Fachgebiet Leistungselektronik und Elektrische Antriebstechnik
Prof. Dr.-Ing. Joachim Böcker

Grundlagen der Elektrotechnik B

22.08.2017

Name:								Matrikel-Nr.:
Studiengang:								
Aufgabe:	1	2	3	4	5	Tests	Σ	Note
Punkte:	20	20	20	20	20	12	100	

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel:

- ein nichtprogrammierbarer Taschenrechner ohne grafikfähigem Display
- Zeichenmaterialien (Zirkel, Geodreieck, Lineal, Stifte)

Bitte beachten Sie:

- Bitte Studienausweis mit Lichtbild bereitlegen!
- Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Verwenden Sie keine Bleistifte und keine roten Stifte.
- Bei Zahlenrechnungen sind die Maßeinheiten in jedem Schritt mitzuführen. Nichtbeachtung führt zu Punktabzug.
- Alle Lösungswege sind nachvollziehbar zu dokumentieren und zu kommentieren! Die Angabe eines Endergebnisses ohne erkennbaren Lösungsweg wird nicht gewertet.

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Gleichstromsteller **(20 Punkte)**

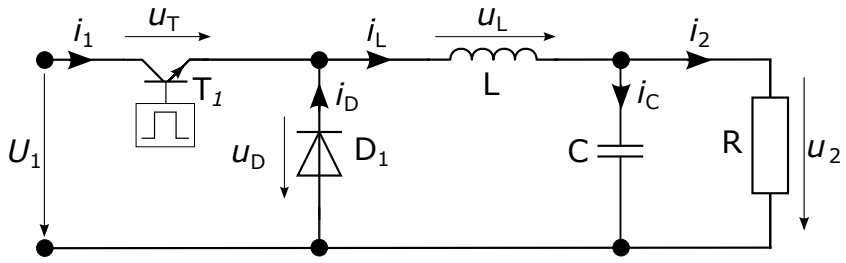

Abbildung 1.1: Gleichstromsteller

Mit Hilfe des abgebildeten Gleichstromstellers (Abbildung 1.1) wird aus einer konstanten Eingangsspannung U_1 eine verstellbare Ausgangsspannung u_2 erzeugt. Der Transistor T_1 und die Diode D_1 seien ideal. Es werde stationärer Betrieb vorausgesetzt. Für die nachfolgenden Betrachtungen werde C als so groß angenommen, dass mit guter Genauigkeit die Spannung u_2 als konstant angenommen werden darf ($u_2 = U_2$).

1. Um welchen Typ eines Gleichstromstellers handelt es sich?
2. Leiten Sie die Funktion der Ausgangsspannung U_2 in Abhängigkeit von Eingangsspannung U_1 sowie dem Tastverhältnis D her und geben Sie die Ausgangsspannung für ein Tastverhältnis von $D = 0{,}25$ an.
3. Leiten Sie die Funktion der Stromschwankung $\Delta i_L = i_{L,max} - i_{L,min}$ in Abhängigkeit von Eingangsspannung U_1, Taktfrequenz f_s und Tastverhältnis D her und bestimmen Sie das Tastverhältnis D_{max}, bei dem die Stromschwankung maximal ist.
4. Skizzieren Sie in Abbildung 1.2 für das Tastverhältnis $D = 0{,}25$ zwei volle Taktperioden der folgenden Verläufe:
   - Spulenspannung $u_L(t)$
   - Spulenstrom $i_L(t)$ (Es gelte $i_L(t = 0) = i_{L,min}$)
   - In der Spule gespeicherte Energie $w_L(t)$
   - Diodenspannung $u_D(t)$
   - Diodenstrom $i_D(t)$

Nehmen Sie für die folgenden Teilaufgaben $U_1 = 12\,\mathrm{V}$ sowie $L = 1\,\mathrm{mH}$ an:

5. Geben Sie die maximal mögliche Ausgangsspannung U_2 der Schaltung an!
6. Die Stromschwankung soll maximal $\Delta i_L = i_{L,max} - i_{L,min} = 300\,\mathrm{mA}$ betragen. Berechnen Sie die minimale Schaltfrequenz $f_{s,min}$, die dies in jedem Fall gewährleistet.
7. Welchen Wert dürfte der Lastwiderstand R bei einem Tastverhältnis von $D = 0{,}5$ maximal annehmen, so dass bei der in Aufgabenteil berechneten Schaltfrequenz der Strom in der Drossel nicht lückt (Lückgrenzbetrieb)?

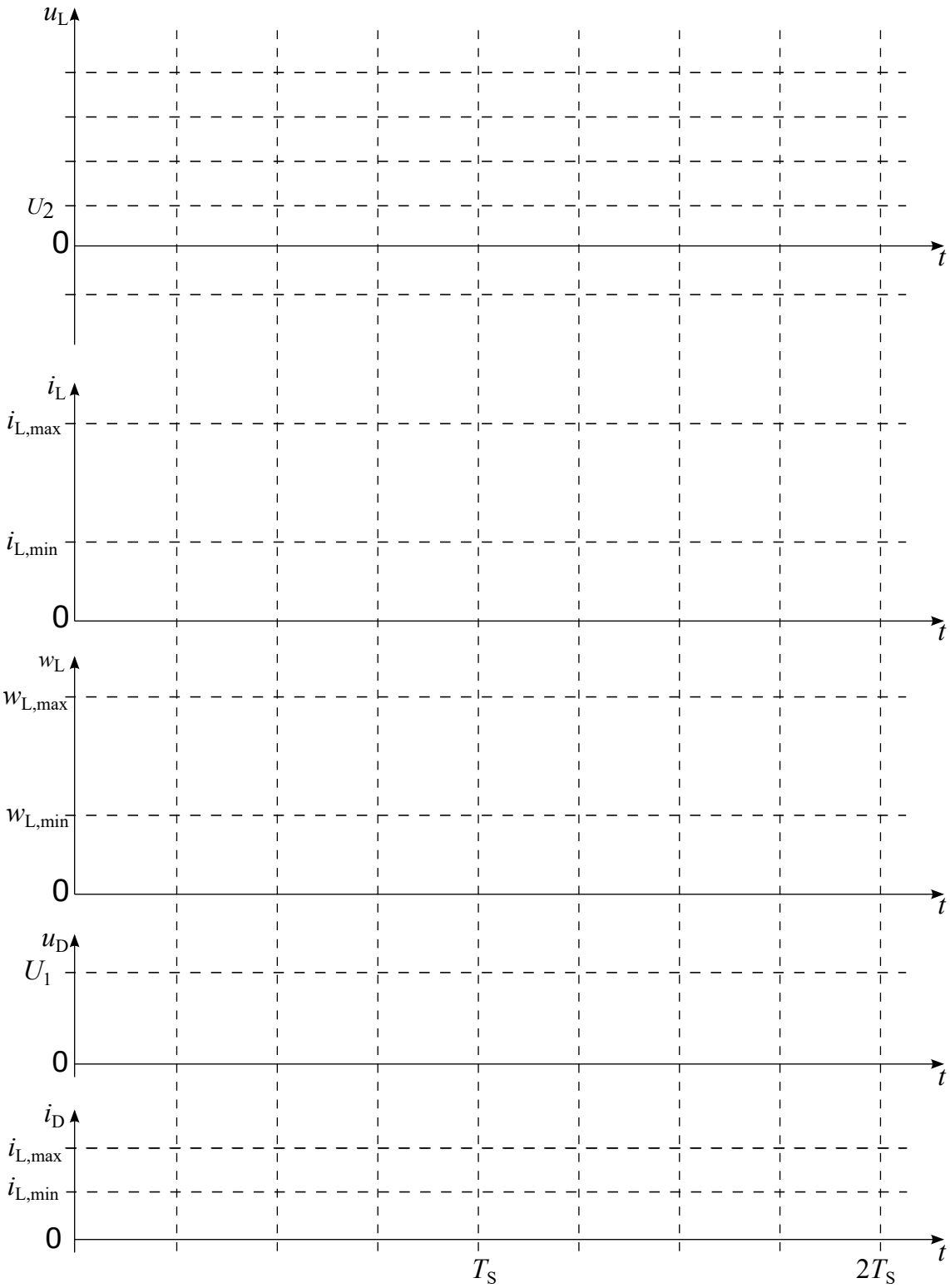

Abbildung 1.2: Verlauf von $u_L(t)$, $i_L(t)$, $w_L(t)$, $u_D(t)$ und $i_D(t)$

Aufgabe 2: Ausgleichsvorgänge/Schwingkreis **(20 Punkte)**

Gegeben sei das Ersatzschaltbild aus Abbildung 2.1 zur Berechnung des Inrush-Vorgangs eines Transformators. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter S_1 geschlossen.

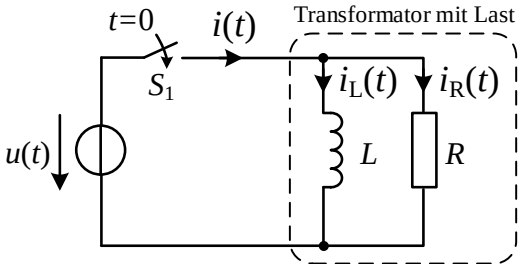

Abbildung 2.1: Vereinfachtes Ersatzschaltbild für die Berechnung des Inrush-Vorgangs

Die Netzspannung $u(t)$ sei gegeben durch

$$u(t) = \hat{u}_0 \sin(\omega t + \varphi). \tag{2.1}$$

Geben Sie die Lösungen allgemein an, ohne konkrete Zahlenwerte!

1. Bestimmen Sie den Stromverlauf $i(t)$!
2. Skizzieren Sie den Stromverlauf für den Spezialfall 1: $R \to \infty$ und $\varphi = 0$
3. Bestimmen Sie den Maximalwert des Stromes für den Spezialfall 1!
4. Zu welchen Zeitpunkten tritt für den 1. Fall der Maximalwert des Stroms $i(t)$ auf?
5. Skizzieren Sie den Stromverlauf für den Spezialfall 2: $R \to \infty$ und $\varphi = \frac{\pi}{2}$
6. Bestimmen Sie den Maximalwert des Stromes für den Spezialfall 2!

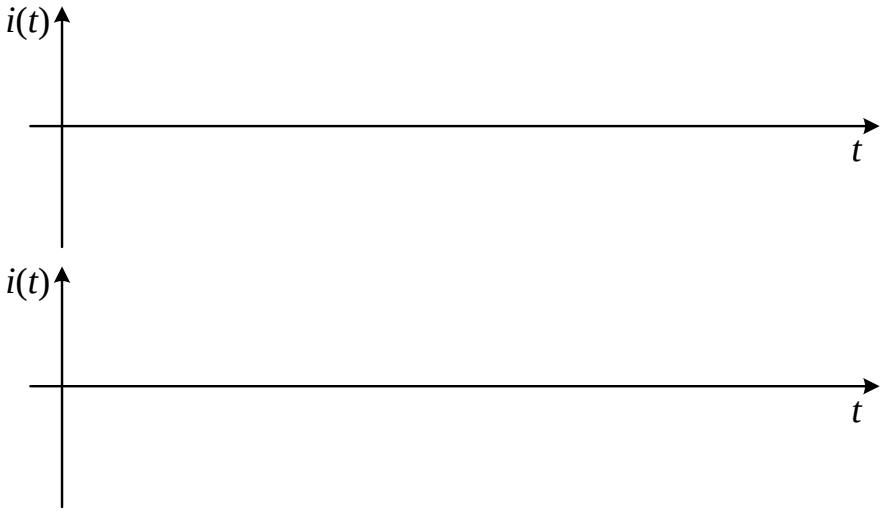

Abbildung 2.2: Koordinatensystem für die Skizzen

Aufgabe 3: Komplexe Wechselstromrechnung/Übertragungsfunktionen (20 Punkte)

Gegeben sei die unten dargestellte Schaltung:

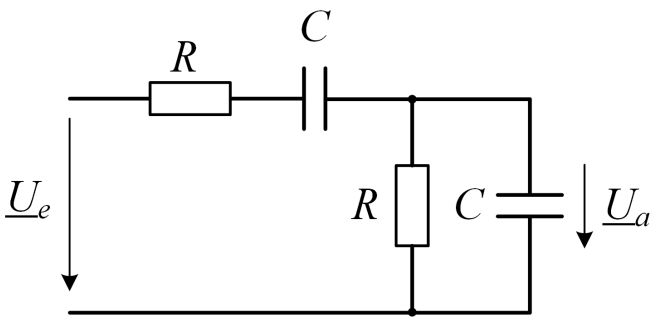

Abbildung 3.1: Gegebene Schaltung für die nachfolgenden Untersuchungen

Die Bauelemente der Schaltung sind folgendermaßen bemessen:

$R = 10\ \mathrm{k\Omega}$; $C = 10\ \mathrm{nF}$

Lösen Sie die folgenden Aufgaben:

1. Welche Funktion erfüllt diese Schaltung und welche Filtercharakteristik kann entsprechend zugeordnet werden? Begründen Sie Ihre Antwort möglichst prägnant.
2. Berechnen Sie die Gesamtübertragungsfunktion $\underline{H}(\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ der Schaltung.
3. Lösen Sie $\underline{H}(\omega)$ nach dem Real- und Imaginärteil $\mathrm{Re}(\underline{H}(\omega))$ und $\mathrm{Im}(\underline{H}(\omega))$ auf.
4. Geben Sie den Amplituden- und Phasengang $|\underline{H}(\omega)|$ und $\varphi(\omega) = \arg(\underline{H}(\omega))$ an.
5. Berechnen Sie für die Mittenfrequenz $\omega_0 = \frac{1}{RC}$ die Verstärkung der Schaltung in dB und geben Sie die Phasenverschiebung bei der Mittenfrequenz an.
6. Schreiben Sie den hergeleiteten Phasengang (aus Unterpunkt 6) als Funktion einer normierten Frequenz $\Omega = \omega/\omega_0$ um. Berechnen Sie die Bandbreite $\Delta\omega = \omega_{\text{oben}} - \omega_{\text{unten}}$ dieser Schaltung.

   Hinweis: *Die Bandbreite $\Delta\omega$ lässt sich statt über das Amplitudenkriterium auch über die Differenz der beiden Frequenzen bestimmen, bei denen die Phase die Werte $\pm 45^\circ$ annimmt.*

Aufgabe 4: Magnetischer Kreis (20 Punkte)

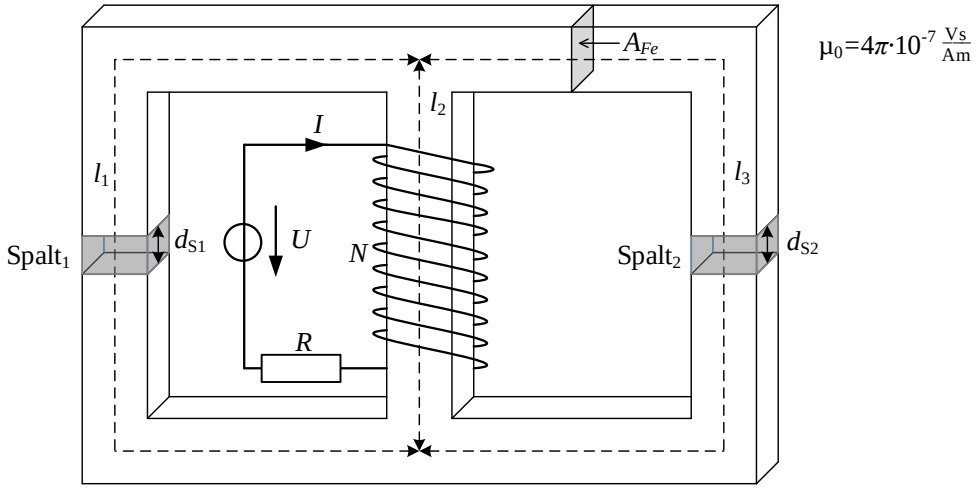

Abbildung 4.1: Magnetischer Kreis

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 dargestellte Spule (sowohl Streuflüsse als auch Wicklungswiderstände sind zu vernachlässigen). Die mittleren Wege im Eisen betragen $l_1 = l_3 = 20\,\text{cm}$ sowie $l_2 = 10\,\text{cm}$. Der Querschnitt $A_{\text{Fe}} = 550\,\text{mm}^2$ ist in der gesamten Anordnung gleich. Das Eisenmaterial sei nicht vormagnetisiert und weise im betrachteten Betriebsbereich keine magnetische Sättigung auf. Die Permeabilität des Eisenkerns beträgt $\mu_{\text{r,FE}} = 3300$. In den beiden Spalten 1 und 2 befindet sich ein Kunststoff. Die Spalte sind $d_{\text{S1}} = d_{\text{S2}} = 1\,\text{mm}$ dick. Nehmen Sie an, dass die Permeabilität des Kunststoffs $\mu_{\text{r,K}} = 1$ beträgt. Die Wicklung ist an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen, welche einen Strom von $I = 2\,\text{A}$ in der Wicklung zur Folge hat.

1. Zeichnen Sie die Richtung des magnetischen Flusses für alle Schenkel des Kerns in Abbildung 4.1 ein. Zeichnen Sie das äquivalente Reluktanzmodell der Anordnung.
2. Berechnen Sie die Reluktanzanteile und die Gesamtreluktanz des magnetischen Kreises.
3. Bei einem Strom von $I = 2\,\text{A}$ soll die Flussdichte von $100\,\text{mT}$ in keinem Teil des Kerns überschritten werden. Bestimmen Sie die maximale Windungszahl N, die dies in jedem Fall gewährleistet.
4. Wie groß ist die Induktivität L der Anordnung?
5. Erklären Sie, welche Bedeutung der Kunststoff hat. Beziehen Sie neben magnetischen Eigenschaften auch mechanische Kräfte in Ihre Überlegung ein.

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

Ein Lüfterrad soll mit einem Gleichstromnebenschlussmotor angetrieben werden. Bekannte elektrische Parameter des Gleichstrommotors sind die Spannung $U_N = 100\,V$, und der ohmsche Ankerwiderstand $R_A = 2\,\Omega$.

1. Skizzieren Sie das dynamische Ersatzschaltbild des Motors. Achten Sie auf die korrekte und eindeutige Bezeichnung aller Bauelemente und Größen. Verwenden Sie diese Bezeichnungen im weiteren Verlauf der Aufgabe.

2. Messungen im Leerlauf des Motors ergeben eine Leerlaufdrehzahl von $n_0 = 1986\,\text{min}^{-1}$ und einen Strom von $i = 2{,}38\,A$ bei Nennspannung.

   Berechnen Sie den effektiven Erregerfluss Ψ'_E und den Erregerwiderstand R_E.

3. Nach der Montage des Lüfters an der Motorwelle wird eine Drehzahl von $n = 1500\,\text{min}^{-1}$ gemessen. Dabei wird der Motor mit Nennspannung versorgt.

   Berechnen Sie den Ankerstrom i_A und das Drehmoment T.

4. Berechnen Sie den Wirkungsgrad η des Motors in diesem Arbeitspunkt.

5. Für den Betrieb des Motors in diesem Arbeitspunkt soll nun ein Netzteil mit einem erlaubten Betriebsbereich nach Abbildung 5.1 benutzt werden.

   Prüfen Sie, ob dieses Netzteil für diesen Einsatz geeignet ist und begründen Sie ihre Antwort.

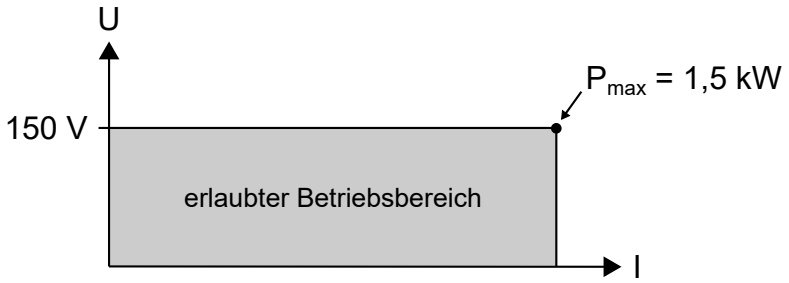

Abbildung 5.1: Erlaubter Betriebsbereich des Netzteils