

# Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

## 16.03.2006

Name:				Matrikel-Nr:			
Studiengang:				<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1	2	3	4	5	$\Sigma$	Note

**Zugelassene Hilfsmittel:**

- eine selbsterstellte, handgeschriebene Formelsammlung (1 Blatt DIN A4, beidseitig beschrieben, keine Kopien oder Ausdrucke)
- 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.

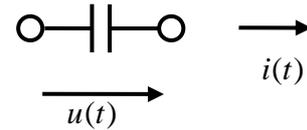
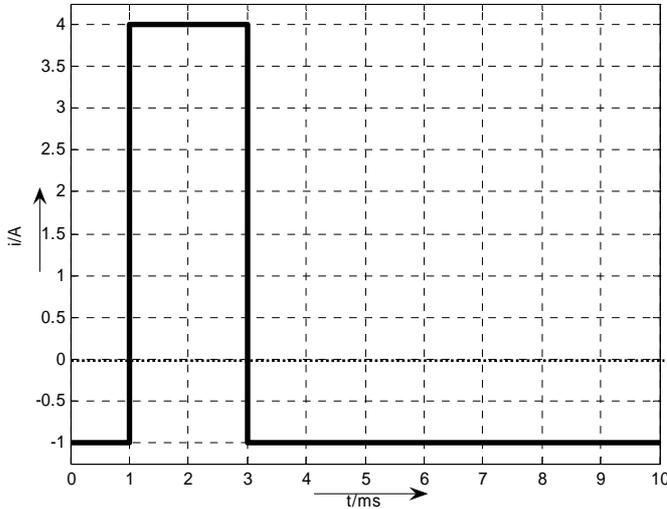
**Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Zahlenwertlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.**

# Viel Erfolg!

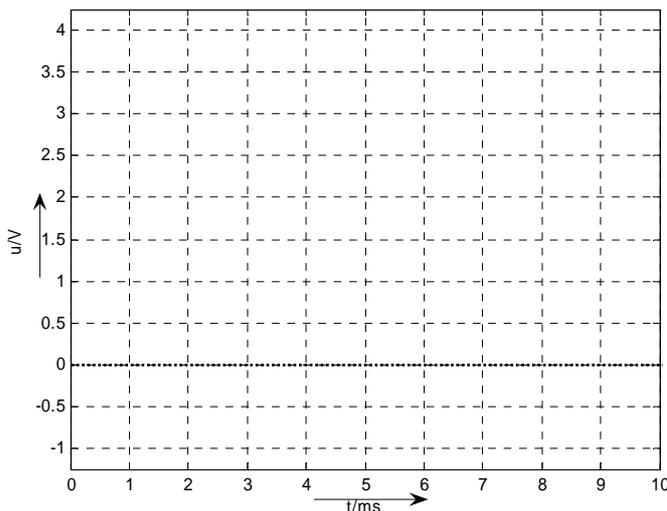
**Aufgabe 1: Effektivwert und Mittelwert an einem Kondensator**

**(9 Punkte)**

Gegeben sei der dargestellte periodische Stromverlauf  $i(t)$ , der durch einen idealen Kondensator ( $C = 2 \text{ mF}$ ) gemessen wurde. Die Periodendauer betrage  $T = 10 \text{ ms}$ .



1. Geben Sie den Verlauf des Stromes  $i(t)$  als Gleichung an (für eine Periodendauer).
2. Bestimmen sie den Effektivwert  $I$  des Stroms.
3. Die Spannung  $u(t)$  besitze zum Zeitpunkt  $t = 0 \text{ s}$  den Wert  $u_0 = -0,5 \text{ V}$ .
  - a) Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung  $u(t)$  auf diesem Blatt. Geben Sie die Extremwerte sowie die Anfangs- und Endwerte an.

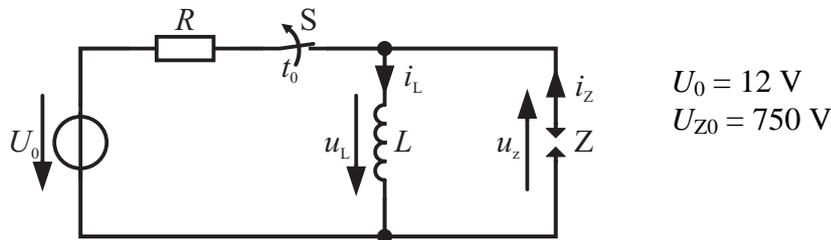


- b) Bestimmen Sie (mit Hilfe der erstellten Skizze) den Mittelwert der Spannung  $u(t)$ .
- c) Wie verändert sich der Mittelwert, wenn die Spannung zur Zeit  $t = 0 \text{ s}$  den Wert  $u_0 = 2 \text{ V}$  besitzt?
- d) Wie groß ist die maximal in dem Kondensator gespeicherte Energie  $E$  für den Fall  $u_0 = -0,5 \text{ V}$ ?

**Aufgabe 2: Ausgleichsvorgang**

**(24 Punkte)**

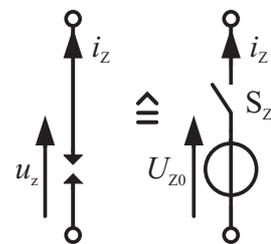
Die nachfolgend abgebildete Schaltung diene zur Ansteuerung einer Zündkerze Z:



Hinweis:

Eine Zündkerze kann physikalisch als Funkenstrecke betrachtet werden. Ihr Verhalten soll in einem vereinfachten Modell durch eine ideale Spannungsquelle  $U_{Z0}$  und einen gesteuerten Schalter  $S_Z$  modelliert werden:

- Im ungezündeten Zustand ist der Schalter  $S_Z$  geöffnet, die Zündkerze führt keinen Strom  $i_Z$ . Überschreitet die an ihr anliegende Spannung  $u_Z$  die Zündspannung  $U_{Z0}$ , so zündet die Zündkerze, d. h. der Schalter  $S_Z$  wird geschlossen.
- Im gezündeten Zustand ist der Schalter  $S_Z$  geschlossen, die Zündkerze verhält sich wie eine ideale Spannungsquelle mit der Spannung  $u_Z(t) = U_{Z0}$ . Erreicht der durch die Zündkerze fließende Strom  $i_Z$  den Wert  $i_Z = 0$  A, so geht die Zündkerze in den ungezündeten Zustand über, d. h. der Schalter ist geöffnet.



Zuerst sei der ideale Schalter S hinreichend lange geschlossen, so dass die Schaltung sich im stationären Zustand befinde. Die Zündkerze sei ungezündet. Durch die Induktivität  $L$  fließe ein Strom  $i_L(t) = I_0 = 75$  A.

1. Wie groß ist in diesem Zustand die Spannung  $u_L(t)$  über der Induktivität  $L$ ? Berechnen Sie den notwendigen Wert des Widerstands  $R$ .

Zur Zeit  $t = t_0$  werde der Schalter S geöffnet. Zeitgleich gehe die Zündkerze in den gezündeten Zustand über.

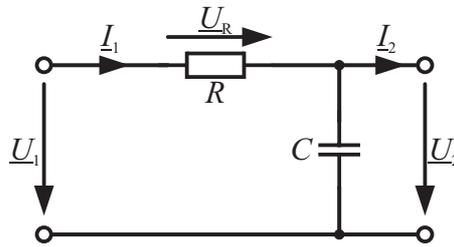
2. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Anordnung direkt nach dem Schalten.
3. Wie groß ist unmittelbar nach dem Schalten der Strom  $i_L(t = t_0^+)$  durch die Induktivität  $L$  und die Spannung  $u_L(t = t_0^+)$  über ihr? (Begründung)
4. Geben Sie die Gleichung für den Strom  $i_L(t)$  für  $t \geq t_0$  bei gezündeter Zündkerze an.
5. Die Zünddauer der Zündkerze soll  $T_Z = 5$  ms betragen, d. h. zum Zeitpunkt  $t = t_0 + T_Z$  soll der Strom  $i_L$  den Wert  $i_L = 0$  A erreichen. Wie groß muss die Induktivität  $L$  für diese Zünddauer  $T_Z$  bemessen sein?

Der Schalter S werde zu einem Zeitpunkt  $t_1 \geq t_0 + T_Z$  wieder geschlossen. Die Zündkerze befinde sich dabei wieder im ungezündeten Zustand.

6. Bestimmen Sie die Differenzialgleichung (Dgl.) für den Strom  $i_L(t)$  für  $t \geq t_1$ .
7. Lösen Sie die Dgl. für  $t \geq t_1$ . Nach welcher Zeitspanne  $\Delta t$  kann erneut gezündet werden, wenn hierfür ein Spulenstrom von mindestens  $i_L(t_1 + \Delta t) = 0,9I_0$  nötig ist?

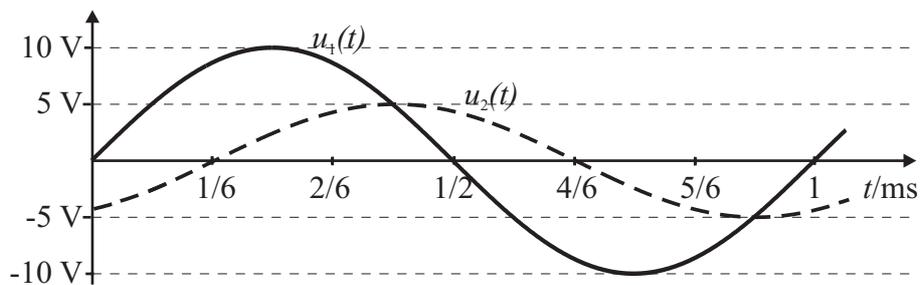
**Aufgabe 3: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung (23 Punkte)**

Gegeben sei folgender elektrischer Vierpol:



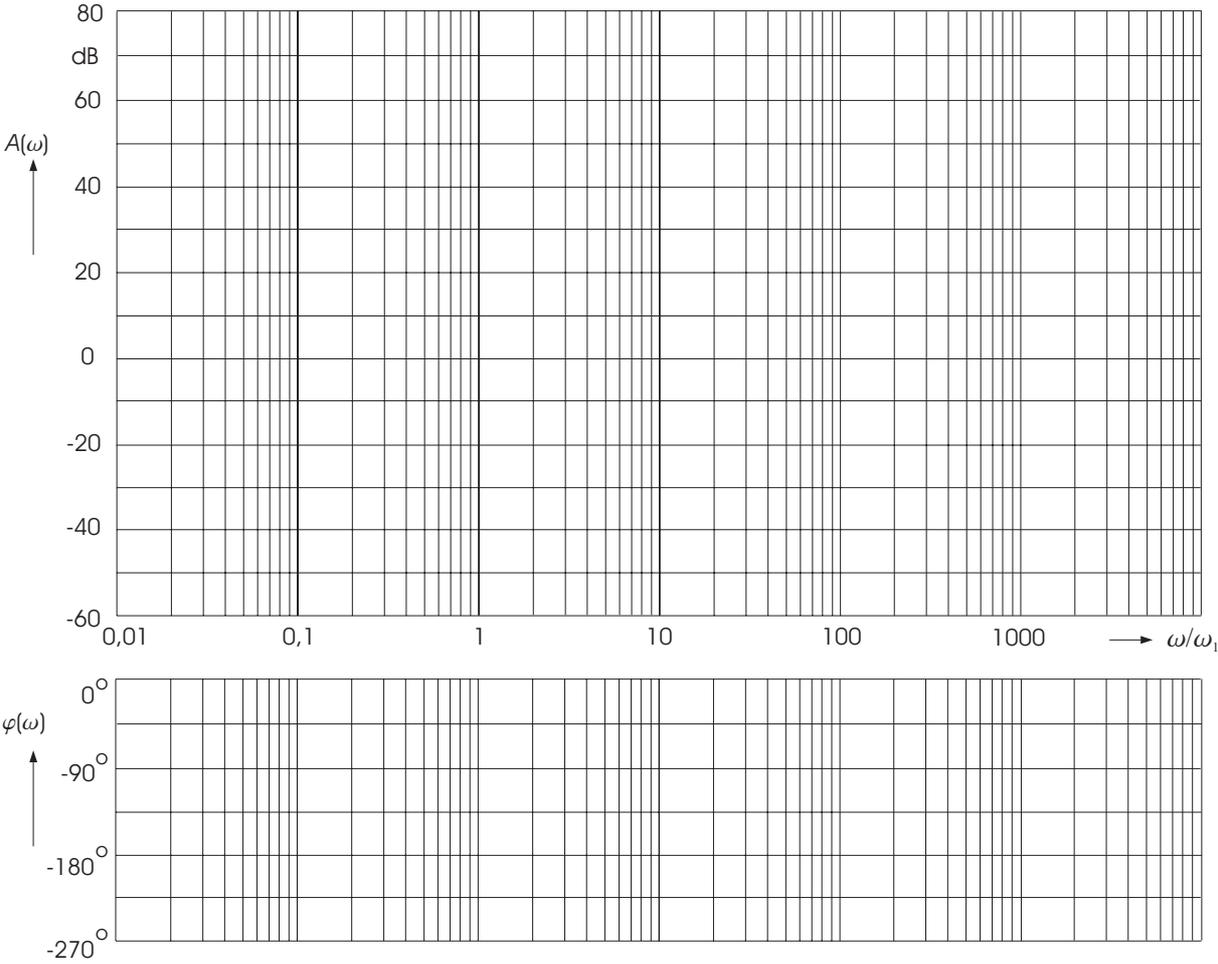
- Bestimmen Sie die Spannungs-Übertragungsfunktion  $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$  (bei unbelastetem Ausgang, d. h.  $\underline{I}_2 = 0$ ).
- Für welche Frequenz  $\omega$  sind die Beträge des Realteils und des Imaginärteils gleich groß, d. h.  $|\text{Re}\{\underline{H}(j\omega)\}| = |\text{Im}\{\underline{H}(j\omega)\}|$ ?
- Bestimmen Sie für allgemeine Kreisfrequenzen  $\omega$  den Betrag  $|\underline{H}(j\omega)|$  und die Phase  $\arg(\underline{H}(j\omega))$  der Übertragungsfunktion  $\underline{H}$ .
- Schätzen Sie  $|\underline{H}(j\omega)|$  und  $\arg(\underline{H}(j\omega))$  für Kreisfrequenzen  $\omega \ll \omega_0$  und  $\omega \gg \omega_0$  ab. Bestimmen Sie die logarithmische Verstärkung  $A(\omega)$  in dB für beide Bereiche (Geradennäherung).
- Skizzieren Sie die Verstärkung  $A(\omega)$  und den Phasengang  $\arg(\underline{H}(j\omega))$  in dem Bodediagramm auf der nächsten Seite (Geradennäherung).
- Um welchen Filtertyp handelt es sich?

Am Eingang und Ausgang des Vierpols werden folgende Spannungsverläufe für  $u_1(t)$  und  $u_2(t)$  gemessen:



- Geben Sie die komplexen Effektivwertzeiger  $\underline{U}_1$  und  $\underline{U}_2$  sowie die Frequenz  $f$  der Spannungen  $u_1(t)$  und  $u_2(t)$  an.
- Bestimmen Sie den Wert des Widerstandes  $R$  aus obiger Schaltung für  $C = \sqrt{3} \mu\text{F}$ .

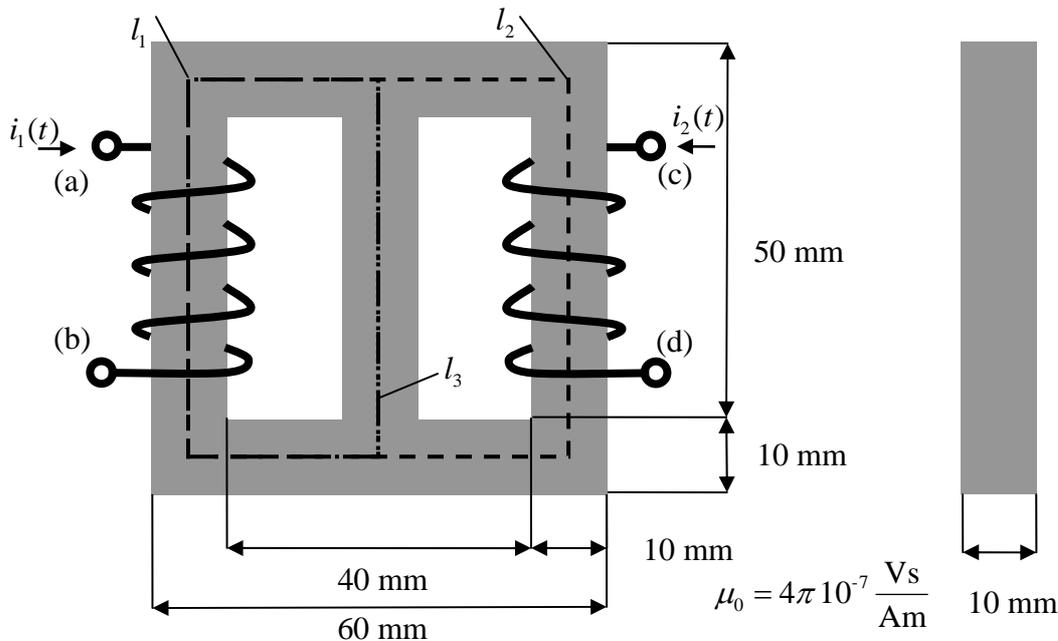
Diagramm Aufgabe 3.5:



**Aufgabe 4: Magnetischer Kreis**

**(24 Punkte)**

Gegeben sei die dargestellte Anordnung, in der zwei Spulen auf einen gemeinsamen Eisenkern gewickelt sind. Die äußeren Schenkel des Kerns seien gleich lang. Die relative Permeabilität des Materials betrage  $\mu_r = 1000$ . Es darf angenommen werden, dass das Material die magnetischen Feldlinien ideal führt. Für die Windungszahlen gelte  $N_1 = N_2 = 100$ . Alle Verluste können vernachlässigt werden.



1. Skizzieren Sie das elektrische Ersatzschaltbild der magnetischen Anordnung. Die Ersatzwiderstände müssen den in der Skizze gekennzeichneten Längen  $l_1$ ,  $l_2$  und  $l_3$  direkt zugeordnet sein. Warum handelt es sich bei der Anordnung um keinen idealen Transformator?
2. Berechnen Sie die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbildes sowie die Selbstinduktivitäten<sup>1</sup>  $L_{11}$  und  $L_{22}$  der beiden Spulen.
3. Bestimmen Sie den Zusammenhang des durch den Strom  $i_1(t)$  hervorgerufenen magnetischen Flusses  $\Phi_{21}(t)$  im Eisenkern der Spule mit den Klemmen (c)-(d).
4. Welche Werte besitzen die Parameter der Matrix  $\mathbf{L}$ ? Es gelte: 
$$\begin{bmatrix} \Psi_1(t) \\ \Psi_2(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1(t) \\ i_2(t) \end{bmatrix}$$
5. Die Ausgangsklemmen ((c) und (d)) seien kurzgeschlossen.
  - a) Bestimmen Sie mit Hilfe der Matrix  $\mathbf{L}$  den Strom  $i_2(t)$ , wenn für den Strom  $i_1(t)$  gilt:  $i_1(t) = \hat{i}_1 \sin(\omega t)$
  - b) Wie groß sind die effektiven Spannungen  $U_1$  und  $U_2$ , wenn gilt:  $\hat{i}_1 = 10 \text{ A}$  und  $\omega = 100 \text{ 1/s}$ ?

<sup>1</sup> Induktivität einer Spule, ohne Beeinflussung durch eine andere magnetische Quelle.

**Aufgabe 5: Gleichstrommaschine****(20 Punkte)**

1. Gegeben sei eine fremderregte Gleichstrommaschine, von der die Flusskonstante  $\Psi'_E$  bekannt sei.
  - a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für den instationären Fall.
  - b) Stellen Sie die Maschengleichung des Ankerkreises für den instationären Fall auf.
  - c) Leiten Sie die Kreisfrequenz-Drehmoment-Kennlinie  $\omega = f(T)$  für den stationären Fall her.
  - d) Zeichnen Sie die Kennlinie  $\omega = f(T)$  und geben Sie die Leerlaufkreisfrequenz  $\omega_0$  sowie das Anlaufdrehmoment  $T(\omega = 0)$  an. Zeichnen Sie  $\omega_0$  und  $T(\omega = 0)$  in das Diagramm ein.
2. Von einer fremderregten Gleichstrommaschine seien folgende Werte bekannt:

Bemessungskreisfrequenz	$\omega_N = 600 \text{ s}^{-1}$
Bemessungsspannung	$U_N = 200 \text{ V}$
Bemessungsstrom	$I_N = 20 \text{ A}$
Ankerwiderstand	$R_A = 0,2 \Omega$

- a) Bestimmen Sie das Bemessungsdrehmoment  $T_N$  und die Bemessungsleistung  $P_N$  sowie den Wirkungsgrad  $\eta$  der Maschine im Bemessungspunkt.
- b) Berechnen Sie die Kreisfrequenzen  $\omega_{0,1,2}$ , die sich ergeben, wenn die Maschine bei der Bemessungsspannung  $U_N$  betrieben wird und ein Drehmoment von  $T_0 = 0 \text{ Nm}$ ,  $T_1 = 50 \text{ Nm}$  bzw.  $T_2 = -50 \text{ Nm}$  liefern muss.
- c) Berechnen Sie den Wert für einen Vorwiderstand  $R_V$ , sodass bei Bemessungsspannung  $U_N$  der Anlaufstrom  $I_{A,an} = 5 \cdot I_N$  beträgt.
- d) Bei welcher Drehzahl  $n_4$  darf der Vorwiderstand überbrückt werden, damit für den Ankerstrom  $I_{A,aus} \leq 5 \cdot I_N$  gilt?