



Studiengang	<b>Wirtschaftsingenieurwesen</b>
Fach	<b>Elektrotechnik/Elektronik</b>
Art der Leistung	<b>Prüfungsleistung</b>
Klausur-Knz.	<b>WI-ELT-P12-050528</b>
Datum	<b>28.05.2005</b>

**Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Verwenden Sie ausschließlich das **vom Aufsichtsführenden zur Verfügung gestellte Papier**, und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtsführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen** und Ihrer **Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 ihrer Breite als **Rand für Korrekturen** frei, und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Korrektor **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben**, aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten **Hilfsmittel** zugelassen. Werden andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder **Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der **Note 5** bewertet.

<b>Bearbeitungszeit:</b>	90 Minuten
<b>Anzahl Aufgaben:</b>	– 6 –
<b>Höchstpunktzahl:</b>	– 100 –

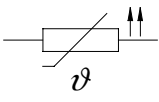
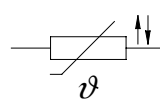
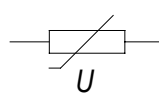
<b>Hilfsmittel</b>
HFH-Taschenrechner Studienbriefe Formelsammlung ELT der HFH

**Vorläufiges Bewertungsschema:**

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

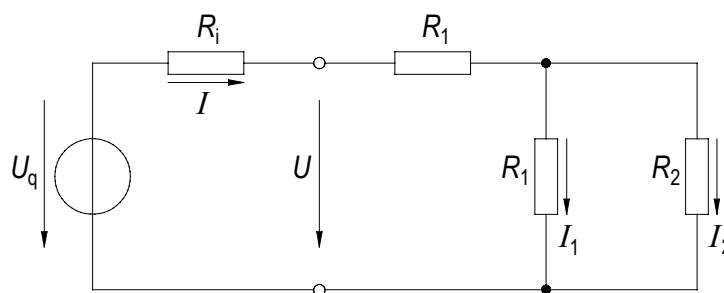
## Aufgabe 1 insg. 4 Punkte

Geben Sie die jeweils richtige Antwort an, wobei Mehrfachnennungen möglich sind.

Frage	Antwort		
	A	B	C
(1) Welches Symbol kennzeichnet einen Heißleiter (NTC)?			
(2) Welcher grundlegende Zusammenhang gilt bei Kondensatoren?	$u = R \cdot i$	$i = C \frac{du}{dt}$	$W = \frac{1}{2} Cu^2$
(3) Wie bezeichnet man bei sinusförmigen Wechselgrößen den Winkel, um den die Spannung dem Strom voraus eilt?	Nullphasenwinkel	Kreisfrequenz	Phasenverschiebung
(4) Bei einem symmetrischen Dreiphasensystem in Sternschaltung gilt:	Die Effektivwerte der Sternspannungen sind gleich.	Die komplexen Spannungszeiger sind gleich.	Der Strom im Neutral-Leiter ist Null.
(5) Der Fotowiderstand	ist ein nichtlinearer Widerstand.	hat bei Helligkeit einen kleinen Widerstand.	dient in modernen Kameras zur Bildaufnahme.

## Aufgabe 2 insg. 16 Punkte

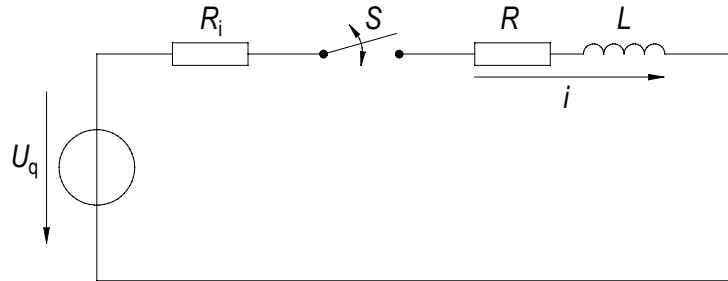
Das im angegebenen Bild dargestellte Gleichstromnetzwerk wird von einer Batterie mit der Quellenspannung  $U_q = 12 \text{ V}$  und dem Innenwiderstand  $R_i = 0,375 \Omega$  gespeist. Dabei sollen die Teilströme die Werte  $I_1 = 0,5 \text{ A}$  und  $I_2 = 1,5 \text{ A}$  annehmen.



- a) Wie groß sind der Klemmenstrom  $I$  und der Ersatzwiderstand der Last  $R_a$ ? 6 Pkte
- b) Welche Widerstandswerte  $R_1$  und  $R_2$  müssen dazu vorgesehen werden? 5 Pkte
- c) Wie groß ist die Teilspannung  $U_{1R}$  am Reihenwiderstand  $R_1$  und die Teilspannung  $U_{1P}$  am Parallelwiderstand  $R_1$ ? 3 Pkte
- d) Geben Sie die Klemmenspannung  $U$  an. 2 Pkte

**Aufgabe 3****insg. 21 Punkte**

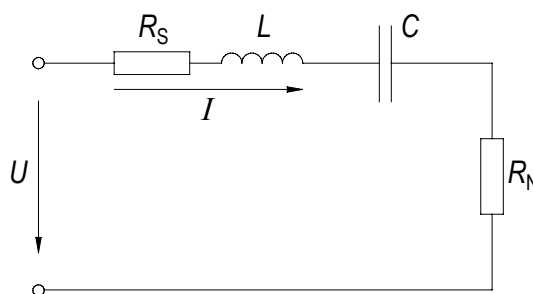
Eine Zündspule aus Kupferdraht hat die Induktivität  $L = 3 \text{ mH}$  und bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  den Wicklungswiderstand  $R_{20} = 1 \text{ } \Omega$ . Diese wird laut angegebenem Bild an einer Batterie der Quellenspannung  $U_q = 12 \text{ V}$  und dem Innenwiderstand  $R_i = 0,5 \text{ } \Omega$  periodisch ein- und ausgeschaltet.



- Geben Sie die Zeitkonstante  $\tau$  beim Aufmagnetisieren der Induktivität an. **5 Pkte**
- Der Schalter  $S$  wird bei  $t = 0$  und zuvor stromloser Induktivität geschlossen. Nach welchem zeitlichen Verlauf steigt der Strom in der Induktivität an, und welchen Wert erreicht er nach  $t_e = 6 \text{ ms}$ ? **2,5 Pkte**
- Welche magnetische Energie  $W_e$  ist in der Zündspule nach  $t_e$  gespeichert? **2 Pkte**
- Im Betrieb erwärmt sich die Zündspule auf  $\vartheta_{\max} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ . Welche Energie  $W_{e\vartheta}$  steht dann, unter sonst ungeänderten Bedingungen, nach  $t_e$  zur Verfügung? **11,5 Pkte**

**Aufgabe 4****insg. 23 Punkte**

Ein Reihenresonanzkreis laut angegebenem Bild wird an einer sinusförmigen Wechselspannung des Effektivwertes  $U = 60 \text{ V}$  bei  $f = 400 \text{ Hz}$  betrieben. Die Induktivität hat den Wert  $L = 7,36 \text{ mH}$  und den Spulenwiderstand  $R_S = 0,1 \text{ } \Omega$ .



- Welche Kapazität  $C$  in  $\mu\text{F}$  ist für Resonanzbetrieb vorzusehen? **3 Pkte**
- Aus Sicherheitsgründen darf die Kondensatorspannung den Wert  $U_{C\max} = 1200 \text{ V}$  nicht überschreiten. Welcher Mindestnutzwiderstand  $R_N$  muss daher in Reihe zu  $R_S$  vorgesehen werden? **8,5 Pkte**

**Lösungshinweis:**

Nutzen Sie die Tabelle 7.1 des SB 4, und berechnen Sie über die Resonanzübererhöhung und den Wirkwiderstand die gesuchte Größe?

- Aus praktischen Gründen wird  $C = 22 \text{ } \mu\text{F}$  und der Nutzwiderstand  $R_N = 0,9 \text{ } \Omega$  gewählt. Geben Sie dafür **11,5 Pkte**  
 $I$ ,  $P$ ,  $S$  und  $Q$   
des Reihenresonanzkreises an.

## Aufgabe 5

insg. 16 Punkte

Ein Gebläse mit dem Wirkungsgrad  $\eta_G = 72\%$  soll mit  $n_N = 1450 \text{ min}^{-1}$  angetrieben werden und erfordert dabei die Antriebsleistung  $P_N = 7,5 \text{ kW}$ . Dazu stehen zwei geeignete Drehstrom-Asynchronmotoren zum Betrieb am 400 V/50 Hz-Netz mit folgenden unterschiedlichen Eigenschaften und Beschaffungskosten zur Auswahl.

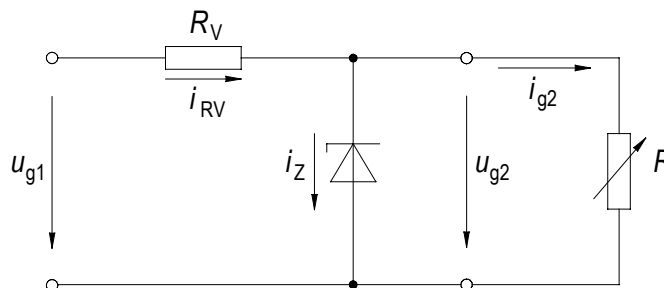
Motor	1	2
Ausführung	Energiesparend	Standard
$\eta_N$ in %	87	85,5
$\cos \varphi_N$	0,82	0,85
Kosten in €	1.330,-	1.210,-

- a) Geben Sie für beide Alternativen folgende Motorwerte an: 7,5 Pkte
- aufgenommene Wirkleistung  $P_{\text{auf}}$ ,
  - Motorverluste  $P_V$  und
  - Zuleitungsstrom  $I_1$ .
- b) Das Gebläse soll 6 Jahre ohne Unterbrechung (365 Tage im Jahr und 24 Stunden pro Tag) laufen, wobei die spezifischen Stromkosten mit  $k = 0,08 \text{ €/kWh}$  berechnet werden. Wie hoch sind dann die zu erwartenden Stromkosten  $K_{V\text{ges}}$  allein für die Motorverluste? 6 Pkte
- c) Welchen Motor würden Sie zum Vorteil des Nutzers empfehlen? Begründen Sie Ihre Empfehlung. 2,5 Pkte

## Aufgabe 6

insg. 20 Punkte

Eine elektronische Schaltung soll möglichst temperaturstabil bei  $U_{g2} = 9 \text{ V}$  betrieben werden und nimmt je nach Betriebssituation den Strom  $I_{g2} = 5 \dots 30 \text{ mA}$  auf. Beim speisenden PKW-Bordnetz kann die Spannung Werte zwischen  $U_{g1} = 11 \dots 14 \text{ V}$  annehmen, so dass eine Spannungsstabilisierung gemäß der angegebenen Prinzipschaltung erforderlich ist. Hierzu stehen Z-Dioden der E 24-Reihe mit  $P_{\text{tot}} = 0,5 \text{ W}$  sowie Widerstände der E 12-Reihe zur Auswahl.



- a) Welche Z-Dioden  $U_{Z1}$  und  $U_{Z2}$  werden für eine gute Temperaturstabilität zweckmäßigerweise gewählt, und wie sind diese zu schalten? 4,5 Pkte
- Lösungshinweis:*  
Entnehmen Sie dem SB 6, Abschn. 5.2, welche Z-Dioden die beste Temperaturstabilität haben und wie sie zu schalten sind. Entscheiden Sie anschließend anhand des vorgegebenen  $U_{g2}$ -Wertes mittels Tabelle 3.2, welche Z-Dioden zu wählen sind.
- b) Mit welchem minimalen Z-Strom  $I_{Z\text{min}}$  und maximalen Z-Strom  $I_{Z\text{max}}$  kann gerechnet werden? 8 Pkte
- Lösungshinweis:*  
Bedenken Sie, dass keine Diode überlastet werden darf und für eine gute Spannungsstabilisierung der kleinste Strom in keiner Diode unterschritten werden sollte.
- c) In welchen Grenzen muss dann  $R_V$  liegen, und welcher Normwert ist zu wählen? 7,5 Pkte

## Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung Elektrotechnik/Elektronik am 28.05.2005 Wirtschaftsingenieurwesen WI-ELT-P12-050528

**Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Die **Vergabe der Punkte** nehmen Sie bitte so vor, wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen als den in der Korrekturrichtlinie angegebenen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- Bitte achten Sie auf **Folgefehler**. Wurden bezogen auf eine falsche Lösung zu Folgefragen richtige Antworten bzw. Lösungen angegeben, dann sind diese ohne Punktabzug zu bewerten. **Das bezieht sich auf Aufgaben jeglicher Art, nicht nur auf numerisch zu lösende.**
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer **zweifelsfrei lesbaren Schrift** vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den **Klausur-Mantelbogen** sowie in die **Ergebnisliste** ein.
- Gemäß der Diplomprüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes **Notenschema** zugrunde zu legen:

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

**15. Juni 2005**

in Ihr Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der **angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten**. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen ein Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich Ihrem Studienzentrenleiter anzuzeigen.

**Lösung 1****s. Hinweise zu den Antworten****insg. 4 Punkte**

a)

- (1) **B** (s. SB 6, Abb. 3.3 b)  
 (2) **B** (s. SB 2, Kap. 1.5.1)  
     **C** (s. SB 2, Kap. 1.5.2)  
 (3) **C** (s. SB 4, Kap. 1.1)  
 (4) **A** (s. SB 5, Kap. 1.2.1)  
     **C** (s. SB 5, Kap. 1.2.1)  
 (5) **A** (s. SB 6, Kap. 3.2.3)  
     **B** (s. SB 6, Kap. 3.2.3)

**Hinweis:** (0,5 Pkte)  
 Als richtig sind nur  
 die hier angegebene  
 Lösungskombinationen  
 zu bewerten. Jede  
 andere Kombination  
 (z. B. das Ankreuzen  
 aller drei Antwortmöglichkeiten)  
 wird mit 0 Punkte  
 bewertet. (0,5 Pkte)

**Hinweis:** Alle Angaben zu dieser Lösung und allen nachfolgenden Lösungen beziehen sich bei den SB 1 und 2 auf die 2. Ausgabe und bei den restlichen SB auf die 1. Ausgabe dieser Hefte.

**Lösung 2****vgl. SB 1: Kap. 1.1.5, 2.1.1, 2.1.2 und 2.5****insg. 16 Punkte**

a)

**6 Pkte**

Der Gesamtstrom  $I$  berechnet sich nach dem Knotenpunktsatz gemäß Gl. (1.18) zu

$$I = I_1 + I_2 \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= 0,5 \text{ A} + 1,5 \text{ A} = 2 \text{ A}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Der Ersatzwiderstand  $R_a$  ergibt sich unter Anwendung der Berechnungsvorschrift für den Gesamtwiderstand nach Gl. (2.2) und mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes (1.17) zu

$$R_{\text{ges}} = R_i + R_a = \frac{U_q}{I} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{12 \text{ V}}{2 \text{ A}} = 6 \Omega. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$R_a = R_{\text{ges}} - R_i \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= 6 \Omega - 0,375 \Omega = 5,625 \Omega. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

b)

**5 Pkte**

Unter Anwendung der Stromteilerregel (2.8) ergibt sich mit den vorgegebenen Teilströmen  $I_1$  und  $I_2$  für

$$R_1 = \frac{I_2}{I_1} R_2 = 3 R_2 \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

und durch die Parallelschaltung der Widerstände nach Gl. (2.7)

$$R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3}{4} R_2. \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Der Ersatzwiderstand lautet damit

$$R_a = R_1 + R_1 \parallel R_2 = 3 R_2 + \frac{3}{4} R_2 = \frac{15}{4} R_2. \quad (1 \text{ Pkt})$$

Somit ergeben sich die zwei gesuchten Widerstandswerte zu

$$R_2 = \frac{4}{15} R_a = \frac{4}{15} \cdot 5,625 \Omega = 1,5 \Omega \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$R_1 = 3 R_2 = 3 \cdot 1,5 \Omega = 4,5 \Omega. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

- c) **3 Pkte**  
 Die Teilspannungen am Reihen- bzw. Parallelwiderstand  $R_1$  lauten nach dem Ohmschen Gesetz
- $$U_{1R} = R_1 \cdot I \quad (1 \text{ Pkt})$$
- $$= 4,5 \text{ V} \cdot 2 \text{ A} = 9 \text{ V} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$
- $$U_{1P} = R_1 \cdot I_1 \quad (1 \text{ Pkt})$$
- $$= 4,5 \text{ V} \cdot 0,5 \text{ A} = 2,25 \text{ V}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$
- d) **2 Pkte**  
 Die Klemmenspannung ergibt sich aus Gl. (2.1)
- $$U = U_{1R} + U_{1P} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- $$= 9 \text{ V} + 2,25 \text{ V} = 11,25 \text{ V}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

**Lösung 3**

vgl. SB 1: Kap 2.1.1; SB 3: Kap. 2.4.1

**insg. 21 Punkte**

- a) **5 Pkte**  
 Die Zeitkonstante  $\tau$  berechnet sich nach SB 3, Gl. (2.36) zu
- $$\tau = \frac{L}{R_{\text{ges}}} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- Mit dem Gesamtwiderstand der Reihenschaltung bei zunächst kalter Zündspule
- $$R_{\text{ges}} = R_1 + R_{20} \quad (2 \text{ Pkte})$$
- $$= 0,5 \Omega + 1 \Omega = 1,5 \Omega \quad (0,5 \text{ Pkte})$$
- nimmt die Zeitkonstante den Wert
- $$\tau = \frac{3 \text{ mH}}{1,5 \Omega} = 2 \text{ ms} \quad (1 \text{ Pkt})$$
- an.
- b) **2,5 Pkte**  
 Der zeitliche Verlauf des Stromes folgt der Gl. (2.43) des SB 3
- $$i = \frac{U_q}{R_{\text{ges}}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right). \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- Der Strom erreicht für  $t_e = 6 \text{ ms}$  den Wert
- $$i(t_e) = i_e = \frac{12 \text{ V}}{1,5 \Omega} \left( 1 - e^{-\frac{6 \text{ ms}}{2 \text{ ms}}} \right) = 7,602 \text{ A}. \quad (\text{gerundet}) \quad (1 \text{ Pkt})$$
- c) **2 Pkte**  
 Die magnetische Energie berechnet sich nach SB 3, Gl. (1.47)
- $$W_e = \frac{1}{2} L i_e^2 \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- $$= \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ mH} \cdot (7,602 \text{ A})^2 = 86,7 \text{ mJ}. \quad (\text{gerundet}) \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

- d) 11,5 Pkte
- Unter Berücksichtigung der Bezugstemperatur von 20 °C und dem Temperaturkoeffizienten für Kupfer lt. Tabelle 1.1 des SB 1 ergibt sich der Widerstand der warmen Zündspule nach Gl. (1.13) zu
- $$R_{\vartheta} = R_{20} (1 + \alpha \cdot \Delta \vartheta) \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- $$R_{\vartheta} = 1 \Omega \cdot (1 + 39 \frac{10^{-4}}{^{\circ}\text{C}} \cdot 130 ^{\circ}\text{C}) = 1,507 \Omega. \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- In Analogie zu der unter a), b) und c) durchgeführten Rechnung folgt dann für die warme Zündspule eine deutlich kleinere Energie:
- $$R_{\text{ges } \vartheta} = R_1 + R_{\vartheta} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- $$= 0,5 \Omega + 1,507 \Omega = 2,007 \Omega \quad (0,5 \text{ Pkte})$$
- $$\tau_{\vartheta} = \frac{L}{R_{\text{ges } \vartheta}} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$
- $$= \frac{3 \text{ mH}}{2,007 \Omega} = 1,495 \text{ ms} \quad (\text{gerundet}) \quad (0,5 \text{ Pkte})$$
- $$i_{\vartheta} = \frac{U_q}{R_{\text{ges } \vartheta}} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_{\vartheta}}} \right) \quad (1,5 \text{ Pkt})$$
- $$i_{e\vartheta} = i_{\vartheta}(t_e) = \frac{12 \text{ V}}{2,007 \Omega} \left( 1 - e^{-\frac{6 \text{ ms}}{1,495 \text{ ms}}} \right) = 5,871 \text{ A} \quad (\text{gerundet}) \quad (1 \text{ Pkt})$$
- $$W_{e\vartheta} = \frac{1}{2} L i_{e\vartheta}^2 \quad (1,5 \text{ Pkt})$$
- $$= \frac{1}{2} \cdot 3 \text{ mH} \cdot (5,871 \text{ A})^2 = 51,7 \text{ mJ}. \quad (\text{gerundet}) \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

**Lösung 4****SB 4: Kap. 5.4; 5.5 und 7.1****insg. 23 Punkte**

- a) 3 Pkte
- Die Kapazität berechnet sich durch Umstellung der Gl. (7.7) des SB 4 zu:
- $$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} = \frac{1}{(2\pi f)^2 L} \quad (2 \text{ Pkte})$$
- $$= \frac{1}{(2\pi \cdot 400 \text{ s}^{-1})^2 \cdot 7,36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}} = 21,51 \mu\text{F}. \quad (1 \text{ Pkt})$$
- b) 8,5 Pkte
- Nach SB 4, Tabelle 7.1 für Reihenresonanzkreise, letzte Gleichung, folgt für die maximal zulässige Resonanzüberhöhung aus den vorgegebenen Werten der Betriebsspannung  $U$  und der maximal zulässigen Kondensatorspannung  $U_{C\text{max}}$
- $$\rho_{r\text{max}} = \frac{U_{C\text{max}}}{U} \quad (2 \text{ Pkte})$$
- $$= \frac{1200 \text{ V}}{60 \text{ V}} = 20. \quad (1 \text{ Pkt})$$
- Aus der gleichen Beziehung lässt sich dann der kleinste mögliche Wirkwiderstand  $R_{\text{min}}$  für diese Resonanzüberhöhung durch Umstellung der Gleichung nach  $R$  ermitteln.

$$R_{\min} = \frac{1}{\rho_{r \max}} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

$$= \frac{1}{20} \sqrt{\frac{7,36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}}}{1}} = \frac{1}{20} \sqrt{\frac{7,36}{2,15} \cdot 10^2 \left(\frac{\text{V}}{\text{A}}\right)^2} = 0,9249 \Omega. \text{ (gerundet)} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$\sqrt{(2\pi \cdot 400 \text{ s})^{-2} \cdot 7,36 \cdot 10^3 \frac{\text{Vs}}{\text{A}}}$$

Dieser setzt sich als Reihenschaltung additiv aus dem vorgegebenen Spulenwiderstand  $R_S$  und dem gesuchten Nutzwiderstand  $R_{N\min}$  zusammen, so dass für letzteren der Mindestwert angegeben werden kann.

$$R_{N\min} = R_{\min} - R_S \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$R_{N\min} = 0,9249 \Omega - 0,1 \Omega = 0,8249 \Omega. \quad \text{(gerundet)} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

c)

**11,5 Pkte**

Der Strom des Reihenresonanzkreises folgt aus Gl. (7.10)

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit den gegebenen Werten

(1,5 Pkte)

$$R = R_S + R_N$$

$$= 0,1 \Omega + 0,9 \Omega = 1 \Omega$$

(0,5 Pkte)

und den anderen vorgegebenen bzw. berechneten Größen hat der Strom eine Größe von

$$I = \frac{60 \text{ V}}{\sqrt{\left(1 \frac{\text{V}}{\text{A}}\right)^2 + \left(2\pi \cdot 400 \text{ s}^{-1} \cdot 7,36 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Vs}}{\text{A}} - \frac{1}{2\pi \cdot 400 \text{ s}^{-1} \cdot 22 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}}\right)^2}} = 55,47 \text{ A}. \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Die Formel zur Berechnung der Leistung liefert Gl. (5.14)

$$P = R \cdot I^2 \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= 1 \Omega \cdot (55,47 \text{ A})^2 = 3076,9 \text{ W}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Die Scheinleistung ergibt mit Gl. (5.7)

$$S = U \cdot I \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= 60 \text{ V} \cdot 55,47 \text{ A} = 3328,2 \text{ VA}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Die Blindleistung folgt durch Umstellung der Gl. (5.9) zu

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$= \sqrt{3328,2^2 - 3076,9^2} \text{ VA} = 1268,7 \text{ VA}. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

**Lösung 5****SB 1: Kap. 1.2.3 und SB 5: Kap. 1.3.2****insg. 16 Punkte**a) 7,5 Pkte

Die aufgenommene Wirkleistung richtet sich nach SB 1, Gl. (1.23)

$$P_{\text{auf}} = \frac{P_{\text{N}}}{\eta_{\text{N}}} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

und ergibt für die beiden Motoren einen Wert von

$$P_{\text{aufMo1}} = \frac{7500 \text{ W}}{0,87} = 8620,7 \text{ W} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$P_{\text{aufMo2}} = \frac{7500 \text{ W}}{0,855} = 8771,9 \text{ W} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Die Motorverluste ergeben sich als Differenz zwischen aufgenommener und abgegebener Leistung  $P_{\text{v}} = P_{\text{auf}} - P_{\text{N}}$  und betragen demzufolge (1 Pkt)

$$P_{\text{vMo1}} = 8620,7 \text{ W} - 7500 \text{ W} = 1120,7 \text{ W} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$P_{\text{vMo2}} = 8771,9 \text{ W} - 7500 \text{ W} = 1271,9 \text{ W} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Der Zuleitungsstrom für die Drehstrom-Asynchronmotoren berechnet sich durch Umstellung der Gl. (1.24) des SB 5

$$I_1 = \frac{P_{\text{auf}}}{\sqrt{3} U \cos \varphi} . \quad (2 \text{ Pkte})$$

Für die beiden Motoren heißt das:

$$I_{1\text{Mo1}} = \frac{8620,7 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,82} = 15,174 \text{ A} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{1\text{Mo2}} = \frac{8771,9 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 14,895 \text{ A} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

b) 6 Pkte

Der Ansatz zur Berechnung der Stromkosten für die Motorverluste lautet

$$K_{\text{v ges}} = k \cdot W_{\text{v ges}} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Die zur Berechnung notwendige Verlustenergie ergibt sich aus den Motorverlusten in den 6 Jahren und damit für eine Zeit von

$$t_{\text{ges}} = 6a \cdot 365 \frac{d}{a} \cdot 24 \frac{h}{d} = 52560 \text{ h} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Das ergibt für die beiden Motoren

$$W_{\text{v gesMo1}} = P_{\text{vMo1}} \cdot t_{\text{ges}} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$= 1120,7 \text{ W} \cdot 52560 \text{ h} = 58904 \text{ kWh} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$W_{\text{v gesMo2}} = P_{\text{vMo2}} \cdot t_{\text{ges}} \quad (1 \text{ Pkt})$$

$$= 1271,9 \text{ W} \cdot 52560 \text{ h} = 66851 \text{ kWh} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Die Höhe der Stromkosten belaufen sich dann mit  $k = 0,08 \text{ €/kWh}$  auf

$$K_{\text{v gesMo1}} = k \cdot W_{\text{v gesMo1}} \\ = 0,08 \text{ Euro/kWh} \cdot 58904 \text{ kWh} = 4712,32 \text{ Euro} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$K_{\text{v gesMo2}} = k \cdot W_{\text{v gesMo2}} \\ = 0,08 \text{ Euro/kWh} \cdot 66851 \text{ kWh} = 5348,08 \text{ Euro} . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

- c) Empfehlung für Motor 1. 2,5 Pkte  
(0,5 Pkte)
- Den um 120,- € höheren Beschaffungskosten stehen Einsparungen bei den Betriebskosten von  $\Delta K_{\text{Vges}} = 635,76 \text{ €}$  gegenüber. (2 Pkte)

**Lösung 6****SB 6: Kap. 3.1 und 5.2****insg. 20 Punkte**

- a) 4,5 Pkte
- Nach Abschn. 5.2 besitzen Z-Dioden mit  $U_Z = 5 \dots 6 \text{ V}$  die beste Temperaturstabilität. Bei höheren Gesamtspannungen werden daher solche Z-Dioden passend zum vorgegebenen Wert in Reihe geschaltet. (1,5 Pkt)
- Für die vorgegebene Gesamtspannung  $U_{g2} = U_Z = 9 \text{ V}$  müssen daher lt. Tabelle 3.2 die Z-Dioden mit den Werten (1 Pkt)
- $$U_{Z1} = 4,3 \text{ V} \quad (1 \text{ Pkt})$$
- $$U_{Z2} = 4,7 \text{ V} \quad (1 \text{ Pkt})$$
- in Reihe geschaltet werden.

- b) Für die Berechnung des minimalen und maximalen Z-Stromes werden die Gln. (5.9) und (5.10) genutzt: 8 Pkte

$$I_{Z\text{max}} = \frac{P_{\text{tot}}}{U_Z} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{Z\text{min}} = 0,1 \cdot I_{Z\text{max}} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

Das ergibt für die gewählten Z-Dioden

$$I_{Z1\text{max}} = \frac{P_{\text{tot}}}{U_{Z1}} = \frac{0,5 \text{ W}}{4,3 \text{ V}} = \frac{0,5 \cdot 10^3}{4,3} \text{ mA} = 116,3 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{Z2\text{max}} = \frac{P_{\text{tot}}}{U_{Z2}} = \frac{0,5 \text{ W}}{4,7 \text{ V}} = \frac{0,5 \cdot 10^3}{4,7} \text{ mA} = 106,4 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{Z1\text{min}} = 0,1 \cdot I_{Z1\text{max}} = 0,1 \cdot 116,3 \text{ mA} = 11,63 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{Z2\text{min}} = 0,1 \cdot I_{Z2\text{max}} = 0,1 \cdot 106,4 \text{ mA} = 10,64 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Da beide Dioden in Reihe geschaltet sind und keine Diode überlastet werden darf, muss als größter zulässiger Strom der kleinere der beiden Einzelwerte berücksichtigt werden. Umgekehrt darf für eine gute Spannungsstabilisierung der kleinste Strom in keiner Diode unterschritten werden, so dass hier der größere der Einzelwerte zu wählen ist.

Es kann daher mit folgenden Werten gerechnet werden:

$$I_{Z\text{max}} = 106,4 \text{ mA} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{Z\text{min}} = 11,63 \text{ mA} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

- c) 7,5 Pkte
- Die Grenzen für  $R_V$  gibt Gl. (5.11) vor:

$$R_{V\text{min}} = \frac{U_{g1\text{max}} - U_Z}{I_{g2\text{min}} + I_{Z\text{max}}} < R_V < R_{V\text{max}} = \frac{U_{g1\text{min}} - U_Z}{I_{g2\text{max}} + I_{Z\text{min}}} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit den lt. Aufgabenstellung gegebenen Werten

$$U_{g1\text{max}} = 14 \text{ V} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$U_{g1\text{min}} = 11 \text{ V} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{g2\text{max}} = 30 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$I_{g2\text{min}} = 5 \text{ mA} \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

und der vorgegebenen zu stabilisierenden Spannung

$$U_Z = u_{2g} = U_{Z1} + U_{Z2} = 9 \text{ V} \quad (1,5 \text{ Pkte})$$

ergibt sich

$$R_{V \min} = \frac{14 \text{ V} - 9 \text{ V}}{5 \text{ mA} + 106,4 \text{ mA}} = 44,88 \ \Omega \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

$$R_{V \max} = \frac{11 \text{ V} - 9 \text{ V}}{30 \text{ mA} + 11,63 \text{ mA}} = 48,04 \ \Omega . \quad (0,5 \text{ Pkte})$$

Gewählt wird aus der E12-Reihe:

$$R_V = 47 \ \Omega. \quad (0,5 \text{ Pkte})$$