

Zugelassene Hilfsmittel: beliebige eigene  
 Aufgabensteller: Buch, Geng, Göhl, Hessel,  
 Stadler, Tinkl  
 Arbeitszeit 90 Minuten

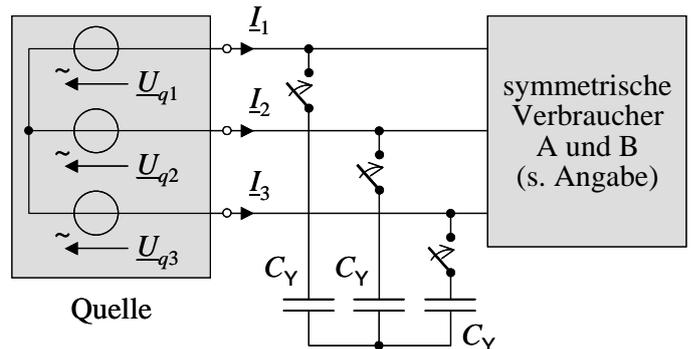
A	1	2	3	4	Σ	N

**Aufgabe 1** (ca. 17 Punkte)

Gegeben sei eine symmetrische Drehstromquelle der Frequenz  $f=50\text{Hz}$  mit  $U_{q1}=U_{q2}=U_{q3}=230\text{V}$ . Sie speise über ein Dreileiternetz 2 symmetrische Verbraucher. Über drei Schalter können zur Blindleistungskompensation Kondensatoren zugeschaltet werden. Die Schalter seien zunächst aber offen. Für die Verbraucher A und B gelte:

Verbraucher A: Sternschaltung, symmetrisch mit jeweils komplexem Widerstand  $Z_A=(40+j30)\Omega$

Verbraucher B: Dreieckschaltung, symmetrisch mit jeweils komplexem Widerstand  $Z_B=(80+j60)\Omega$



1.1 Wie groß ist die komplexe Leistung  $\underline{S}_A$  für den Verbraucher A? (Ersatzwert:  $\underline{S}_A=(2,8+j2,1)\text{kVA}$ )

1.2 Wie groß ist die komplexe Leistung  $\underline{S}_B$  für den Verbraucher B? (Ersatzwert:  $\underline{S}_B=(4,2+j3,1)\text{kVA}$ )

1.3 Wie groß ist die von beiden Verbrauchern A und B zusammen aufgenommene Scheinleistung  $S$ , Wirkleistung  $P$  und Blindleistung  $Q$ ? Wie groß ist folglich der Gesamtleistungsfaktor  $\lambda=\cos\varphi$ ?

1.4 Wie groß ist der Effektivwert  $I=I_1=I_2=I_3$  der drei Außenleiterströme bei gleichzeitigem Betrieb der beiden Verbraucher A und B (noch ohne Blindleistungskompensation)? (Ersatzwert:  $I=13A$ )

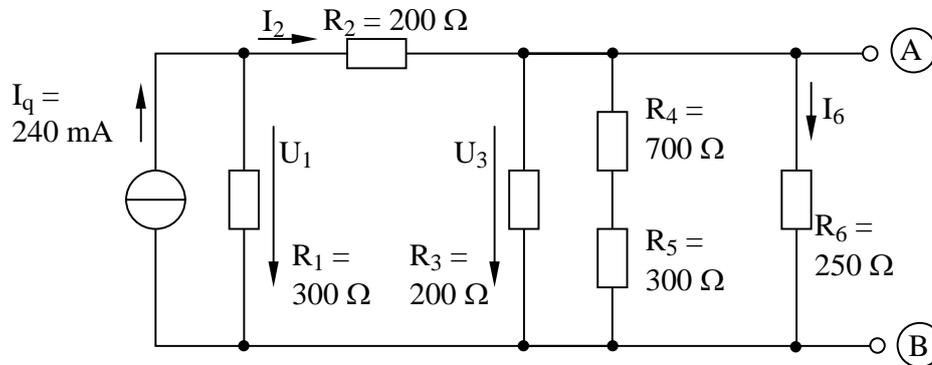
1.5 Durch Zuschalten der Kondensatoren soll der Gesamtleistungsfaktor bei Betrieb von A und B den Wert  $\lambda_{neu}=\cos\varphi_{neu}=1$  annehmen. Wie groß sind dafür die drei Kapazitäten  $C_Y$  zu wählen?

1.6 Wie groß ist nun der Effektivwert  $I_{neu}=I_{1,2,3neu}$  der Außenleiterströme? (Ersatzwert:  $I_{neu}=8,5A$ )

1.7 Um wie viel Prozent lassen sich durch das Zuschalten der Kondensatoren die Wirkleistungsverluste in den Zuleitungen reduzieren? Nehmen Sie an, dass die Widerstände der Zuleitungen im Vergleich zu jenen der beiden Verbraucher klein sind.

**Aufgabe 2** (ca. 19 Punkte)

Untenstehende Schaltung, die mit einem Gleichstrom  $I_q = 240 \text{ mA}$  betrieben wird, soll untersucht werden.



- 2.1 Ermitteln Sie zunächst allgemein und als Zahlenwert den Ersatzwiderstand  $R_{ie}$  bezüglich der Klemmen A und B.

- 2.2 Bestimmen Sie allgemein und als Zahlenwert das Stromteiler-Verhältnis  $I_6/I_2$ .

2.3 Berechnen Sie den Wert des Stromteiler-Verhältnisses  $I_2/I_q$  und bestimmen Sie damit den Strom  $I_6$ .  
(Ersatzwert:  $I_6 = 60 \text{ mA}$ )

2.4 Berechnen Sie nun die Spannungen  $U_1$  und  $U_3$ .

2.5 Zeichnen Sie eine Ersatzspannungsquelle, die sich bezüglich der Klemmen A und B genau so wie die ursprüngliche Schaltung verhält, und bestimmen Sie deren Daten (Leerlaufspannung  $U_{qe}$  und Innenwiderstand  $R_{ie}$ ).

2.6 Überprüfen Sie ihr Ergebnis nach 2.5) indem Sie für die Originalschaltung und für die Ersatzquelle den Kurzschlussstrom  $I_K$  bzw.  $I_{Ke}$  ermitteln.

**Aufgabe 3** (ca. 17 Punkte)

Ein Torus (Ringkern) aus Eisen ist symmetrisch in zwei Hälften geschnitten (siehe Abbildung 3.1). Die obere Hälfte ist von einer Spule mit  $N = 200$  Wicklungen umgeben. Zwischen den beiden Hälften befindet sich ein Luftspalt. Die weiteren Daten sind:

- |  |   |                                      |                                 |
|--|---|--------------------------------------|---------------------------------|
| Querschnittsfläche des Torus:            | $A = 5 \text{ cm}^2$                    | mittlerer Umfang des gesamten Torus: | $l_{\text{FE}} = 60 \text{ cm}$ |
| Länge des Luftspalts:                    | $l_{\text{L}} = 1 \text{ mm}$           | Anzahl der Windungen:                | $N = 200$                       |
| relative Permeabilität Eisen (konstant): | $\mu_{r,\text{Fe}} = 3000$              |                                      |                                 |
| Massendichte Eisen:                      | $\rho_{\text{Fe}} = 7.9 \text{ g/cm}^3$ | Erdbeschleunigung:                   | $g = 9,81 \text{ m/s}^2$        |

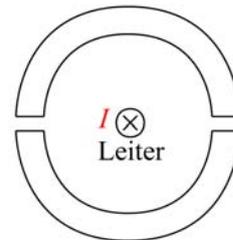
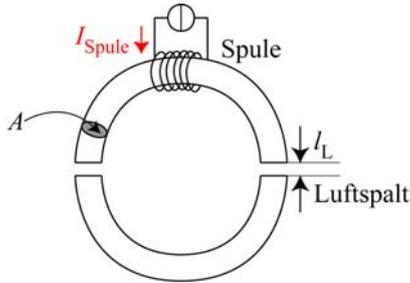


Abb. 3.1 Anordnung des Torus für Aufgabe 3.1-3.4    Abb. 3.2 Anordnung des Torus für Aufgabe 3.5

- 3.1 Zeichnen Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild des gesamten Magnetkreises, und berechnen Sie alle eingezeichneten magnetischen Widerstände. Wie groß ist der Gesamtwiderstand  $R_m$  der Anordnung? (Ersatzwert:  $R_m = 3,8 \cdot 10^6 \text{ 1/H}$ )

- 3.2 Wie groß sind die magnetischen Feldstärken  $H_{\text{Fe}}$  und  $H_{\text{L}}$  bzw. die magnetischen Flussdichten  $B_{\text{Fe}}$  und  $B_{\text{L}}$  im Eisen und im Luftspalt, wenn durch die Spule ein Strom von  $I_{\text{Spule},1} = 0,5 \text{ A}$  fließt?

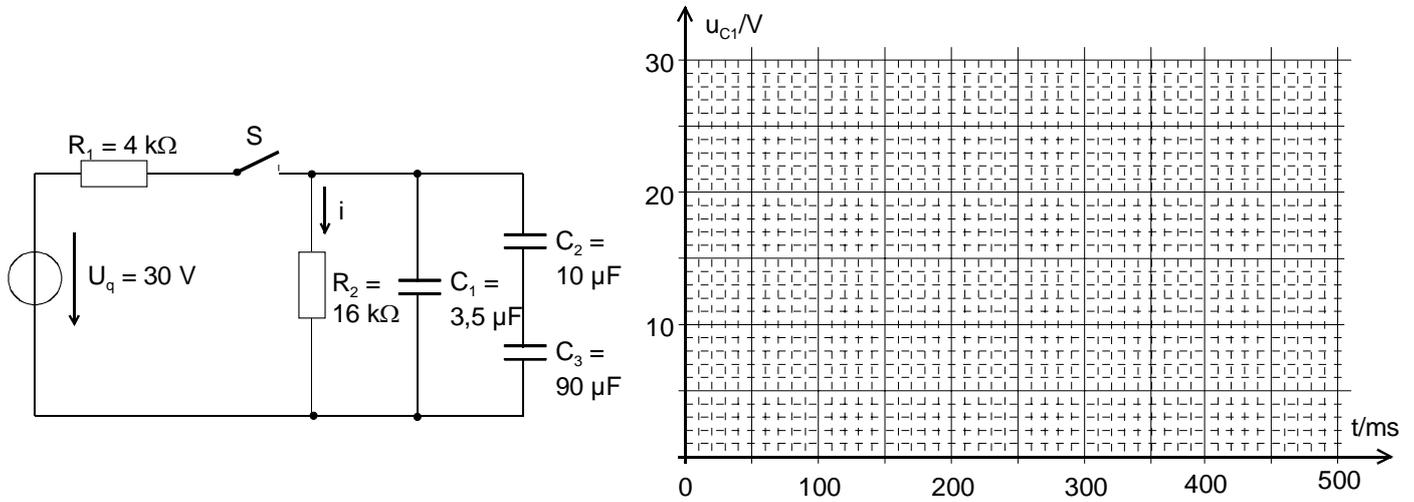
3.3 Wie groß ist der Strom  $I_{\text{Spule},2}$  der fließen muss, um das untere Eisenteil entgegen der Gewichtskraft in einem Abstand von  $l_L = 1 \text{ mm}$  am oberen Eisenstück zu halten?

3.4 Welche Dichte dürfte das Material der unteren Torushälfte haben (bei sonst identischen Abmessungen und gleicher Permeabilität), wenn der unter Aufgabenteil 3.3 berechnete Strom durch die Spule verdoppelt würde? (Kurze Begründung!)

3.5 Die Spule in Abbildung 1 wird nun entfernt und durch einen geraden Leiter ersetzt, der zentrisch im Torus angeordnet ist (Abbildung 3.2). Wie groß muss der Strom durch diesen Leiter sein, um die gleiche Kraft zwischen den beiden Eisenteilen zu bewirken wie in Aufgabe 3.3?

**Aufgabe 4** (ca. 16 Punkte)

Das zeitliche Verhalten der folgenden Schaltung soll untersucht werden. Der Schalter S sei lange Zeit geöffnet, bevor er zum Zeitpunkt  $t = 0$  geschlossen wird.



- 4.1 Bestimmen Sie den Strom  $i(t=0)$  durch den Widerstand  $R_2$  unmittelbar nach dem Schließen des Schalters S. Ermitteln Sie auch den Strom  $i(t \rightarrow \infty)$  durch den Widerstand  $R_2$  wenn S bereits sehr lange geschlossen ist.

- 4.2 Bestimmen Sie die Spannungen  $U_{C1}$ ,  $U_{C2}$  und  $U_{C3}$  an den drei Kondensatoren wenn S bereits sehr lange geschlossen ist.

4.3 Ermitteln Sie aus  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$  den Wert der Ersatzkapazität  $C_e$  die das zeitliche Verhalten bestimmt. (Ersatzwert  $10 \mu\text{F}$ )

4.4 Welche Gesamtenergie haben die drei Kondensatoren am Ende des Aufladevorgangs gespeichert?

4.5 Welchen Wert besitzt die Zeitkonstante  $\tau_{\text{ein}}$  bei geschlossenem Schalter? Zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung  $u_{C1}$  für  $0 \leq t \leq 200 \text{ ms}$  in das vorbereitete Diagramm (Ersatzwert:  $\tau_{\text{ein}} = 50 \text{ ms}$ )

4.6 Der Schalter S wird nun zum Zeitpunkt  $t = 200 \text{ ms}$  wieder geöffnet. Ermitteln Sie den Wert der Zeitkonstanten  $\tau_{\text{aus}}$  nach dem Öffnen des Schalters und zeichnen Sie den zeitlichen Verlauf der Kondensatorspannung  $u_{C1}$  für  $200 \text{ ms} \leq t \leq 500 \text{ ms}$  in das vorbereitete Diagramm. (Ersatzwert:  $\tau_{\text{aus}} = 150 \text{ ms}$ )

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