

Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

19.08.2008

Name: 						Matrikelnummer: 		
Vorname: 								
Studiengang:						☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis		
Aufgabe: (Punkte)	1 (16)	2 (23)	3 (22)	4 (21)	5 (18)	Bonus	Σ	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 mit Lichtbild bereitlegen!

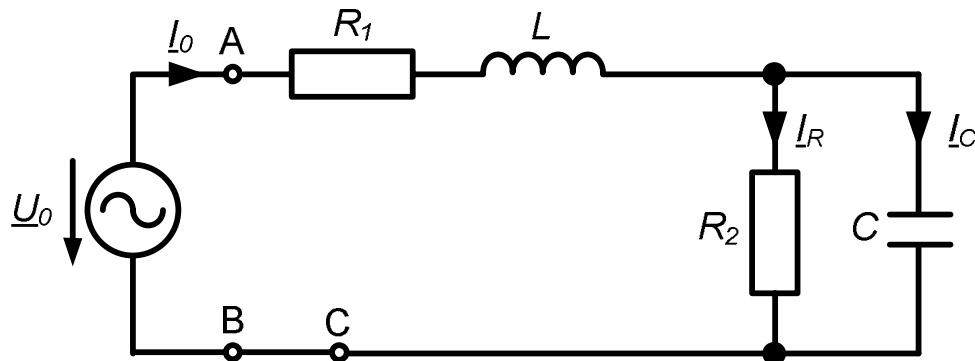
Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine roten Stifte.

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

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Komplexe Wechselstromrechnung, Leistung
(16 Punkte)

Gegeben sei folgendes Netzwerk:



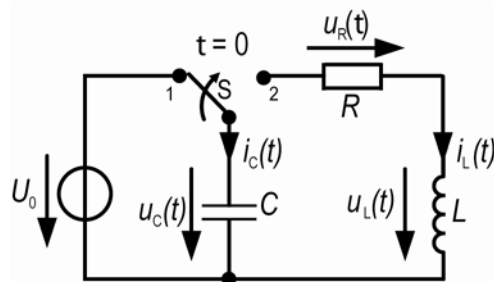
Zahlenwerte:

$$\begin{aligned} \underline{U}_0 &= 230 \text{ V}; & f &= 50 \text{ Hz}; \\ R_1 &= 2 \text{ } \Omega; & R_2 &= 100 \text{ } \Omega; & L &= 100 \text{ mH}; & C &= 47 \text{ } \mu\text{F}. \end{aligned}$$

- 1.1 Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ zwischen den Klemmen A-B in Abhängigkeit von R_1 , R_2 , L , C und ω . Stellen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ in der arithmetischen Form ($\underline{Z} = x + jy$) dar.
- 1.2 Berechnen Sie den Zahlenwert der Impedanz $\underline{Z}$.
- 1.3 Berechnen Sie den Gesamtstrom $\underline{I}_0$.
- 1.4 Bestimmen Sie den Phasenwinkel $\varphi = \varphi_U - \varphi_I$ zwischen angelegter Spannung $\underline{U}_0$ und Gesamtstrom $\underline{I}_0$.
- 1.5 Die Blindleistung des Netzwerkes soll nun vollständig kompensiert werden. Dazu wird die leitende Verbindung zwischen den beiden Klemmen B und C aufgetrennt und durch ein Bauelement ersetzt. Welches Bauelement ist dafür zu wählen? Welcher Bauteilwert wird benötigt?

Aufgabe 2: Schwingkreis
(23 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung:


 2.1 Geben Sie für Schalterstellung **2** die Formeln für

- die Resonanzkreisfrequenz ω_0 des aus L und C bestehenden Schwingkreises und
- dessen Kennwiderstand Z_0 an.

 Der Schalter S befinde sich nun zunächst für $t < 0$ in Stellung **1**. Alle Ausgleichsvorgänge seien abgeklungen.

2.2 Geben Sie die Werte folgender Größen mit Begründung an:

- Spannung über der Spule L : $u_L(t = 0^-)$,
- Spannung über dem Kondensator C : $u_C(t = 0^-)$,
- Kondensatorstrom $i_C(t = 0^-)$,
- Spulenstrom $i_L(t = 0^-)$.

 Der Schalter S werde nun zum Zeitpunkt $t = 0$ in Stellung **2** geschaltet.

2.3 Geben Sie die Werte folgender Größen direkt nach dem Schaltvorgang an (mit Begründung):

- Spannung über der Spule L : $u_L(t = 0^+)$,
- Spannung über dem Kondensator C : $u_C(t = 0^+)$,
- Kondensatorstrom $i_C(t = 0^+)$,
- Spulenstrom $i_L(t = 0^+)$.

 2.4 Stellen Sie die Differenzialgleichung (DGL) für die Kondensatorspannung $u_C(t)$ für Zeiten $t > 0$ auf.

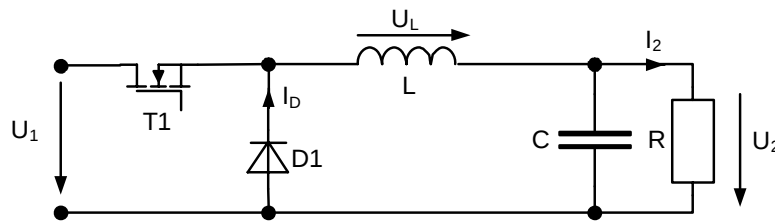
 Es gelten nun folgende Bauteilwerte: $C = 4 \mu\text{F}$; $L = 100 \text{ mH}$

2.5 Lösen Sie die Differenzialgleichung:

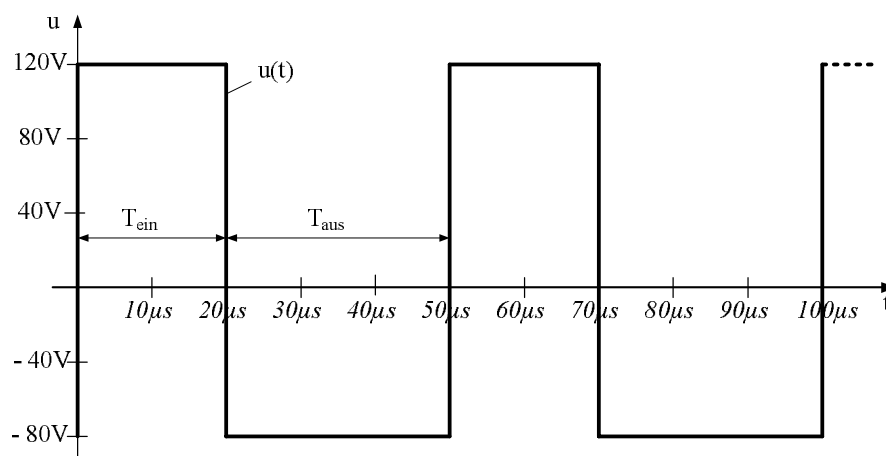
- Leiten Sie über den Exponentialansatz die charakteristische Gleichung her und bestimmen Sie Dämpfungsgrad d und die Kennkreisfrequenz ω_0 in Abhängigkeit von R , L und C .
- Wie groß muss der Widerstand R gewählt werden, damit sich der aperiodische Grenzfall einstellt?
- Geben Sie die Lösungen der charakteristischen Gleichung und die Lösungsfunktion der Kondensatorspannung $u_C(t)$ für den aperiodischen Grenzfall an.
- Bestimmen Sie die unbekannten Koeffizienten der Lösungsfunktion aus c).

Aufgabe 3: Gleichstromsteller, Kenngrößenberechnung
(22 Punkte)

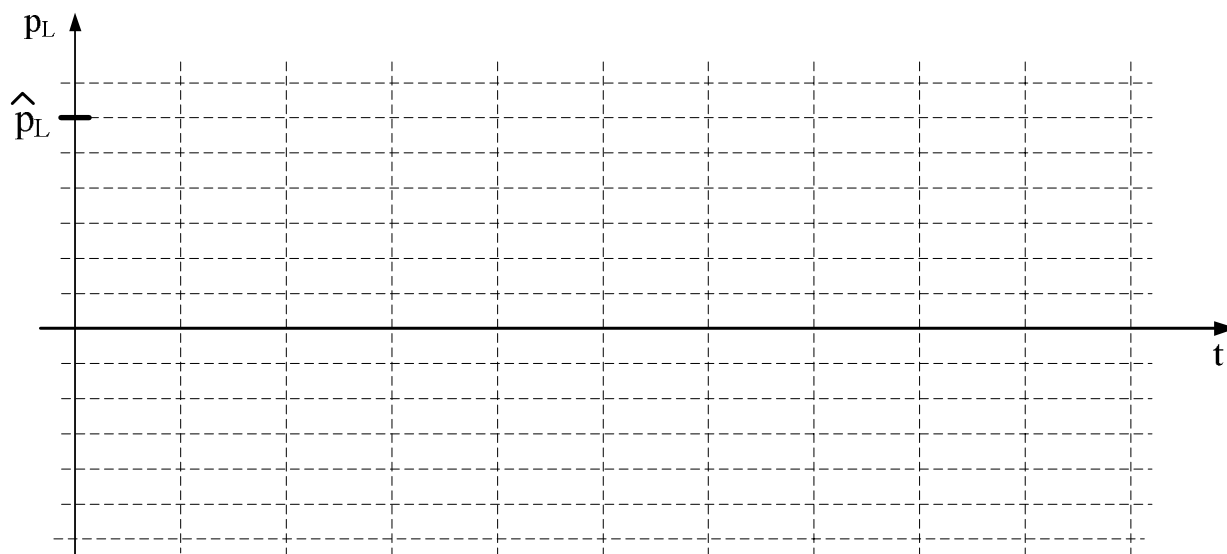
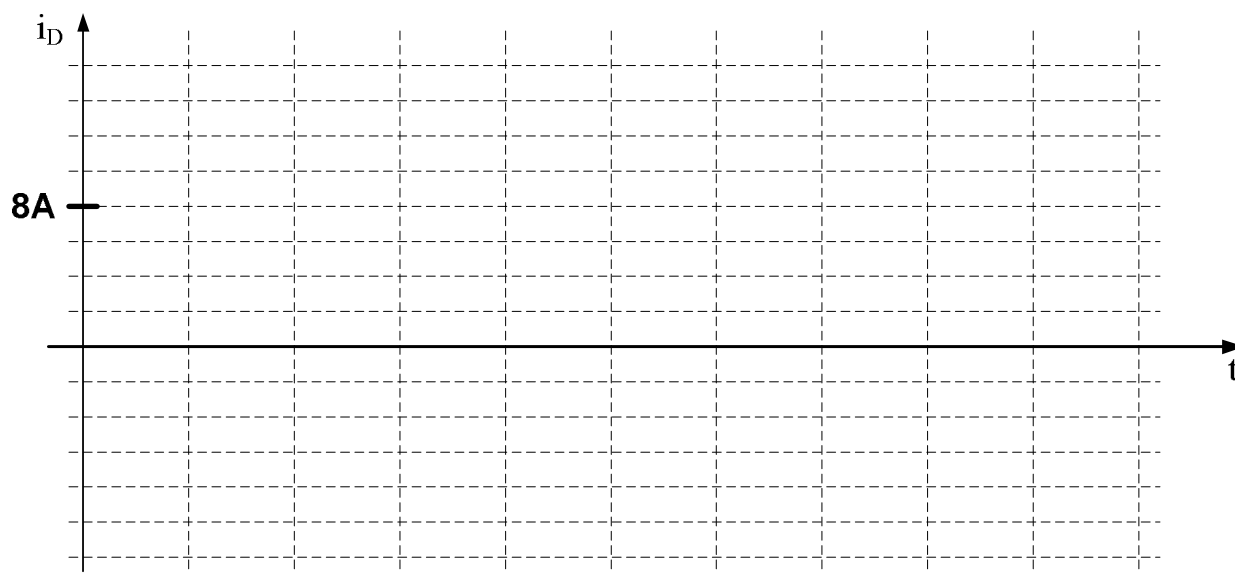
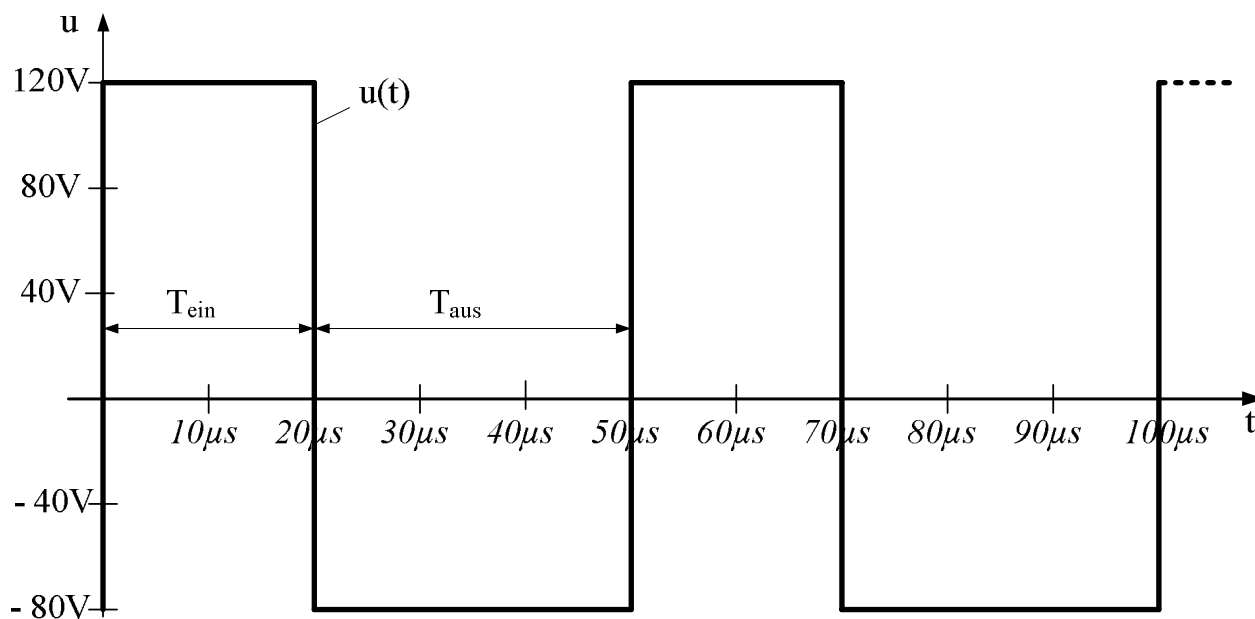
Gegeben sei der in der unten stehenden Abbildung dargestellte Gleichstromsteller.



Die Schaltung befinde sich im stationären Zustand. Der Ausgangsstrom betrage $I_2=8\text{A}$ und die Ausgangsspannung U_2 sei durch den sehr großen Kondensator C ideal geglättet. An einem Bauteil wird die unten dargestellte periodische Spannung $u(t)$ gemessen.



- 3.1 Wie groß ist der Effektivwert U der dargestellten Spannung $u(t)$?
- 3.2 An welchem Bauelement wird der dargestellte Spannungsverlauf $u(t)$ gemessen?
- 3.3 Wie groß sind die Eingangsspannung U_1 , die Ausgangsspannung U_2 , das Tastverhältnis D und der Lastwiderstand R ?
- 3.4 Wie groß muss die Induktivität der Drossel gewählt werden, damit die Stromschwankung $\Delta i_L = 4\text{A}$ beträgt?
- 3.5 Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf des Stroms durch die Diode $i_D(t)$ im Diagramm auf der folgenden Seite.
- 3.6 Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert des Diodenstroms $\bar{i}_D$.
- 3.7 Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf der Leistung $p_L(t)$ an der Drossel im Diagramm auf der folgenden Seite und geben Sie den Zahlenwert für den Scheitelwert der Leistung $\hat{p}_L$ an.
- 3.8 Welcher Wert darf für den Lastwiderstand R maximal gewählt werden, so dass der Strom in der Drossel nicht lückt?
- 3.9 Bei gleicher Eingangsspannung U_1 sei nun das Tastverhältnis $D = 0,2$. Wie groß ist in diesem Fall die Stromschwankung Δi_L ?



Aufgabe 4: Reihenschlussmotor**(21 Punkte)**

Gegeben ist eine Reihenschlussmaschine mit unbekannten Parametern. Es werden verschiedene Messungen durchgeführt, um die Parameter zu bestimmen:

- Bei festgebremster Maschine wird bei einer Gleichspannung $U_G = 40 \text{ V}$ ein Strom $I_G = 80 \text{ A}$ gemessen. Das Drehmoment beträgt $T_G = 211,2 \text{ Nm}$.
- Ebenfalls bei festgebremster Maschine wird eine Wechselspannung mit dem Effektivwert $U_W = 100 \text{ V}$ und einer Frequenz von $f = 50 \text{ Hz}$ angelegt. Der gemessene Strom beträgt $I_W = 4,9 \text{ A}$.
- Der **Erreger** wird **separat** bei einer Wechselspannung von $U_{W,E} = 100 \text{ V}$ und 50 Hz betrieben. Es wird ein Strom von $I_{W,E} = 7,58 \text{ A}$ sowie ein $\cos \varphi$ von 0.023 gemessen.

- 4.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Maschine.
- 4.2 Berechnen Sie den magnetischen Fluss Ψ_E für die angelegte Spannung U_G .
- 4.3 Berechnen Sie die Gesamtinduktivität und den Gesamtwiderstand der Maschine.
- 4.4 Berechnen Sie die Parameter des transienten Ersatzschaltbildes sowie die Motorkonstante c_M (die Windungszahl der Erregerspule N_E beträgt 100).
- 4.5 Die Maschine wird mit Gleichspannung betrieben.
 - a) Geben Sie das Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl an (Speisung mit Gleichstrom).
 - b) Skizzieren Sie die Drehmomenten-Drehzahl-Kennlinie und tragen dort das Losbrech-Drehmoment ein. Wie groß ist das Losbrech-Drehmoment?

Aufgabe 5: Übertragungsfunktion**(18 Punkte)**

Aus einer Induktivität L und einem Widerstand R soll ein Tiefpass aufgebaut werden.

- 5.1. Zeichnen Sie das Schaltbild des Tiefpasses, welcher nur aus den oben genannten Komponenten besteht. Zeichnen Sie auch die Eingangs- und Ausgangsspannung ein.
- 5.2. Bestimmen Sie die Spannungs-Übertragungsfunktion (bei unbelastetem Ausgang) und geben Sie die Zeitkonstante τ an.
- 5.3. Für welche Frequenz ω_1 sind die Beträge des Real- und Imaginärteils gleich groß, d. h. $|\operatorname{Re}\{H(j\omega)\}| = |\operatorname{Im}\{H(j\omega)\}|$?
- 5.4. Schätzen Sie $|H(j\omega)|$ und $\varphi(j\omega)$ für Kreisfrequenzen $\omega \ll 1/\tau$ und $\omega \gg 1/\tau$ ab. Bestimmen Sie die logarithmische Verstärkung $A(\omega)$ in dB für beide Bereiche (Geradennäherung).

Es gelte nun folgender Bauteilwert: $R = 100 \, \Omega$

- 5.5. Wie groß muss L gewählt werden, damit die Ausgangsspannung bei $f = 15,915 \, \text{kHz}$ um 20 dB gedämpft wird? *Hinweis: Verwenden Sie die Geradennäherung.*
- 5.6. Wie groß ist in diesem Fall die Zeitkonstante τ ?
- 5.7. Skizzieren Sie die Verstärkung $A(\omega)$ und den Phasengang $\varphi(\omega)$ in dem Bodediagramm auf der nächsten Seite (Geradennäherung und ungefähren tatsächlichen Verlauf).

