



Klausur Grundlagen der Elektrotechnik B

07.04.2009

Name: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td> </tr> </table>												Matrikelnummer: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td> </tr> </table>								
Vorname: <table border="1" style="width: 100%; height: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td><td style="width: 16.6%;"></td> </tr> </table>																				
Studiengang:						<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> 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.

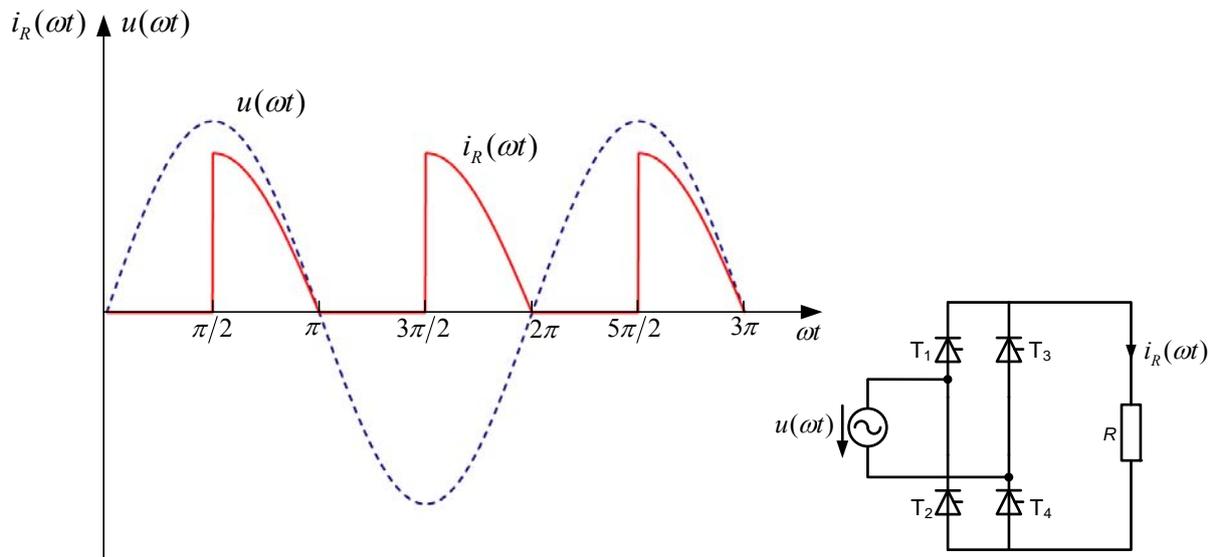
Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Zahlenwertlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Brückengleichrichter, Kenngrößenberechnung

(16 Punkte)

Ein Widerstand $R = 50 \Omega$ werde über einem Steuerbaren Thyristor-Gleichrichter (B2-Schaltung) gespeist. Die Thyristoren T_1 und T_4 werden jeweils bei $\omega t = [\pi/2, 5\pi/2, \dots]$, die Thyristoren T_2 und T_3 bei $\omega t = [3\pi/2, 7\pi/2, \dots]$ paarweise gezündet. Damit ergibt sich beim Anlegen einer sinusförmigen Spannung $u(\omega t) = 230V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$ der folgende in $\omega t = \pi$ periodische Stromverlauf $i_R(\omega t)$:

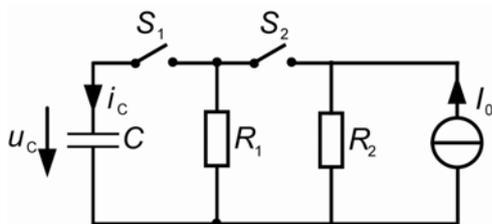


- 1.1 Geben Sie den Verlauf des Stroms $i_R(\omega t)$ als stückweise definierte Funktion in dem Intervall $0 \leq \omega t < \pi$ an.
- 1.2 Berechnen Sie den Mittelwert \bar{i}_R des Stroms $i_R(\omega t)$.
- 1.3 Berechnen Sie den Effektivwert I_R des Stroms $i_R(\omega t)$.
(Hinweis: $\int \sin^2(x) dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{4} \sin(2x) + c$)
- 1.4 Wie groß ist der Scheitelfaktor k_s und der Formfaktor k_f des Stroms $i_R(\omega t)$?
- 1.5 Berechnen Sie die mittlere Leistung $P = \bar{p}$, die am Widerstand R umgesetzt wird.

Aufgabe 2: Ausgleichsvorgänge

(23 Punkte)

Gegeben sei folgende Schaltung mit den Widerständen R_1 und R_2 , dem Kondensator C und der idealen Stromquelle I_0 . Die Schalter S_1, S_2 werden zu den Zeitpunkten t_0 und t_1 entsprechend der Tabelle geschaltet. Zum Zeitpunkt t_0 seien alle Ausgleichsvorgänge abgeschlossen.



Intervall	S_1	S_2
$0 < t \leq t_0$	aus	aus
$t_0 \leq t \leq t_1$	ein	aus
$t_1 \leq t < \infty$	ein	ein

Zahlenwerte:

$C = 47 \mu\text{F}; \quad R_1 = 10 \text{ k}\Omega;$

$I_0 = 6 \text{ mA}; \quad R_2 = 20 \text{ k}\Omega$

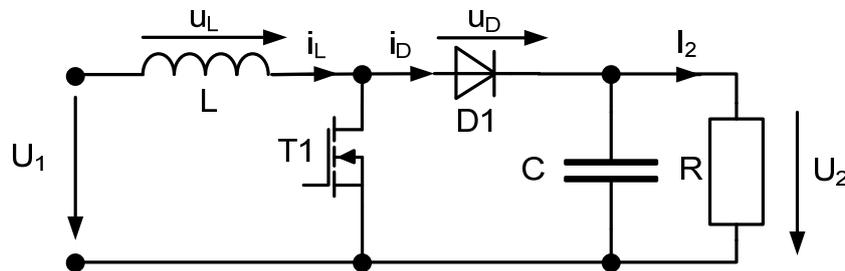
Am Kondensator C liege zum Zeitpunkt $t = 0$ die Spannung $u_C(0) = 20 \text{ V}$ an.

- 2.1 Wie groß ist die im Kondensator C gespeicherte Energie W_C zum Zeitpunkt $t = t_0$?
- 2.2 Es es werde nun das Zeitintervall $t_0 \leq t \leq t_1$ betrachtet.
 - (a) Stellen Sie Differentialgleichung für die Kondensatorspannung $u_C(t)$ für dieses Zeitintervall auf (ohne Zahlenwerte).
 - (b) Bestimmen Sie den Anfangswert $u_C(t = t_0)$. Wie groß ist der Endwert $u_C(t_1)$ für den Grenzfall $t_1 \rightarrow \infty$?
 - (c) Lösen die Differentialgleichung für die Kondensatorspannung $u_C(t)$ in diesem Intervall. Geben Sie die Zeitkonstante τ_1 des Ausgleichsvorgangs und die Gleichung für den zeitlichen Verlauf von $u_C(t)$ an.
- 2.3 Zum Zeitpunkt t_1 habe der Kondensator noch die Spannung $u_C(t_1) = 10 \text{ V}$. Wie groß ist die Zeitdifferenz $t_1 - t_0$?
- 2.4 Wie groß ist die Zeitkonstante des Ausgleichsvorgangs im Intervall $t_1 \leq t < \infty$ und der daraus resultierende Endwert $u_C(t \rightarrow \infty)$.
- 2.5 Skizzieren Sie die Spannung $u_C(t)$ für $0 < t < 2t_1$ und markieren Sie für die Zeitpunkte t_0 und t_1 die zugehörigen Spannungswerte.

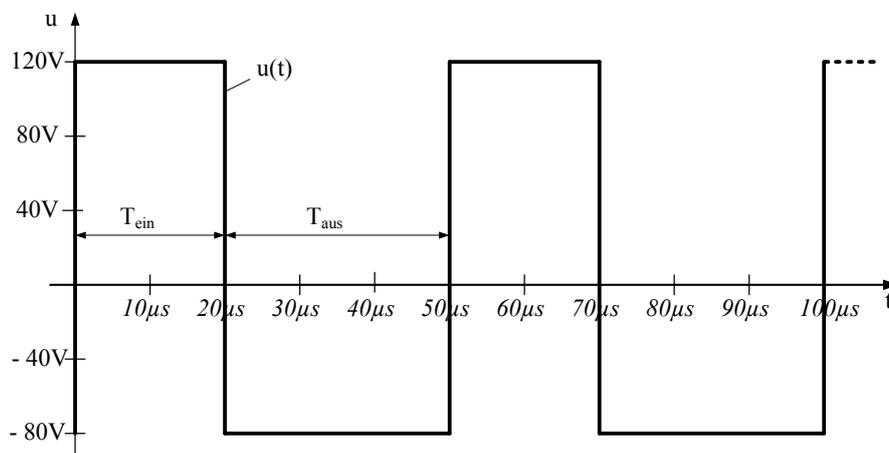
Aufgabe 3: Gleichstromsteller, Kenngrößenberechnung

(22 Punkte)

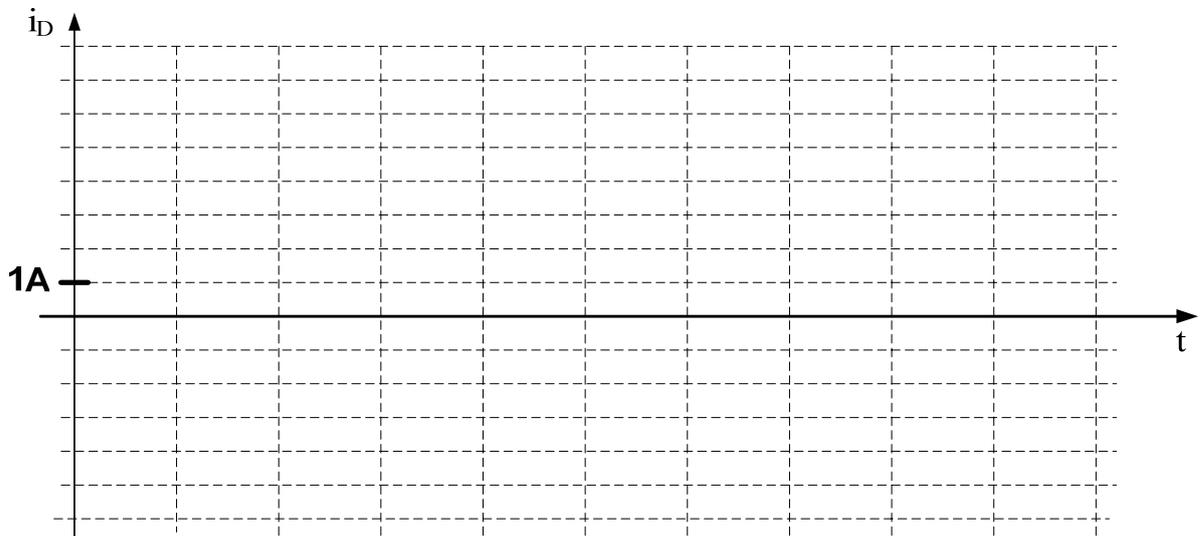
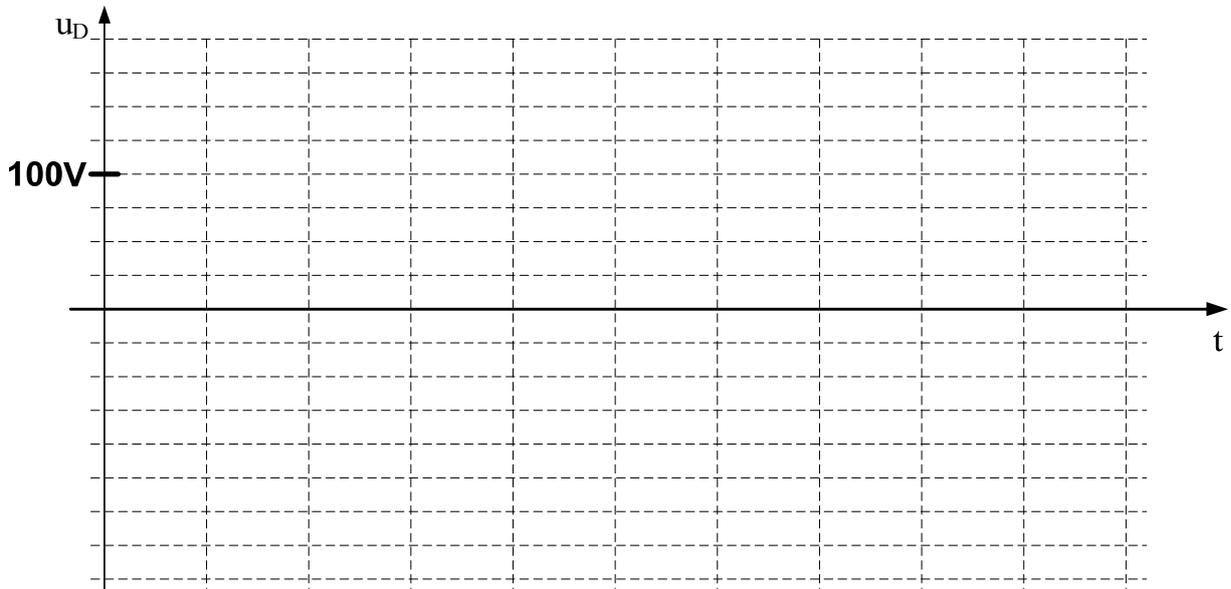
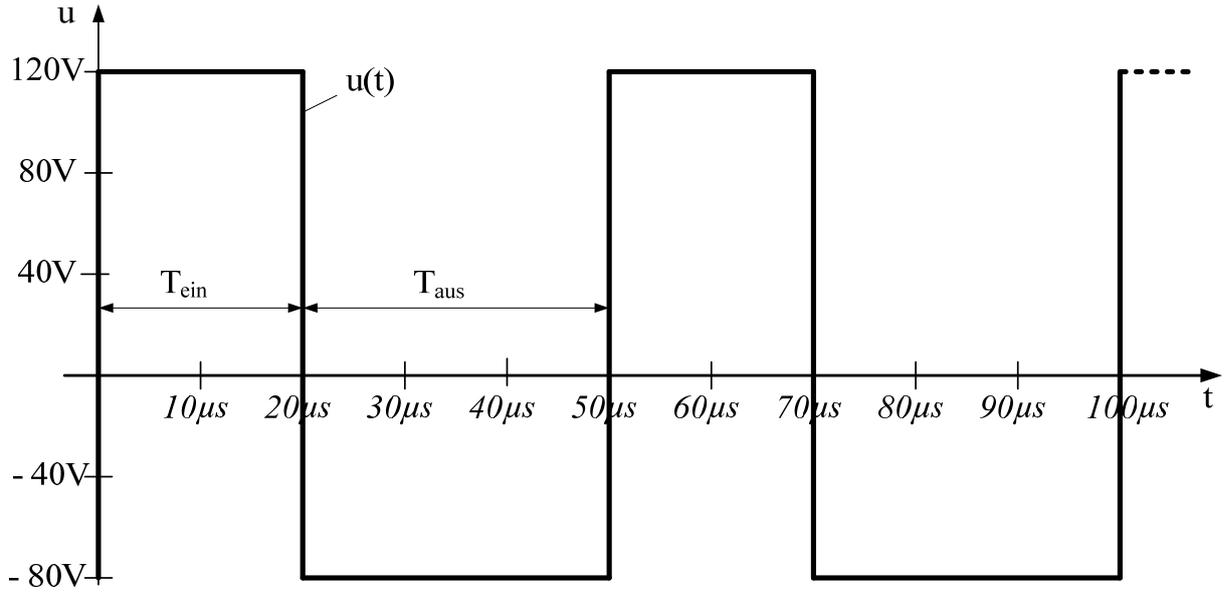
Gegeben sei der in der unten stehenden Abbildung dargestellte Gleichstromsteller.



Die Schaltung befinde sich im stationären Zustand. Der Ausgangsstrom betrage $I_2=3A$. Der Kondensator sei hinreichend groß, sodass die Ausgangsspannung U_2 als ideal geglättet angenommen werden kann. An einem Bauteil wird die unten dargestellte periodische Spannung $u(t)$ gemessen.



- 3.1 Wie groß ist der arithmetische Mittelwert \bar{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 die Ausgangsleistung P_A am Lastwiderstand R ?
- 3.4 Die Induktivität der Drossel sei $L = 400\mu H$. Wie groß ist die Stromschwankung Δi_L ?
- 3.5 Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf der Diodenspannung $u_D(t)$ im Diagramm auf der folgenden Seite.
- 3.6 Berechnen Sie den Effektivwert U_D der Diodenspannung $u_D(t)$.
- 3.7 Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf des Stroms $i_D(t)$ an der Diode im Diagramm auf der folgenden Seite. Wie groß muss der arithmetische Mittelwert \bar{i}_D des Diodenstroms sein?
- 3.8 Wie groß ist der Scheitelwert der Leistung an der Drossel \hat{p}_L ?
- 3.9 Bei gleicher Eingangsspannung U_1 sei nun das Tastverhältnis $D = 0,2$. Wie groß sind in diesem Fall die Ausgangsspannung U_2 und die Stromschwankung Δi_L ?



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

Gegeben ist ein Lüftermotor für ein Computer-Gehäuse. Von diesem sind folgende Daten bekannt:

- $U_n = 12\text{V}$
- $\eta = 0,6$
- $P_{n,el} = 1,3\text{W}$
- $n_n = 2600\text{ min}^{-1}$

Messungen ergeben, dass bei Nennbetrieb ein Strom $i_{e,n}$ von 10 mA im Erregerkreis fließt.

- 4.1 Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Motors für transiente Vorgänge
- 4.2 Bestimmen Sie die Parameter des Ersatzschaltbildes aus a) soweit möglich
- 4.3 Der Parameter L_A kann aus den gegebenen Daten nicht bestimmt werden, warum?

Die Drehzahl soll nun variabel einstellbar sein. Dafür soll ein Vorwiderstand in den Ankerkreis eingebracht werden. Durch die Luftreibung ist das Drehmoment am Motor von der Drehzahl abhängig. Nehmen Sie folgenden funktionalen Zusammenhang an:

$$T(\omega) = a + b \cdot \omega^2 \quad \text{mit } a = 0.001\text{ Nm und } b = 2,5 \cdot 10^{-8}\text{ Nms}^2.$$

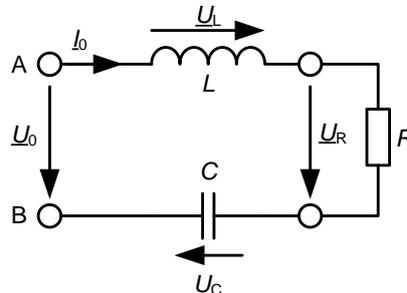
- 4.4 Berechnen Sie den notwendigen Vorwiderstand als Funktion der einzustellenden Winkelgeschwindigkeit.

Durch Optimierung der Ankerwicklung ist es möglich, R_A auf 5Ω zu senken.

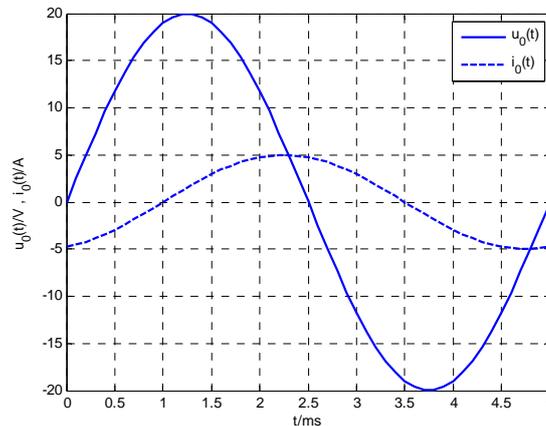
- 4.5 Berechnen Sie die maximal mögliche Drehzahl des Lüfters, sowie den Wirkungsgrad bei dieser Drehzahl.

Aufgabe 5: Komplexe Wechselstromrechnung und Übertragungsfunktion (18 Punkte)

Gegeben sei folgendes Netzwerk:



Am Eingang der Schaltung werden folgende Spannungs- und Stromverläufe für $u_0(t)$, $i_0(t)$ gemessen.



- 5.1. Geben Sie die komplexen Effektivwertzeiger \underline{U}_0 und \underline{I}_0 sowie die Frequenz f , die Effektivwerte und die Scheitelwerte der Spannung $u_0(t)$ bzw. des Stroms $i_0(t)$ an.
 - 5.2. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz \underline{Z} zwischen den Klemmen A-B in Abhängigkeit von R , L , C und ω . Stellen Sie die Impedanz \underline{Z} in der arithmetischen Form ($\underline{Z} = X + jY$) dar.
 - 5.3. Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ und den Leistungsfaktor für die gemessenen Verläufe (s.o.). Weist der Schwingkreis kapazitives oder induktives Verhalten auf?
 - 5.4. Bestimmen Sie den Wert des Widerstandes R und der Induktivität L , wenn die Kapazität des Kondensators $C = 47 \mu\text{F}$ ist.
 - 5.5. Berechnen Sie die im Gesamtsystem umgesetzte Schein-, Wirk-, und Blindleistung.
- Von nun wird der Betrieb der Schaltung mit einer variablen Frequenz betrachtet.
- 5.6. Bestimmen Sie die Spannungs-Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega) = \underline{U}_R/\underline{U}_0$.
 - 5.7. Bestimmen Sie die Bandbreite und die Güte des Reihenschwingkreises.
- Mit Hilfe eines zweiten Widerstandes soll die Güte auf $Q_S = 10$ verändert werden.
- 5.8. Wie muss dieser zweite Widerstand geschaltet werden? Bestimmen Sie den Wert des zweiten Widerstandes R_2 .