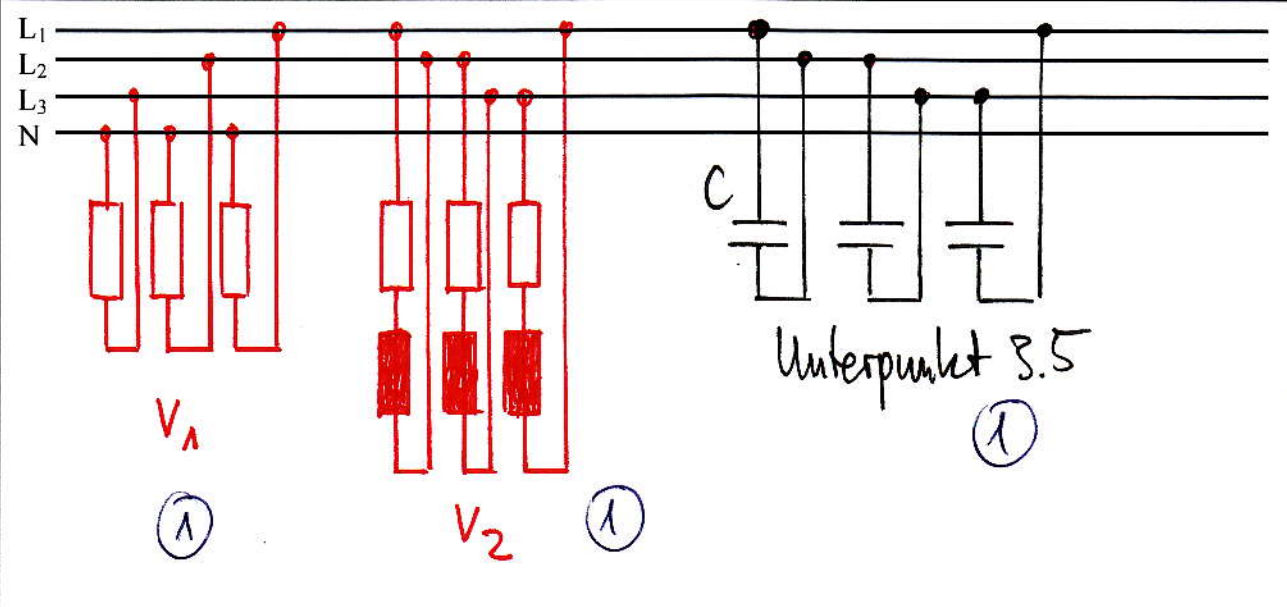
(2)

$\Sigma = 16$

Aufgabe 3 (ca. 12 Punkte)

Ein Drehstromnetz ($U_Y = 230V$, $f = 50Hz$) wird durch zwei symmetrische Drehstromverbraucher belastet. Der erste Verbraucher V1 besteht aus drei gleichen Widerständen mit $R_1 = 100\Omega$ in Sternschaltung. Der zweite Verbraucher V2 besteht aus drei R-L-Serienschaltungen mit jeweils $L_2 = 300mH$ und $R_2 = 50\Omega$ und ist in Dreieckschaltung an das Drehstromnetz angeschlossen.

3.1 Zeichnen Sie das Schaltbild der gesamten Anordnung. Die Verbraucher sind mit den einzelnen Komponenten zu zeichnen.



Unterpunkt 3.5 (1)
(3)

(3)

- 3.2 Berechnen Sie den Betrag des Stromes I_1 , der durch einen Widerstand von V1 fließt, sowie den Betrag des Stromes I_2 , der durch eine R-L-Serienschaltung von V2 fließt.

(Ersatzwerte: $I_1 = 3,5 \text{ A}$, $I_2 = 4,3 \text{ A}$)

$$I_1 = \frac{230\text{V}}{100\ \Omega} = \underline{\underline{2,3\text{A}}} \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{400\text{V}}{50\ \Omega + j \cdot 2\pi \cdot 50 \frac{1}{\text{s}} \cdot 300\text{mH}} = (1,757 - j \cdot 3,312)\text{A} \quad (3)$$

$$\rightarrow I_2 = \underline{\underline{3,75\text{A}}} \quad (2) \quad [Z_2 = (50 + j \cdot 94,25)\ \Omega]$$

- 3.3 Wie groß sind jeweils die Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Verbraucher V1 und V2?

$$P_1 = \frac{(230\text{V})^2}{100\ \Omega} \cdot 3 = \underline{\underline{1587\text{W}}} \quad (1) \quad S_1 = P_1 = \underline{\underline{1587\text{W}}} \quad Q_1 = \underline{\underline{0\text{ var}}} \quad (1)$$

Ersatzwerte: $3 \cdot 230\text{V} \cdot 3,5\text{A} = 2415\text{W} \quad S_1 = P_1 = 2415\text{W} \quad Q_1 = 0\text{ var}$

$$S_2 = 3 \cdot 400\text{V} \cdot I_2^* = (2108,4 + j \cdot 3974,4)\text{VA} \quad \varphi = 62,05^\circ$$

$$P_2 = \underline{\underline{2108,4\text{W}}} \quad Q_2 = \underline{\underline{3974,4\text{ var}}} \quad S_2 = \underline{\underline{4500\text{VA}}} \quad (5)$$

(1) (1) (1)

Ersatzwerte: $3 \cdot 400\text{V} \cdot 4,3\text{A} = 5160\text{VA} = S_2$

- 3.4 Wie groß sind die gesamte Wirk-, Blind- und Scheinleistung der Schaltung?

$$S_{\text{ges}} = (1587 + 2108,4 + j \cdot 3974,4)\text{VA}$$

$$= (3695,4 + j \cdot 3974,4)\text{VA} \quad (2)$$

$$\rightarrow P_{\text{ges}} = \underline{\underline{3695,4\text{W}}} \quad Q_{\text{ges}} = \underline{\underline{3974,4\text{ var}}} \quad S_{\text{ges}} = \underline{\underline{5427\text{VA}}} \quad (1) \quad (1)$$

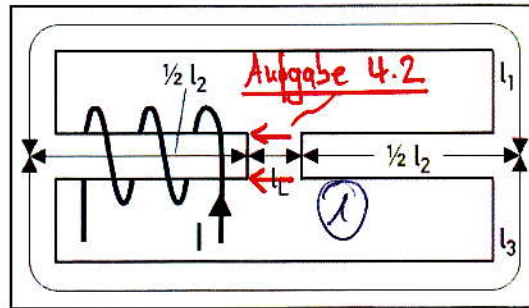
- 3.5 Die Blindleistung soll durch drei Kondensatoren in Dreieckschaltung vollständig kompensiert werden. Zeichnen Sie die Kompensationsschaltung in die Abbildung von 3.1 ein. Wie groß muss der Kapazitätswert eines Kondensators der Kompensationsschaltung gewählt werden?

$$C_{\Delta} = \frac{Q_{\text{ges}}}{3 \cdot U_{\Delta}^2 \cdot 2\pi f} = \frac{3974,4}{3 \cdot 400^2 \cdot 2\pi \cdot 50} \text{F} = \underline{\underline{26,4\ \mu\text{F}}} \quad (2)$$

(1) (1)

Aufgabe 4 (ca. 17 Punkte)

Der abgebildete weichmagnetische Kern besitzt zwei gleiche Außenschenkel (Abschnitte l_1 und l_3). Im Mittelschenkel (Abschnitt l_2) befindet sich ein schmaler Luftspalt der Länge l_L . Auf einer Hälfte des Mittelschenkels befindet sich eine Spule mit $N = 500$ Windungen. Magnetische Streuung und magnetische Sättigung des Kerns seien vernachlässigbar. Die Querschnitte aller Schenkel seien identisch.



- $N = 500$
- $\mu_r = 2500$
- $l_1 = l_3 = 80 \text{ mm}$
- $l_2 = 49 \text{ mm}$
- $l_L = 1 \text{ mm}$
- $A = 1 \text{ cm}^2$

1

4.1 Skizzieren Sie das elektrische Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und geben Sie die Größe der magnetischen Widerstände R_{m1} , R_{m2} , R_{m3} , R_{mL} und R_{mges} an. (Ersatzwert: $R_{mges} = 5 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$)

②

$$R_{m1} = R_{m3} = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_r \cdot A} = \underline{\underline{254.648 \text{ H}^{-1}}} \quad \text{①}$$

$$R_{m2} = \frac{l_2}{\mu_0 \mu_r \cdot A} = \underline{\underline{155.972 \text{ H}^{-1}}} \quad \text{①}$$

$$R_{mL} = \frac{l_L}{\mu_0 \cdot A} = \underline{\underline{7.957.747 \text{ H}^{-1}}} \quad \text{①}$$

$$R_{mges} = R_{mL} + R_{m2} + \frac{1}{2} R_{m1} = \underline{\underline{8.241.043 \text{ H}^{-1}}} \quad \text{①}$$

6

4.2 Welcher Gleichstrom I ist erforderlich, damit sich im Luftspalt eine magnetische Flussdichte der Größe $B_L = 0,5 \text{ T}$ einstellt? Zeichnen Sie in die Abbildung des magnetischen Kreises die Richtung der magnetischen Feldlinien im Luftspalt ein.

$$\text{① } \Phi_{ges} = \Phi_L = \frac{\theta}{R_{mges}} \quad \Phi_L = B_L \cdot A \quad \theta = N \cdot I \quad \text{①}$$

$$\rightarrow I = \frac{B_L \cdot A \cdot R_{mges}}{N} = \underline{\underline{0,824 \text{ A}}} \quad \text{①}$$

3

4.3 Berechnen Sie die Selbstinduktivität L der Spule. (Ersatzwert: $L = 50 \text{ mH}$)

$$L = \frac{N^2}{R_{\text{mges}}} = \underline{\underline{30,34 \text{ mH}}} \quad 50 \text{ mH}$$

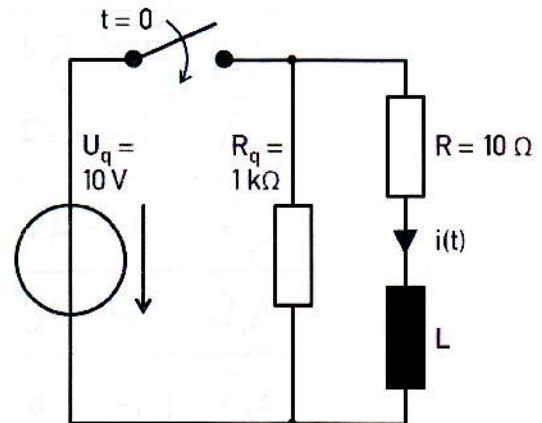
①

4.4 Die Spule L wird über einen Widerstand $R = 10 \Omega$ und einen parallel geschalteten Widerstand $R_q = 1 \text{ k}\Omega$ an eine Spannungsquelle $U_q = 10 \text{ V}$ angeschlossen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter geschlossen. Auf welchen Endwert $i(t \rightarrow \infty)$ steigt der Strom nach langer Zeit t ? (Tipp: Überlegen Sie zuerst, ob der Widerstand R_q für den Einschaltstrom eine Rolle spielt.)

Nach langer Zeit:

$$I = \frac{U_q}{R} = \frac{10 \text{ V}}{10 \Omega} = \underline{\underline{1 \text{ A}}}$$

②



②

4.5 Welcher Strom $i(t = 1 \text{ ms})$ fließt zum Zeitpunkt $t = 1 \text{ ms}$?

$$I = \frac{U_q}{R} \cdot (1 - e^{-t/\tau}) \quad \text{mit} \quad \tau = \frac{L}{R} = 3,03 \text{ ms} \quad ①$$

$$\rightarrow I(t = 1 \text{ ms}) = 1 \text{ A} \cdot (1 - e^{-\frac{1}{3,03}}) = \underline{\underline{0,28 \text{ A}}} \quad ①$$

③

$$50 \text{ mH} \rightarrow \tau = 5 \text{ ms} \rightarrow I(1 \text{ ms}) = 0,18 \text{ A}$$

4.6 Nun wird der Strom i vollständig abgeschaltet. Im Luftspalt ist immer noch eine Flussdichte von $B_L = 5 \text{ mT}$ messbar. Wie nennt man diesen Effekt? Wie kann die Flussdichte im Luftspalt wieder zum Verschwinden gebracht werden (Stichworte genügen)?

- magnetische Remanenz ①

- Strom umpolen / Kern entmagnetisieren / ... ①

②

Σ = 18

----- Viel Erfolg! -----