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

Grundlagen der Elektrotechnik B

27.03.2017

Name:					Matrikel-Nr.:			
Studiengang:					☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1	2	3	4	5	Tests	Σ	Note
Punkte:	20	20	20	20	20	6	100	

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

Zugelassene Hilfsmittel:

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

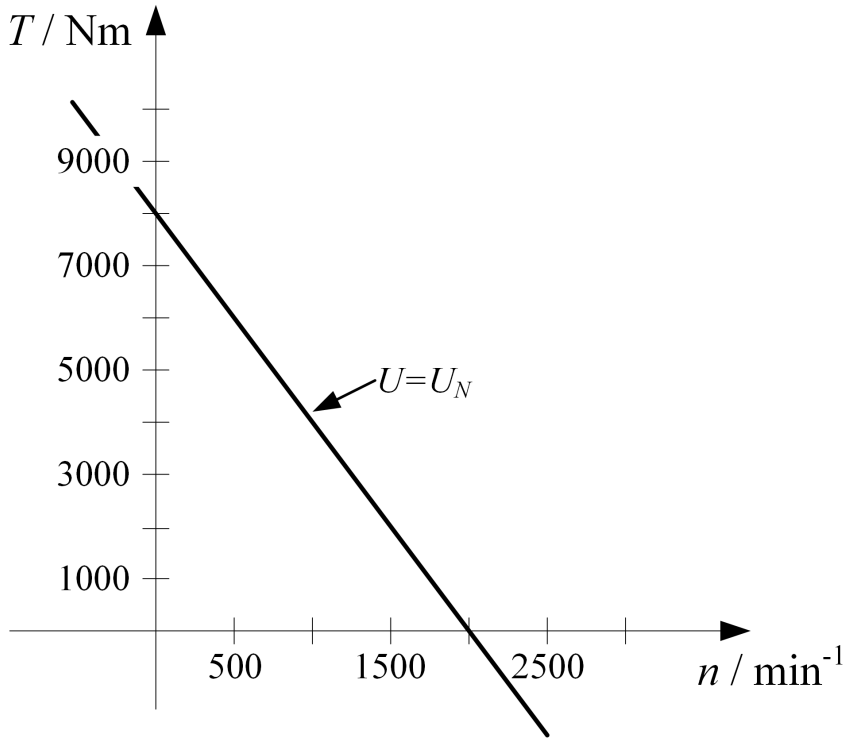
Bitte beachten Sie:

- 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: Gleichstrommaschine **(20 Punkte)**

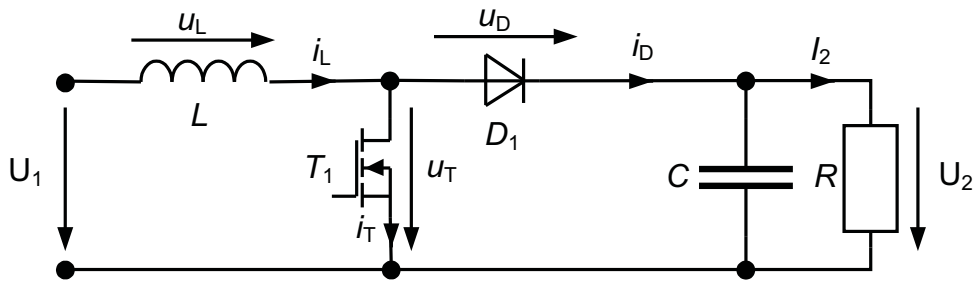
Gegeben sei eine Gleichstrommaschine mit der dargestellten Drehmoment-Drehzahl-Charakteristik. Die Nennspannung betrage $U_N = 400\,\mathrm{V}$, die Nenndrehzahl $n_N = 1952\,\mathrm{min}^{-1}$.



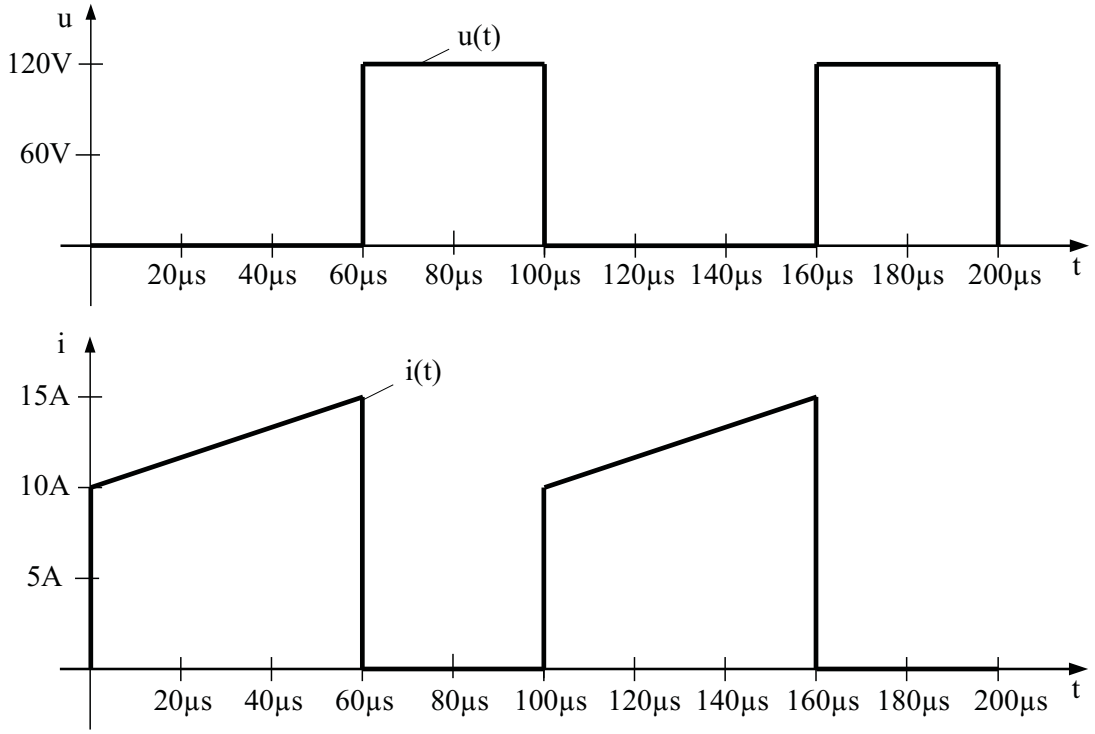
1. Bei welchen Schaltungsarten zeigt der Gleichstrommotor das skizzierte Drehmoment-Drehzahl-Verhalten? Zeichnen Sie das dynamische Ersatzschaltbild einer Schaltungsart.
2. Bestimmen Sie den effektiven Erregerfluss Ψ'_E, der sich bei Nennspannung ergibt.
3. Wie groß ist der Ankerwiderstand R_A des Motors?
4. Welcher Ankerstrom I_{AN} und welches Drehmoment T_N stellen sich im Nennpunkt ein?
5. Nehmen Sie an, dass Erreger- und Ankerkreis durch dieselbe Spannungsquelle gespeist werden. Dann fließe im Nennpunkt der Gesamtstrom $I_N = 120\,\mathrm{A}$. Wie groß ist der ohmsche Widerstand R_E der Erregerwicklung?

Aufgabe 2: Gleichstromsteller **(20 Punkte)**

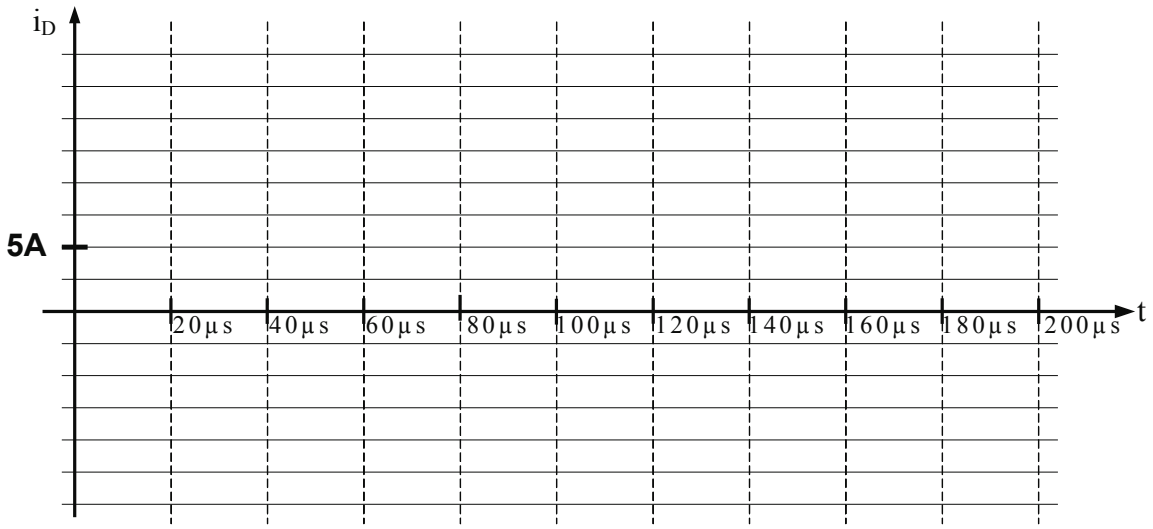
Gegeben sei der in der unten stehenden Abbildung dargestellte Gleichstromsteller.



Die Schaltung befinde sich im stationären Zustand. Die Ausgangsspannung U_2 sei durch den sehr großen Kondensator C ideal geglättet. Ein Praktikant hat an einem der Bauteile folgende Verläufe der Spannung $u(t)$ und des Stroms $i(t)$ gemessen, kann sich aber nicht mehr erinnern, an welchem.



1. Wie groß ist der Effektivwert I des dargestellten Stromes $i(t)$?
2. Welche Ihnen bekannte Gleichstromsteller-Schaltungstopologie ist oben dargestellt? An welchem Bauelement wird der dargestellte Stromverlauf $i(t)$ bzw. Spannungsverlauf $u(t)$ gemessen? Erläutern Sie diese Zuordnung kurz und prägnant.
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. Welchen Wert dürfte der Lastwiderstand R maximal annehmen, so dass der Strom in der Drossel nicht lückt (Lückgrenzbetrieb)?

Aufgabe 3: Komplexe Wechselstromrechnung **(20 Punkte)**

Gegeben sei ein System bestehend aus Spannungsquelle, zwei Spulen und zwei Kondensatoren. Es darf das vereinfachte Ersatzschaltbild aus Abbildung 3.1 verwendet werden:

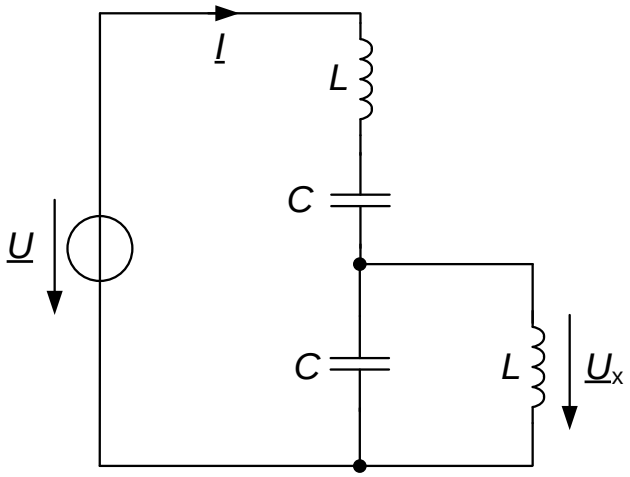


Abbildung 3.1: Ersatzschaltbild

Berechnen Sie alle Ergebnisse allgemein, ohne konkrete Zahlenwerte.

1. Leiten Sie die Impedanz $\underline{Z} = \underline{U}/\underline{I}$ der Schaltung in Abhängigkeit von L, C und ω her.
2. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für Spannungen und Ströme der Schaltung.
3. Leiten Sie die Spannung $\underline{U}_\mathrm{x}$ in Abhängigkeit von $\underline{U}$, C, L und ω her.
4. Geben Sie die Spannung $\underline{U}_\mathrm{x}$ an für den Fall $\omega = 1/\sqrt{LC}$.
5. Berechnen Sie den Strom $\underline{I}$ für den Fall $\omega = 1/\sqrt{LC}$.

Aufgabe 4: Ausgleichsvorgang **(20 Punkte)**

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 dargestellte Schaltung:

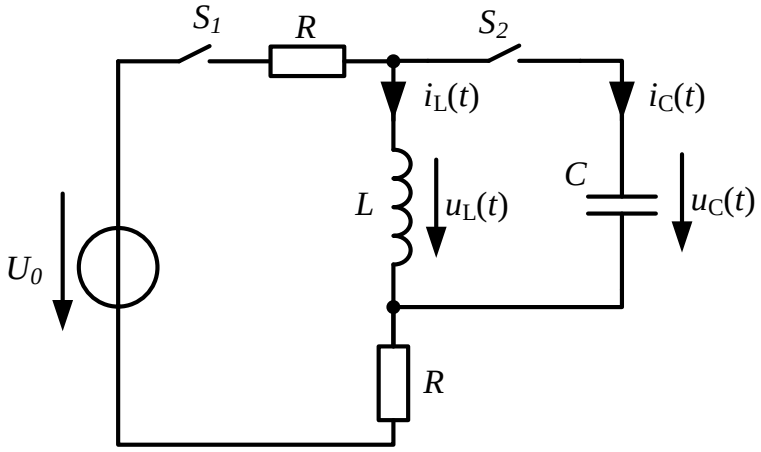


Abbildung 4.1: Schaltbild zu Aufgabe 4

Die Schalter S_1 und S_2 sind für $t \leq 0$ s geöffnet. Die Spule L sowie der Kondensator C sind vollständig entladen. Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter S_1 geschlossen. Der Schalter S_2 bleibt weiterhin geöffnet. U_0 ist eine Gleichspannung.

1. Geben Sie die Werte der Größen $i_\mathrm{L}(t = 0^-)$, $u_\mathrm{L}(t = 0^-)$ und $u_\mathrm{C}(t = 0^-)$ an und begründen Sie Ihre Antwort.

2. Geben Sie die Werte der Größen $i_\mathrm{L}(t = 0^+)$, $u_\mathrm{L}(t = 0^+)$ und $u_\mathrm{C}(t = 0^+)$ an und begründen Sie Ihre Antwort.

3. Leiten Sie die Differentialgleichung für den Strom $i_\mathrm{L}(t)$ her!

4. Lösen Sie die Differenzialgleichung. Wie groß ist die maßgebliche Zeitkonstante der Schaltung?

5. Skizzieren Sie den Spannungsverlauf $u_\mathrm{L}(t)$ sowie den Stromverlauf $i_\mathrm{L}(t)$ für $t \geq 0$. Kennzeichnen Sie in Ihrer Zeichnung die Zeitkonstante τ.

Zum Zeitpunkt $t = t_1$ wird der Schalter S_1 wieder geöffnet. Der Ausgleichsvorgang sei zu diesem Zeitpunkt vollständig abgeschlossen. Zeitgleich wird der Schalter S_2 geschlossen.

6. Geben Sie die Werte der Größen $i_\mathrm{L}(t = t_1^+)$ und $u_\mathrm{L}(t = t_1^+)$ sowie von $u_\mathrm{C}(t = t_1^+)$ und $i_\mathrm{C}(t = t_1^+)$ an und begründen Sie Ihre Antwort.

7. Leiten Sie die Differentialgleichung für $i_\mathrm{L}(t)$ für $t \geq t_1$ her.

8. Skizzieren Sie den Stromverlauf $i_\mathrm{L}(t)$ für $t \geq t_1 = 0$.

9. Liegt hier eine gedämpfte Schwingung vor? Begründen Sie!

Aufgabe 5: Magnetischer Kreis **(20 Punkte)**

In Abbildung 5.1 ist eine Spule dargestellt, die auf einen Eisenkern mit Luftspalt gewickelt ist. Die mittlere Länge im Eisen betrage $l_{\mathrm{Fe}} = 22$ cm und die Querschnittsfläche $A_{\mathrm{Fe}} = 44\,\mathrm{cm}^2$. In der Spule soll bei einer sinusförmigen Spannung von $U = 60\,\mathrm{V}$ und einer Frequenz von $f = 50\,\mathrm{Hz}$ ein Strom von $I = 0{,}75\,A$ fließen. Der Scheitelwert der magnetischen Flussdichte betrage $\hat{B} = 0{,}12$ T . Die relative Permeabilität im Eisen sei gegeben mit $\mu_{\mathrm{r,Fe}} = 4000$. Der Innenwiderstand der Spule sei zu vernachlässigen.

Hinweis: $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}\,\frac{\mathrm{Vs}}{\mathrm{Am}}$

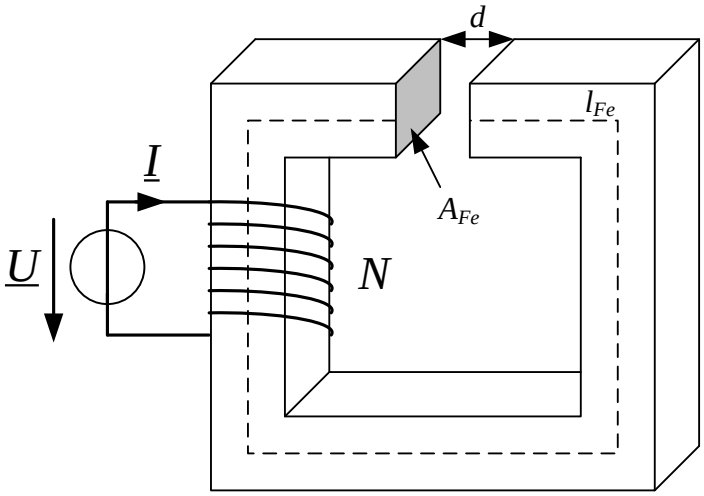


Abbildung 5.1: Magnetischer Kreis

1. Berechnen Sie die benötigte Induktivität in Abhängigkeit der angegebenen Strom- und Spannungswerte.
2. Geben Sie die Induktivität in Abhängigkeit von der gegebenen Luftspaltlänge d an.
3. Berechnen Sie die Reluktanz des Eisenkerns.

   Hinweis: Nehmen Sie für die Spannung $u(t) = \sqrt{2}U\sin(\omega t)$ an.
4. Leiten Sie die Formel für den Scheitelwert des Verkettungsflusses $\hat{\psi}$ her.
5. Berechnen Sie die Anzahl der benötigten Windungen.
6. Wie groß muss der Luftspalt gewählt werden, um den errechneten Induktivitätswert durch die Anordnung zu gewährleisten.