



Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

2. März 2007

Name:				Matrikel-Nr.:			
Studiengang:				<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1 (10 Pkt.)	2 (23 Pkt.)	3 (24 Pkt.)	4 (20 Pkt.)	5 (23 Pkt.)	Σ (100 Pkt.)	Note

Zugelassene Hilfsmittel:

- eine selbsterstellte, handgeschriebene Formelsammlung (1 Blatt DIN A4, beidseitig beschrieben, keine Kopien oder Ausdrücke)
- ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner ohne grafikfähiges Display
- Zeichenmaterialien (Zirkel, Geodreieck, Lineal, Stifte...)

Bitte Studenausweis und Lichtbildausweis (Personalausweis oder Reisepass) bereitlegen!

Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine roten Stifte.

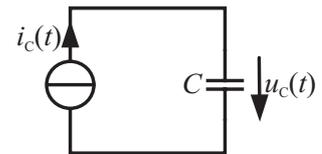
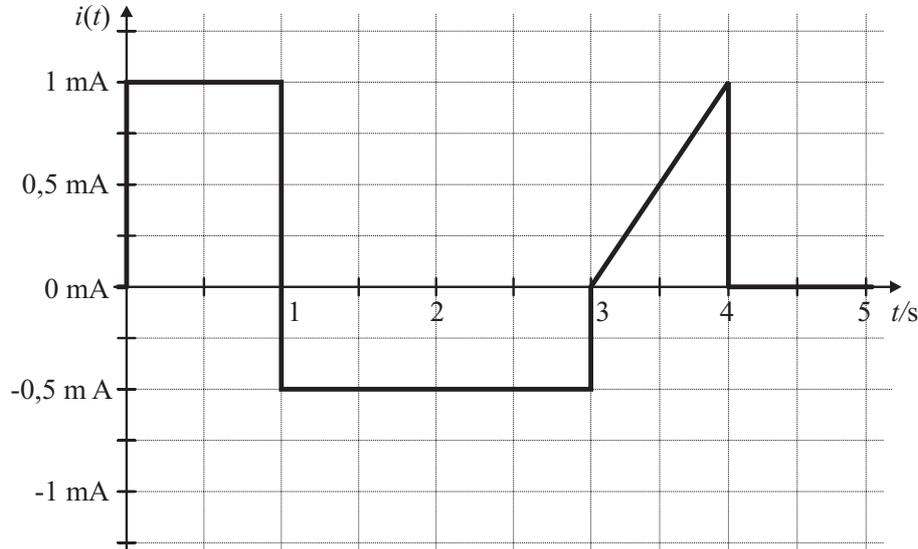
Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Zahlenwertlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

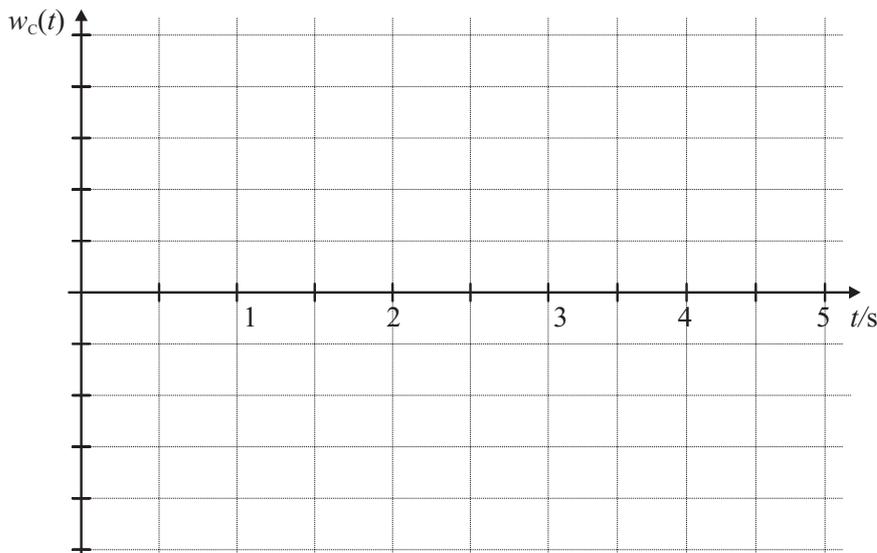
Aufgabe 1: Zeitliche Verläufe an einer Kapazität

(10 Punkte)

Eine Kapazität $C = 100 \mu\text{F}$ werde von dem nachfolgend abgebildeten Strom $i_C(t)$ durchflossen. Zum Zeitpunkt $t = 0\text{ s}$ betrage die Spannung über der Kapazität $u_C(t = 0\text{ s}) = 0\text{ V}$.



1. Geben Sie allgemein die Spannung $u_C(t)$ in Abhängigkeit des Stroms $i_C(t)$ an einer Kapazität C an.
2. Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung $u_C(t)$ in der obigen Zeichnung für den Zeitraum $0\text{ s} \leq t \leq 5\text{ s}$ für eine Kapazität von $C = 100 \mu\text{F}$.
3. Wie groß ist die innere Energie w_C der Kapazität C zu den Zeitpunkten $t_1 = 1\text{ s}$ und $t_2 = 3\text{ s}$?
4. Skizzieren Sie den Verlauf der inneren Energie $w_C(t)$ in der nachfolgenden Zeichnung für den Zeitraum $0\text{ s} \leq t \leq 5\text{ s}$.

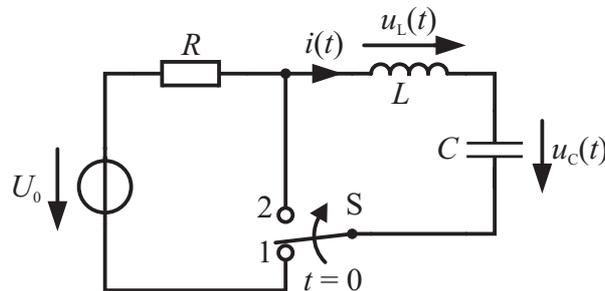


Hinweis: Beschriften Sie die Kurven mit der entsprechenden Größe $u_C(t)$ und $w_C(t)$. Tragen Sie die entsprechenden Zahlenwerte und Einheiten auf den Achsen des Koordinatensystems ein. Skizzieren Sie maßstäblich!

Aufgabe 2: Schwingkreis

(23 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung:



1. Geben Sie die Formeln für
 - a) die Kennfrequenz f_0 des aus L und C bestehenden Serienschwingkreises und
 - b) den Kennwiderstand Z_0 an.

Der Schalter S stehe zunächst für $t < 0$ in Position 1. Alle Ausgleichsvorgänge seien abgeklungen.

2. Geben Sie die Werte folgender Größen mit Begründung an:
 - a) Strom im Resonanzkreis: $i(t = 0^-)$,
 - b) Spannung über der Spule L : $u_L(t = 0^-)$,
 - c) Spannung über dem Kondensator C : $u_C(t = 0^-)$.

Der Schalter S werde nun zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ von Position 1 auf Position 2 geschaltet.

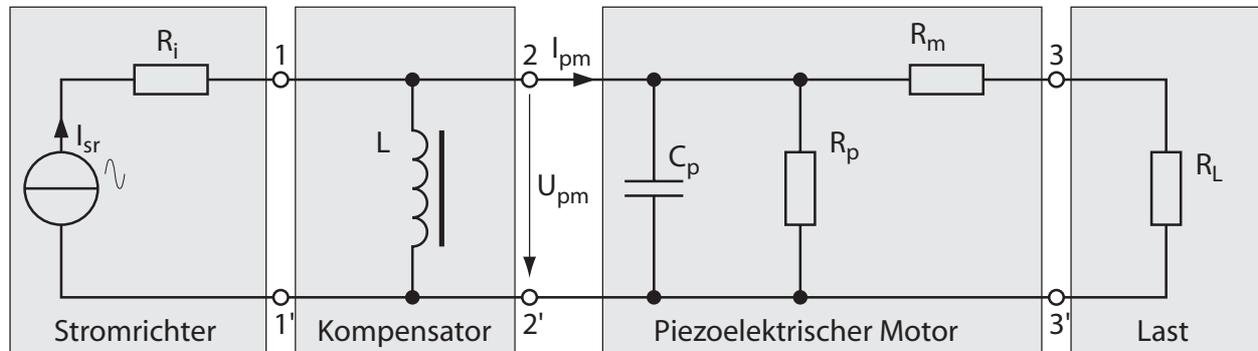
3. Geben Sie die Werte folgender Größen direkt nach dem Schaltvorgang an (mit Begründung):
 - a) Strom im Resonanzkreis: $i(t = 0^+)$,
 - b) Spannung über dem Kondensator C : $u_C(t = 0^+)$,
 - c) Spannung über der Spule L : $u_L(t = 0^+)$.
4. Bestimmen Sie die zeitlichen Mittelwerte folgender Größen, die sich für $t > 0$ einstellen (mit Begründung):
 - a) Strom im Resonanzkreis: \bar{i} ,
 - b) Spannung über der Spule L : \bar{u}_L ,
 - c) Spannung über dem Kondensator C : \bar{u}_C .
5. Stellen Sie die Differenzialgleichung (DGL) für den Strom $i(t)$ für Zeiten $t > 0$ auf.
6. Lösen Sie diese Differenzialgleichung:
 - a) Geben Sie den allgemeinen Ansatz zur Lösung der DGL an.
 - b) Ermitteln Sie die Schwingungsgleichung für den Strom $i(t)$ für Zeiten $t > 0$ durch Einsetzen der Anfangsbedingungen.

Hinweis: Der Aufgabenpunkt 7 kann unabhängig von den Aufgabenpunkten 5 und 6 gelöst werden!

7. Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf des Stromes $i(t)$ sowie der Spannungen $u_C(t)$ und $u_L(t)$ (keine Rechnung nötig!).

Aufgabe 3: Wechselstromrechnung, Leistung und Blindleistungskompensation (24 Punkte)

Ein piezoelektrischer Motor setzt eine elektrische Spannung an seinen Eingangsklemmen in eine mechanische Bewegung um. Die Motorstruktur kann mit folgendem elektrischem Ersatzschaltbild vereinfacht dargestellt werden.



Der Stromrichter liefert einen sinusförmigen Strom des Effektivwerts I_{sr} und der konstanten Frequenz f . Der Strom der Stromquelle I_{sr} werde derart eingestellt, dass der Effektivwert U_{pm} der sinusförmigen Spannung am Eingang des piezoelektrischen Motors (Klemmen 2, 2') stets den unten angegebenen Wert annimmt. R_i repräsentiere den inneren Widerstand des Stromrichters. Die Drossel L diene der Kompensation der Motorblindleistung. C_p stelle die Kapazität der Piezoelemente des Motors dar. Die dielektrischen Verluste im Motor werden mit R_p und die mechanischen Verluste mit R_m dargestellt. Die mechanische Last werde durch den Lastwiderstand R_L präsentiert.

$$\begin{array}{lll}
 U_{pm} = 250 \text{ V} & R_p = 250 \Omega & R_i = 1 \Omega \\
 f = 15915,5 \text{ Hz} & R_m = 15 \Omega & \\
 C_p = 2 \mu\text{F} & R_L = 10 \Omega &
 \end{array}$$

1. Bestimmen Sie zunächst die vom Motor (inkl. Last) an den Klemmen 2, 2' aufgenommene Wirk-, Blind- und Scheinleistung.
2. Bestimmen Sie die Nutzleistung P_L an der Last und anschließend den Wirkungsgrad η_{pm} des Motors.
Hinweis: Wirkungsgrade beziehen sich ausschließlich auf Wirkleistung!
3. Wie hoch ist der Eingangsstrom I_{pm} des Motors?

Zunächst sei die Kompensationsdrossel L nicht vorhanden.

4. Bestimmen Sie die Verlustleistung $P_{V, sr}$, die am Innenwiderstand R_i des Stromrichters umgesetzt wird. Bestimmen Sie den Wirkungsgrad η_{sr} des Stromrichters.

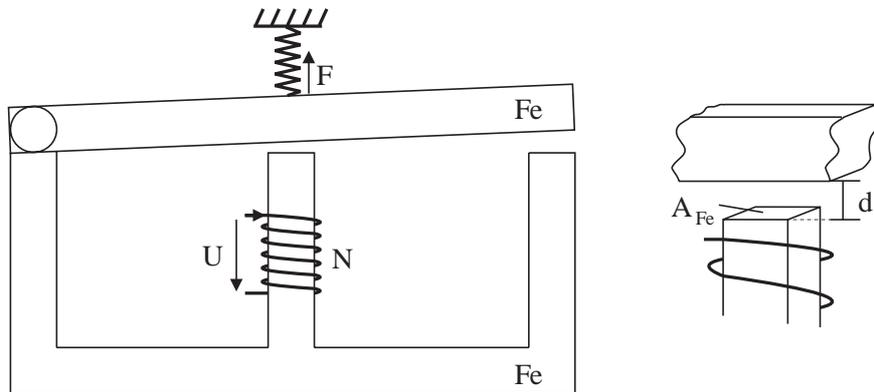
Nun soll der Kompensator die Blindleistung des Motors vollständig kompensieren.

5. Wie groß ist die Induktivität L der Kompensationsspule zu wählen?
6. Bestimmen Sie die Verlustleistung des Stromrichters $P'_{V, sr}$ und seinen Wirkungsgrad η'_{sr} .

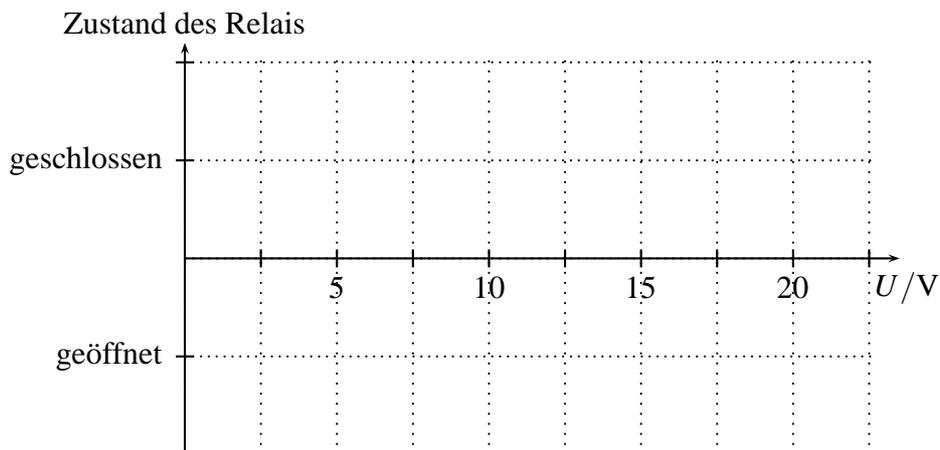
Aufgabe 4: Magnetischer Kreis eines Relais

(20 Punkte)

Gegeben sei das in der Abbildung dargestellte Relais. Der bewegliche Anker werde durch eine Feder mit einer Kraft von $F = 80 \text{ mN}$ nach oben gezogen. Der dadurch entstehende Luftspalt sei über den Schenkeln jeweils näherungsweise konstant und betrage für den mittleren Schenkel $d_1 = 1 \text{ mm}$ und für den rechten Schenkel $d_2 = 2 \text{ mm}$. Der Luftspalt im Gelenk sei vernachlässigbar. Ist das Relais geschlossen, verbleibe am mittleren und rechten Schenkel konstruktionsbedingt jeweils ein Luftspalt von $\delta = 0,25 \text{ mm}$. Die Wicklung des Relais sei für eine Spannung von $U_N = 24 \text{ V}$ bemessen, habe $N = 1500$ Windungen und einen Widerstand von $R = 425 \Omega$. Die Querschnittsfläche des Eisens sei konstant und betrage $A_{\text{Fe}} = 25 \text{ mm}^2$. Die Streuung und der magnetische Widerstand des Eisens seien vernachlässigbar ($\mu_{r,\text{Fe}} \rightarrow \infty$). (Hinweis: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$)



1. Geben Sie für den magnetischen Kreis des Relais das elektrische Ersatzschaltbild an.
2. Welcher magnetischer Innenwiderstand ergibt sich an den Klemmen der magnetischen Ersatzspannungsquelle des Ersatzschaltbildes für das geöffnete und für das geschlossene Relais?
3. Die an der Wicklung des Relais anliegende Spannung U werde beginnend bei 0 V langsam erhöht. Bei welcher Spannung U_e schließt das Relais?
4. Bei geschlossenem Relais werde die Spannung wieder langsam reduziert, bei welcher Spannung U_a öffnet das Relais wieder? (die Federkraft sei näherungsweise konstant und unabhängig vom Zustand des Relais)
5. Skizzieren Sie in dem gegebenen Diagramm den Zustand des Relais (geöffnet, geschlossen) über der Spannung.



Aufgabe 5: Gleichstrommaschine

(23 Punkte)

Gegeben sei eine Reihenschlussgleichstrommaschine.

1. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für den instationären Fall.
2. Stellen Sie die Maschengleichung des Ankerkreises für den instationären Fall auf.

Zunächst werde die Maschine an einer Gleichspannung U betrieben. Von einer Reihenschlussgleichstrommaschine seien für den Betrieb an einer Gleichspannung folgende Werte bekannt:

Bemessungsstrom	$I_N = 7 \text{ A}$
Bemessungsspannung	$U_N = 230 \text{ V}$
Ankerwiderstand	$R_A = 1 \Omega$
Erregerwiderstand	$R_E = 1,5 \Omega$
Erregerinduktivität	$L_E = 50 \text{ mH}$
Wirksame Erregerinduktivität	$L'_E = 20 \text{ mH}$

Die Ankerinduktivität L_A sei vernachlässigbar klein.

3. Bestimmen Sie das Bemessungsdrehmoment T_N und die Bemessungsdrehzahl n_N sowie den zugehörigen Wirkungsgrad η der Maschine.
4. Skizzieren Sie den Wirkungsgrad $\eta = f(\omega)$ für positive Drehkreisfrequenzen ω . Wie groß ist der maximale Wirkungsgrad η_{\max} ? (Es sollen nur elektrische Verluste betrachtet werden.)

Die oben genannte Reihenschlussgleichstrommaschine werde nun an einer Wechselspannung \underline{U} mit der Frequenz $f_{el} = 50 \text{ Hz}$ betrieben. Die Ankerinduktivität L_A sei weiterhin vernachlässigbar klein.

5. Stellen Sie für konstante mechanische Drehkreisfrequenzen ω die Maschengleichung für die Klemmenspannung \underline{U} für den stationären Fall in Abhängigkeit von ω_{el} und ω auf (in komplexer Schreibweise).
6. Bestimmen Sie die Formel für den Betrag $I = |\underline{I}|$ des komplexen Klemmenstroms \underline{I} . Welche mechanische Drehzahl n stellt sich nun für den angegebenen Bemessungsstrom ein, wenn eine Wechselspannung $U_N = 230 \text{ V}$ (Effektivwert) angelegt wird?
7. Bestimmen Sie die allgemeine Formel für das mittlere Drehmoment \bar{T} in Abhängigkeit von der mechanischen Drehkreisfrequenz ω (Hinweis: $\overline{i^2} = I^2$). Geben Sie die Pulsfrequenz f_T des Drehmomentes an.