



Grundlagen der Elektrotechnik B

07.04.2010

Name:							Matrikel-Nr.:		
Studiengang:							<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> Leistungsnachweis		
Aufgabe: (Punkte)	1 (20)	2 (20)	3 (22)	4 (30)	5 (18)	Σ (110)	Note Klausur	Note Tests	Note Gesamt

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.

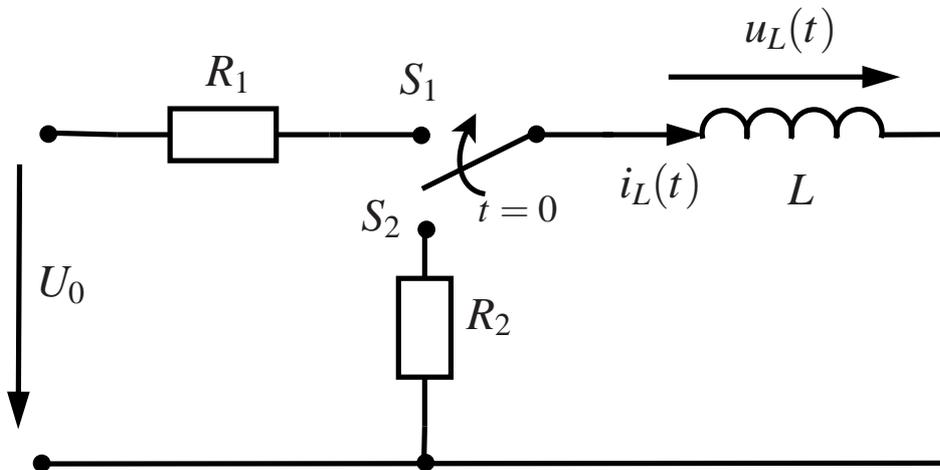
Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe einer Zahlenwertlösung ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Ausgleichsvorgang

(20 Punkte)

Betrachtet werde folgende Schaltung:



Es gelte: $R_2 = 1,5 \cdot R_1$.

Vor dem Zeitpunkt $t = 0$ s befinde sich der Schalter S in der Position 2, und die Schaltung befinde sich im stationären Zustand.

1. Wie groß ist der Strom $i_L(t)$ zur Zeit $t \leq 0$ s? (Begründung)

Der Schalter werde nun zum Zeitpunkt $t = 0$ s in die Position 1 umgelegt.

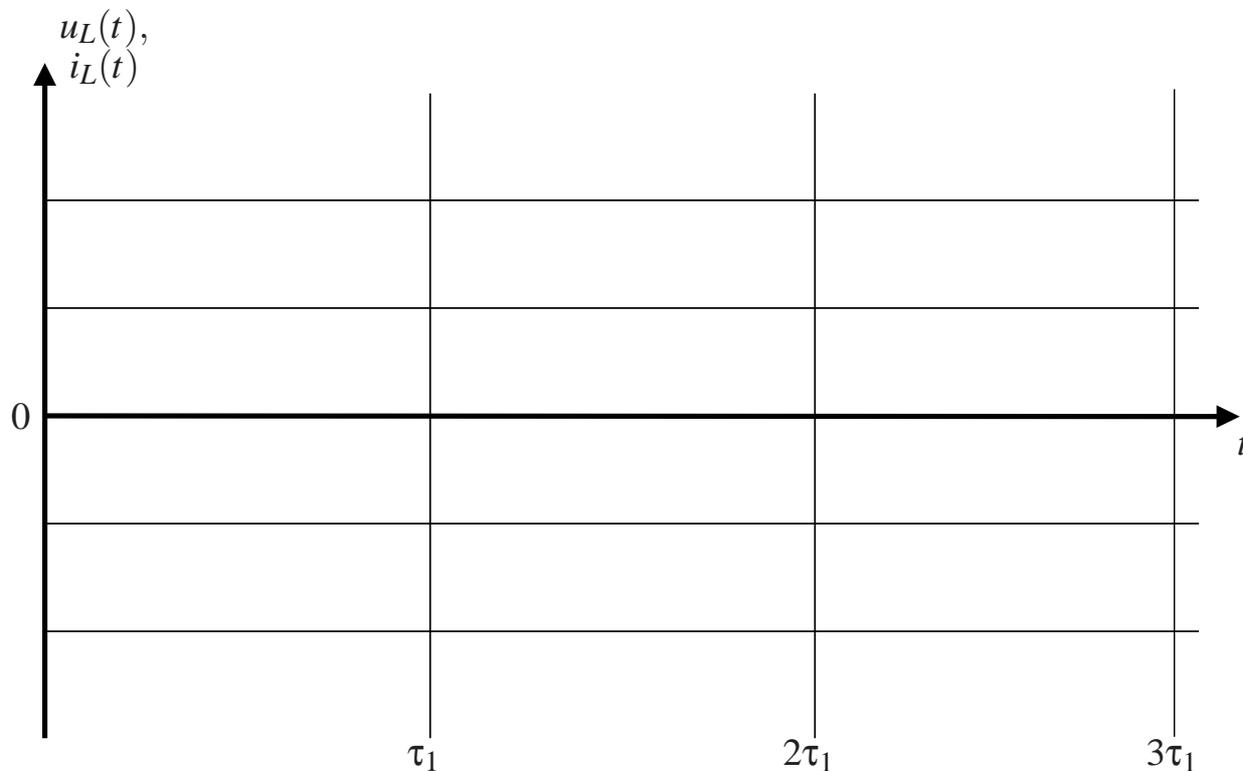
2. Wie groß ist der Strom $i_L(t)$ direkt nach dem Schalten? (Begründung)
3. Wie groß ist der Strom $i_L(t)$ nach Abklingen des Ausgleichsvorgangs ($t \rightarrow \infty$) ? (Begründung)
4. Leiten Sie für $t \geq 0$ s die Differentialgleichung für den Strom $i_L(t)$ her.
5. Lösen Sie die Differentialgleichung. Aus Ihrer Lösung sollte ersichtlich sein, welchen Lösungsansatz Sie gewählt haben und welche Anfangsbedingungen sie bei der Lösung verwendet haben. Wie bestimmt sich die Zeitkonstante τ_1 der Schaltung (Schalterposition 1) ?

Zum Zeitpunkt $t_1 = \tau_1$ werde der Schalter S wieder in Position 2 geschaltet.

6. Bestimmen Sie für die Schalterposition 2 die maßgebliche Zeitkonstante τ_2 . In welchem Verhältnis stehen die Zeitkonstanten τ_1 und τ_2 ?
7. Ermitteln Sie zum Zeitpunkt $t_1 = \tau_1$, sowie zum Zeitpunkt $t_2 = 2\tau_1$ den Strom $i_L(t)$ in Abhängigkeit von U_0 und R_1 . (Hinweis: Verwenden Sie als Ansatz die homogene Lösung der DGL für $t \geq 0$ s mit entsprechend angepasster Anfangsbedingung.)

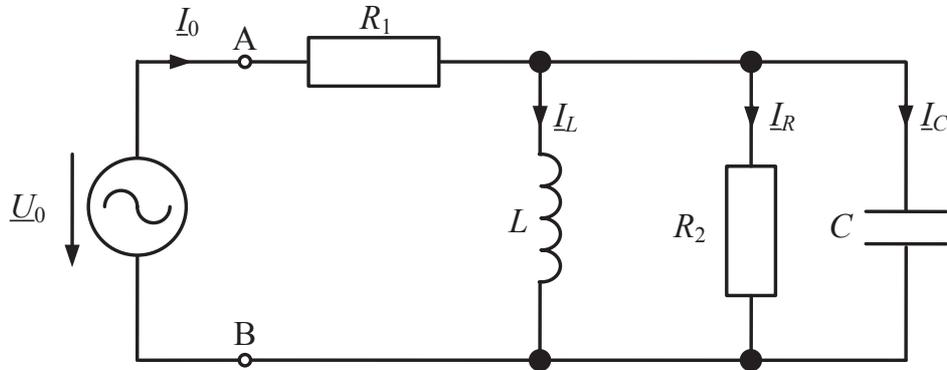
Die Schaltung soll nun alternierend in Schalterposition 1 und 2 betrieben werden. Die Zeit zwischen den Umschaltvorgängen sei jeweils τ_1 .

8. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf des Stroms $i_L(t)$ und der Spannung $u_L(t)$ über dem Intervall $[0, 3\tau_1]$ in das nachfolgende Diagramm ein. Berechnen Sie die Amplitudenwerte von $i_L(t)$ und $u_L(t)$ unmittelbar vor den Schaltzeitpunkten τ_1 und $2\tau_1$ in Abhängigkeit von U_0 und R_1 . Als Anfangsbedingung kann $i_L(t = 0^-) = u_L(t = 0^-) = 0$ angenommen werden.



Aufgabe 2: Komplexe Wechselstromrechnung, Blindleistungskompensation (20 Punkte)

Gegeben sei folgendes Netzwerk



Zahlenwerte:

$$\underline{U}_0 = 230 \text{ V}; \quad f = 50 \text{ Hz}; \quad \omega = 2\pi f ;$$

$$L = 1 \text{ H}; \quad C = 1 \mu\text{F}; \quad R_1 = 400 \Omega; \quad R_2 = 600 \Omega.$$

1. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz \underline{Z}_{AB} zwischen den Klemmen A-B in Abhängigkeit von R_1, R_2, L, C und ω .
2. Berechnen Sie den Zahlenwert der Impedanz \underline{Z}_{AB} .
3. Berechnen Sie die Zahlenwerte der Ströme $\underline{I}_C, \underline{I}_R, \underline{I}_L$ und den Gesamtstrom \underline{I}_0 .
4. Berechnen Sie den Phasenwinkel φ zwischen angelegter Spannung \underline{U}_0 und Gesamtstrom \underline{I}_0 .
5. Berechnen Sie die komplexe Leistung des gesamten Systems.

Die Blindleistung des Gesamtsystems soll durch ein parallel zu den Anschlussklemmen A-B zu schaltendes Bauelement so kompensiert werden, dass ein Gesamtleistungsfaktor von $\cos \varphi' = 0,93$ (induktiv) erreicht wird.

6. Welches Bauelement ist dafür zu wählen? Berechnen Sie den Wert des Bauelements.
7. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der komplexen Leistungszeiger vor und nach der Blindleistungskompensation.

Aufgabe 3: Übertragungsfunktionen

(22 Punkte)

Das Übertragungsverhalten der in Abbildung 3.1 dargestellten Schaltkreise soll hinsichtlich des sich einstellenden Stromes $i(t)$ bei gegebener sinusförmiger Spannung $u(t)$ untersucht werden.

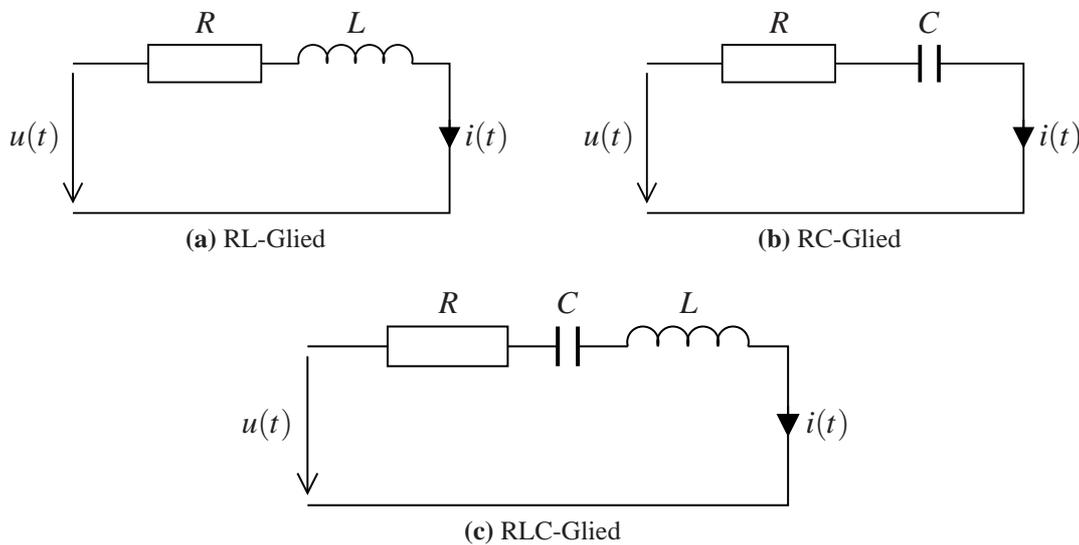


Abbildung 3.1: Zu untersuchende Schaltkreise

1. a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}_1(j\omega) = \frac{i}{u}$ des Schaltkreises in Abbildung 3.1a auf und bringen Sie diese in die Form $\underline{H}_1(j\omega) = \frac{1}{R} \frac{\dots}{1+j\omega T_1}$.
 b) Welches Übertragungsverhalten liegt in diesem Fall vor?
2. a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}_2(j\omega) = \frac{i}{u}$ des Schaltkreises in Abbildung 3.1b auf und bringen Sie diese in die Form $\underline{H}_2(j\omega) = \frac{1}{R} \frac{\dots}{1+j\omega T_2}$.
 b) Welches Übertragungsverhalten liegt in diesem Fall vor?
3. a) Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}_3(j\omega) = \frac{i}{u}$ des Schaltkreises in Abbildung 3.1c in Abhängigkeit der normierten Frequenz Ω und des Dämpfungsfaktors d auf und bringen Sie diese in die Form $\underline{H}_3(j\Omega) = \frac{1}{R} \frac{\dots}{1+j2d\Omega-\Omega^2}$.
 b) Welches Übertragungsverhalten liegt in diesem Fall vor?
4. Sämtliche Übertragungsfunktionen enthalten den Verstärkungsfaktor $\frac{1}{R}$. Welche Bedeutung hat die Einheit dieses Faktors?

Im Folgenden soll die normierte Übertragungsfunktion $\underline{H}_4(j\Omega) = \underline{H}_3(j\Omega) / \frac{1}{R}$ betrachtet werden.

5. Bestimmen Sie den Betrag der Übertragungsfunktion $\underline{H}_4(j\Omega)$.
6. Bestimmen Sie die Phase der Übertragungsfunktion $\underline{H}_4(j\Omega)$.
7. Skizzieren Sie das Bode-Diagramm der Übertragungsfunktion $\underline{H}_4(j\Omega)$ (Amplitudennäherung). Nutzen Sie dazu die Vorlage in Abbildung 3.2.

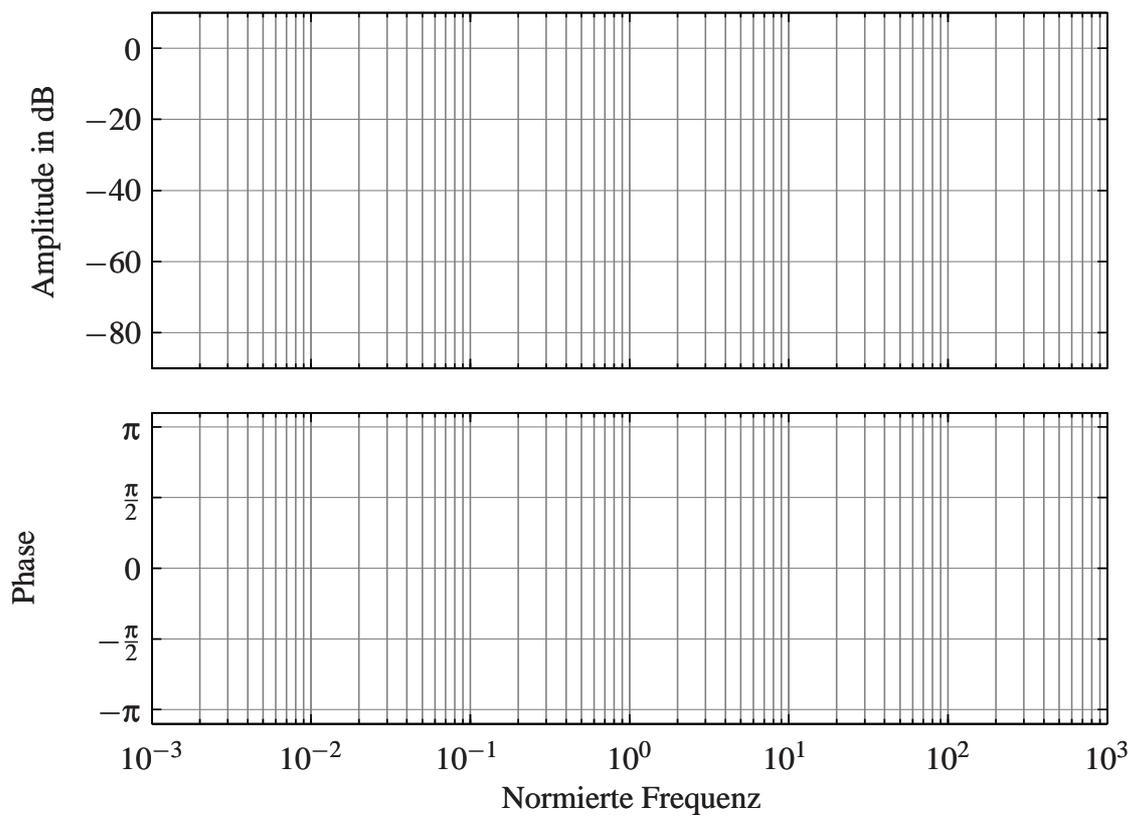
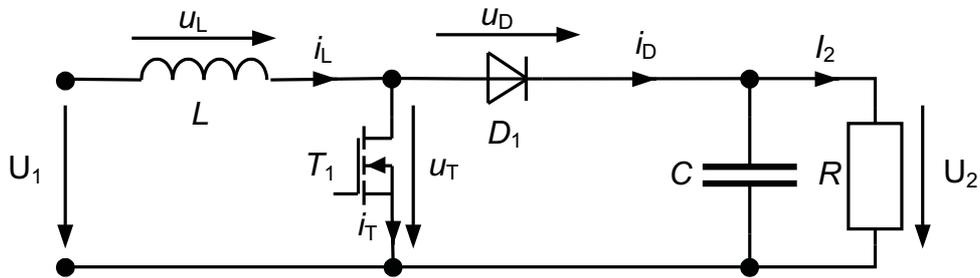


Abbildung 3.2: Bode-Diagramm der Übertragungsfunktion $H_4(j\Omega)$

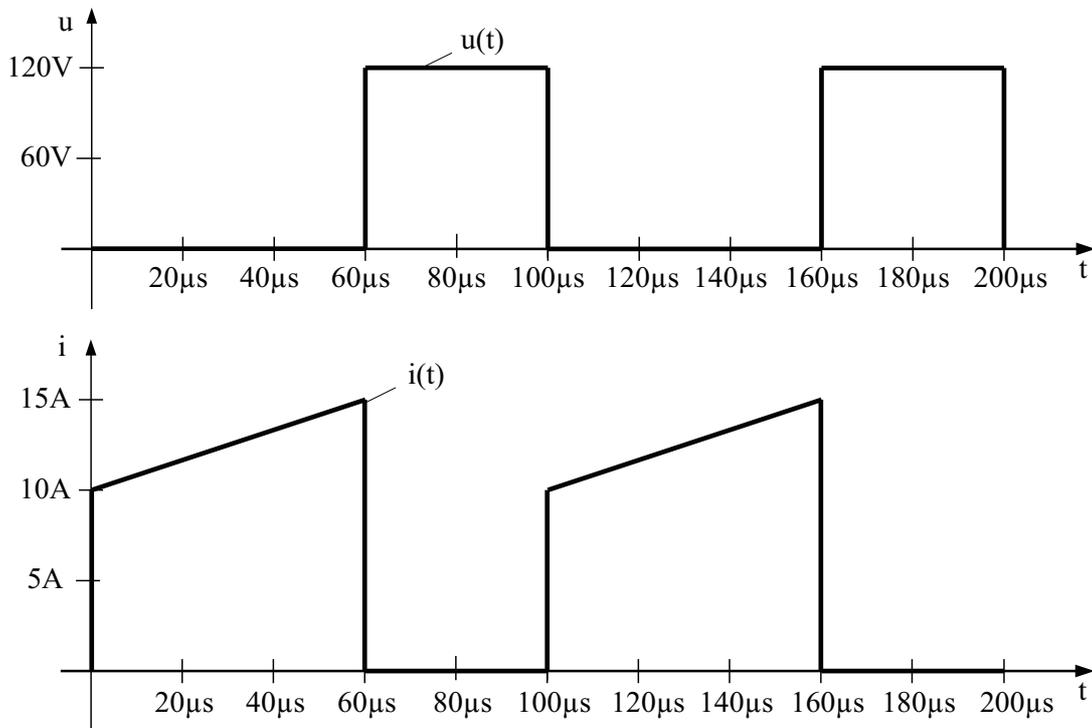
Aufgabe 4: Gleichstromsteller

(30 Punkte)

Gegeben sei der in der unten stehenden Abbildung dargestellte Gleichstromsteller.

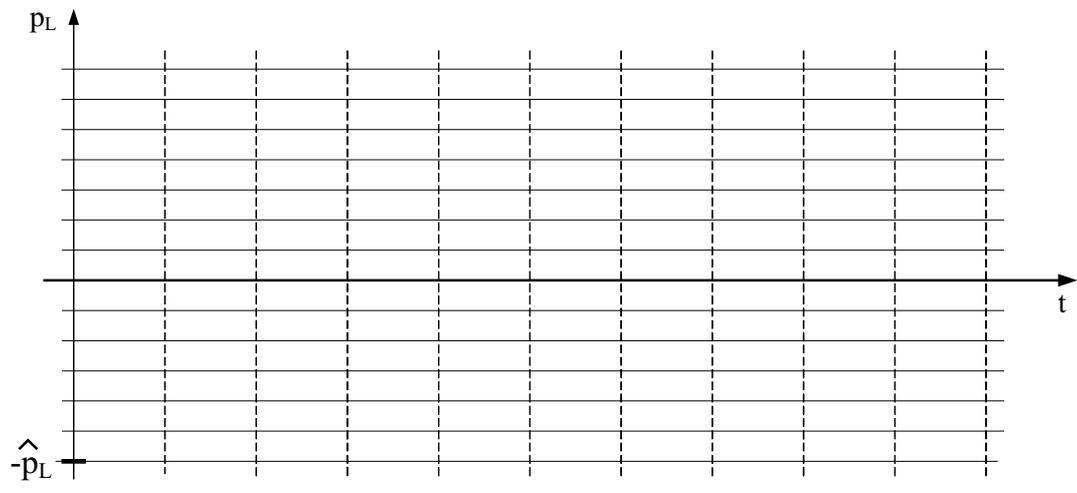
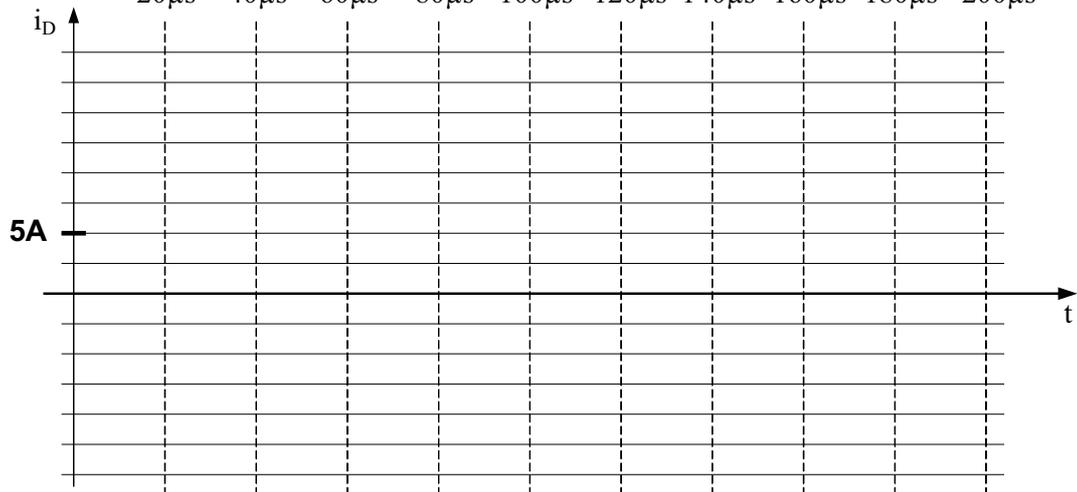
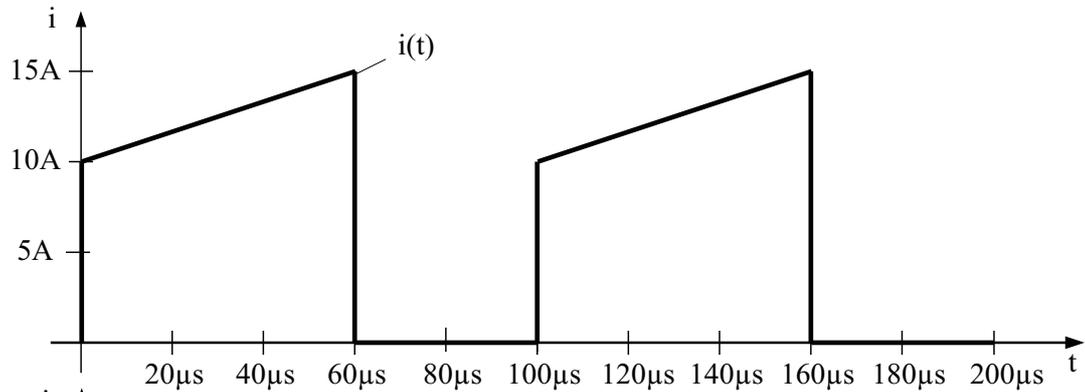
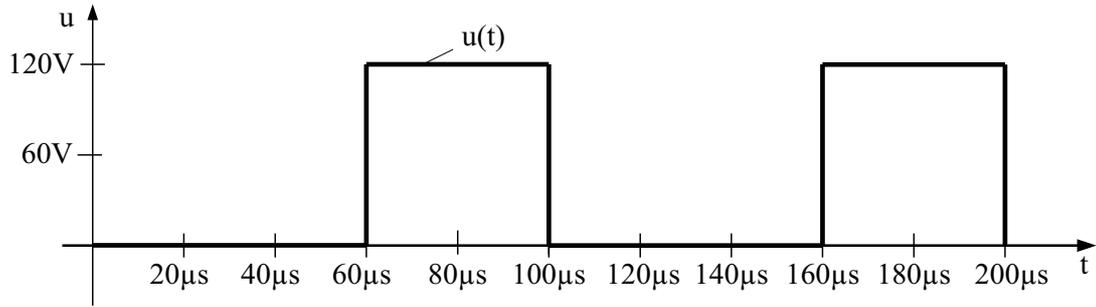


Die Schaltung befinde sich im stationären Zustand. Die Ausgangsspannung U_2 sei durch den sehr großen Kondensator C ideal geglättet. An einem Bauteil wird die unten dargestellte periodische Spannung $u(t)$ und der Strom $i(t)$ gemessen.



1. Wie groß ist der Effektivwert I des dargestellten Stromes $i(t)$?
2. Welche Schaltungstopologie ist oben dargestellt? An welchem Bauelement wird der dargestellte Stromverlauf $i(t)$ bzw. Spannungsverlauf $u(t)$ gemessen? Auch die Zählrichtungen von Spannung und Strom sind exakt zuzuordnen.
3. Wie groß sind die Eingangsspannung U_1 , die Ausgangsspannung U_2 , das Tastverhältnis D , die Ein- und Ausschaltzeit des Transistors T_{ein} und T_{aus} und die Schaltfrequenz f_s ?
4. Wie groß ist die Induktivität der Drossel?
5. Skizzieren Sie maßstäblich den zeitlichen Verlauf des Stroms durch die Diode $i_D(t)$ im Diagramm auf der folgenden Seite.

6. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert des Diodenstroms \bar{i}_D .
7. Wie groß ist der Lastwiderstand R ?
8. 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.
9. Welcher Wert darf für den Lastwiderstand R maximal gewählt werden, so dass der Strom in der Drossel nicht lückt?
10. Bei gleicher Eingangsspannung U_1 sei nun das Tastverhältnis $D = 0,2$. Wie groß ist in diesem Fall die Stromschwankung Δi_L ?



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

Von einer Permanentmagnet-erregten Gleichstrommaschine sind folgende Kenndaten bekannt:

- $U_n = 24 \text{ V}$
- $I_n = 20 \text{ A}$
- $n_n = 1500 \text{ min}^{-1}$
- $n_0 = 3000 \text{ min}^{-1}$

Durch Messung des Drehmomentverlaufs bei sprungförmiger Änderung der Ankerspannung und festgebremstem Rotor wurde eine Zeitkonstante von $\tau_T = 10 \text{ ms}$ ermittelt. Es kann davon ausgegangen werden, dass das gemessene Drehmoment exakt dem wirklichen Drehmoment entspricht.

1. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild der Gleichstrommaschine, mit dem sich auch transiente Vorgänge modellieren lassen.
2. Berechnen Sie die Ersatzschaltbild-Parameter.
3. Berechnen Sie das Drehmoment im Arbeitspunkt.

Es stellt sich heraus, dass die in der Maschine verbauten Permanentmagneten zu teuer sind. Daher sollen sie gegen eine Erregerwicklung in Nebenschlusschaltung so ausgetauscht werden, dass das Verhalten der Maschine ansonsten gleich bleibt. Die Motorkonstante beträgt $c_M = 230$.

4. Legen Sie den Erregerstromkreis aus:
 - a) Bestimmen Sie den Erregerwiderstand so, dass sich ein Nennererregstrom von $I_{E,n} = 0,5 \text{ A}$ einstellt.
 - b) Bestimmen Sie die Induktivität L_E so, dass der Fluss beim Anschalten der Erregung mit der Zeitkonstante $\tau_E = 1 \text{ ms}$ aufgebaut wird.
 - c) Wie viele Windungen muss die Erregerwicklung haben?