



# Grundlagen der Elektrotechnik B

06.10.2016

Name:					Matrikel-Nr.:			
Studiengang:					<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1	2	3	4	5	Tests	$\Sigma$	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 Studenausweis 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)**

In dieser Aufgabe soll ein fremderregter Gleichstrommotor untersucht werden. Bitte gehen Sie bei allen Aufgabenteilen vom eingeschwungenen Zustand aus. Folgende Parameter seien vorab über den Motor bekannt:

$$L_E = 10 \text{ mH} \quad N_E = 100$$

1. Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild des fremderregten Gleichstrommotors.
2. Zunächst sei der Motor blockiert ( $\omega = 0$ ). Eine Messung ergibt folgende Werte:

$$U_A = 6 \text{ V} \quad I_A = 10 \text{ A} \quad I_E = 3 \text{ A} \quad T = 0,024 \text{ Nm}$$

Beachten Sie für diesen Aufgabenteil außerdem den Bürstenspannungsabfall  $U_B$ , welcher jeweils 1 V beträgt. Bestimmen Sie den Ankerwiderstand  $R_A$ , die Koppelkonstante  $\Psi'_E$  und die Maschinenkonstante  $c_M$ .

$$\text{Hinweis: } \Psi'_E = c_M \phi_E$$

3. Im Folgenden kann sich der Motor drehen und eine mechanische Last wird angeschlossen. Der Spannungsabfall an den Bürsten kann von nun an vernachlässigt werden. Eine Messung ergibt folgende Werte:

$$U_A = 24 \text{ V} \quad I_A = 8 \text{ A} \quad U_E = 20 \text{ V} \quad I_E = 3 \text{ A}$$

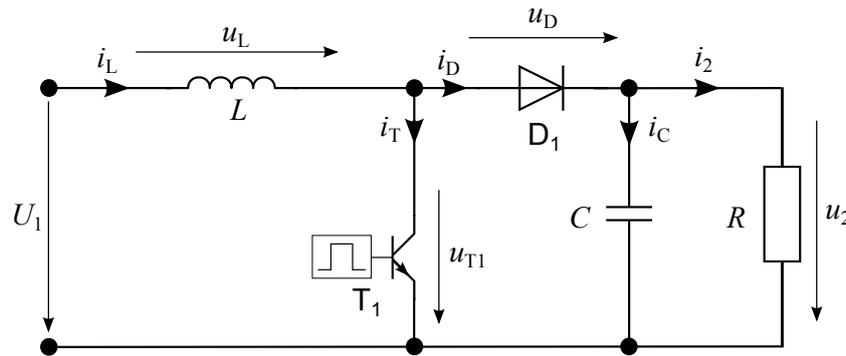
Berechnen Sie das Drehmoment und die Drehzahl in diesem Arbeitspunkt.

4. Berechnen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Motors für diesen Arbeitspunkt.
5. Bei welchem Ankerstrom ergibt sich der maximale Wirkungsgrad, wenn der Erregerstrom und die Drehzahl als konstant angenommen werden. Leiten Sie den Zusammenhang allgemein her und geben Sie den Ankerstrom für den Punkt des größten Wirkungsgrades an.

Hinweis: Berücksichtigen Sie die Abhängigkeit der Ankerspannung und des Drehmomentes vom Ankerstrom.

**Aufgabe 2: Gleichstromsteller**

**(20 Punkte)**



**Abbildung 2.1:** Gleichstromsteller

Mit Hilfe des abgebildeten Gleichstromstellers (Abbildung 2.1) wird aus einer konstanten Eingangsspannung  $U_1$  eine einstellbare Ausgangsspannung  $U_2$  erzeugt. Der Transistor  $T_1$  und die Diode  $D_1$  seien ideal. Die Schaltfrequenz betrage  $f_s = 40\text{kHz}$ . 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  $U_1$  und Tastverhältnis  $D$  her und geben Sie die Ausgangsspannung für ein Tastverhältnis von  $D = 0,75$  an.
3. Skizzieren Sie in Abbildung 2.2 für das Tastverhältnis  $D = 0,75$  folgende Verläufe:
  - Spulenspannung  $u_L(t)$
  - Spulenstrom  $i_L(t)$  (Es gelte  $i_L(t = 0) = i_{L,min}$ )
  - In der Spule gespeicherte Energie  $w_L(t)$
  - Transistorstrom  $i_T(t)$
4. Skizzieren Sie die Funktion aus Teilaufgabe 2 in Abhängigkeit des Tastverhältnisses.

**In den folgenden Teilaufgaben sei die Eingangsspannung  $U_1 = 12\text{V}$**

5. Geben Sie die minimal mögliche Ausgangsspannung  $U_2$  der Schaltung an!
6. Für das Tastverhältnis  $D = 0,5$  soll die Stromschwankung maximal  $\Delta i_L = i_{L,max} - i_{L,min} = 500\text{mA}$  betragen. Berechnen Sie die hierfür notwendige Induktivität  $L$ .
7. Wie groß muss die Induktivität gewählt werden, damit der Gleichstromsteller bei einem Tastverhältnis von  $D = 0,75$  und einem Lastwiderstand von  $480\ \Omega$  genau an der Lückgrenze (d.h.  $i_{L,min} = 0\text{A}$ ) betrieben wird.

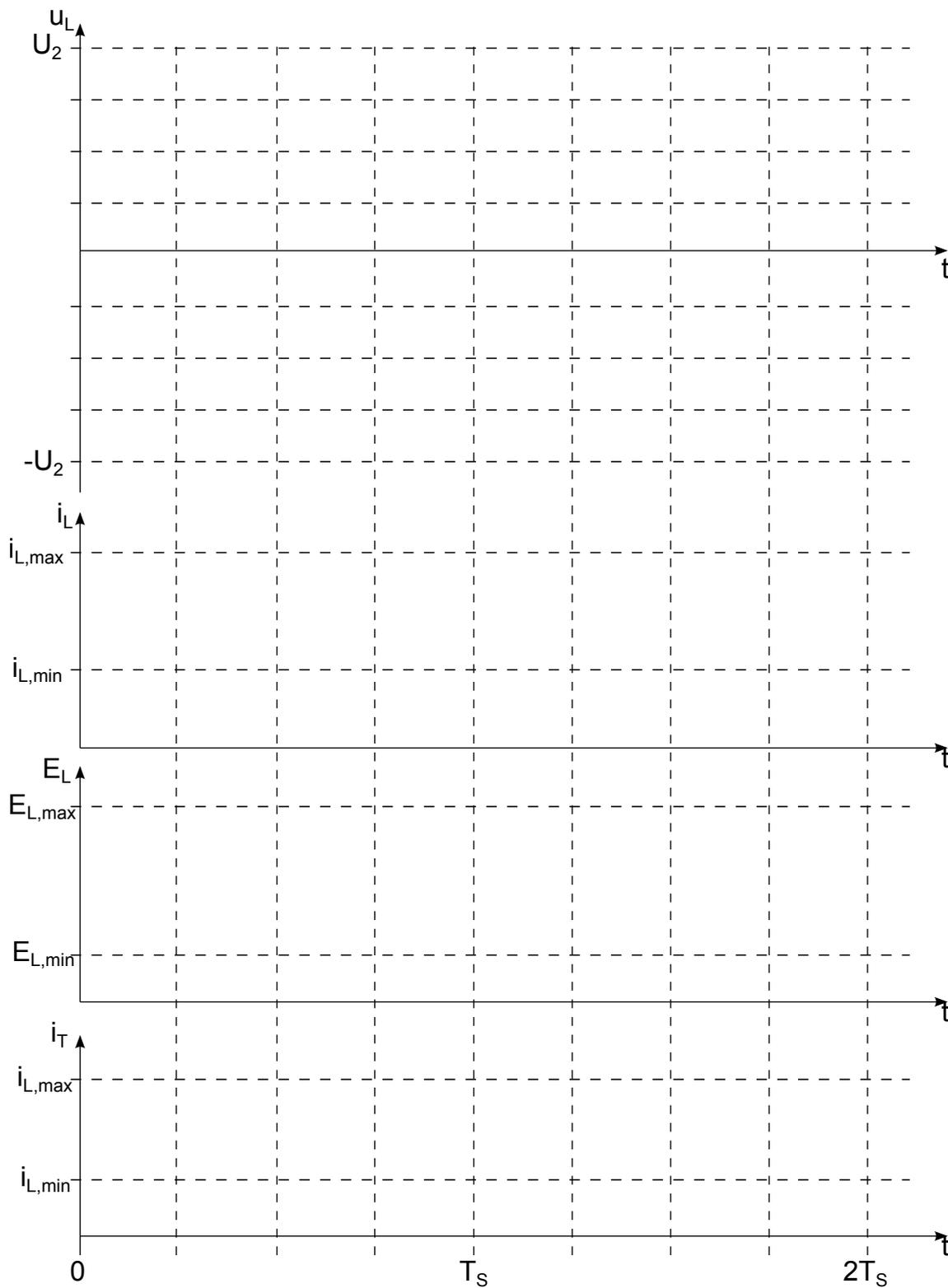
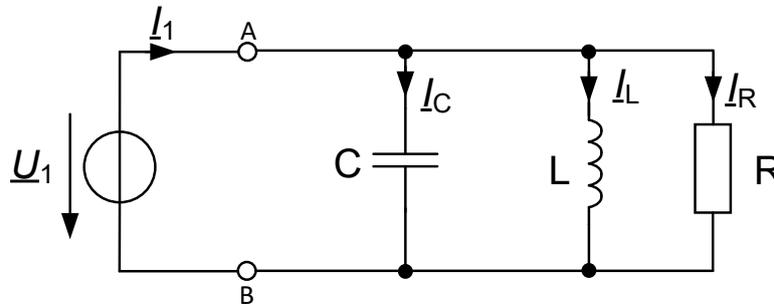


Abbildung 2.2: Verlauf von  $u_L(t)$ ,  $i_L(t)$ ,  $E_L(t)$  und  $i_T(t)$

**Aufgabe 3: Komplexe Wechselstromrechnung**

**(20 Punkte)**

Gegeben sei ein System bestehend aus Einspeisung, Erdkabel und Last, welches vereinfacht durch das folgende elektrische Ersatzschaltbild beschrieben werden kann.



**Abbildung 3.1:** Ersatzschaltbild mit komplexen Zeigern

Die darin aufgeführten Größen haben folgende Werte:

$$\underline{U}_1 = 230 \text{ V}, C = 12 \text{ mF}, L = 1 \text{ mH}, R = 10 \text{ } \Omega$$

$\underline{U}_1$  repräsentiert eine sinusförmige Spannung mit einer Frequenz von 50 Hz.

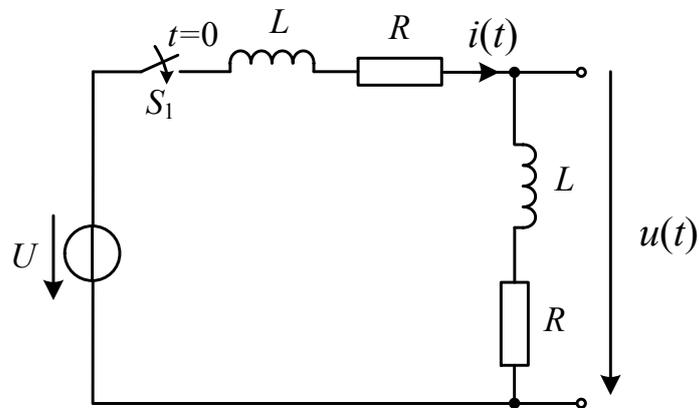
1. Leiten Sie die Admittanz (komplexer Leitwert)  $\underline{Y}$  der Schaltung zwischen den Klemmen A und B in Abhängigkeit von  $R, L, C$  und  $\omega$  her. Stellen Sie das Ergebnis in arithmetischer Form dar.
2. Berechnen Sie die Admittanz  $\underline{Y}$  als Zahlenwert. Geben Sie das Ergebnis in arithmetischer Form und in Exponentialform an.
3. Berechnen Sie den komplexen Leistungszeiger  $\underline{S}$ , die Wirkleistung  $P$  und die Blindleistung  $Q$  der Schaltung.
4. Zeichnen Sie den Leistungszeiger  $\underline{S}$  in die gaußsche Zahlenebene ein. Verwenden Sie dabei den Maßstab  $5 \text{ kVA} \hat{=} 1 \text{ cm}$ .
5. Sie wollen nun die Blindleistungsaufnahme des Netzwerks minimieren, dazu fügen Sie ein Bauteil zwischen den Klemmen A und B ein. Welches Bauteil verwenden Sie und welcher Wert wird für die minimale Blindleistungsaufnahme benötigt?
6. Stellen Sie die komplexe Übertragungsfunktion  $\underline{H}(j\omega) = \frac{I_R}{I_1}$  allgemein in Abhängigkeit der Bauteilparameter auf. Geben Sie das Ergebnis nach Real- und Imaginärteil getrennt an. Verwenden Sie für diese Aufgabe nur das Ersatzschaltbild aus Abbildung 3.1, ohne die Kompensation aus Aufgabenteil 5.

Hinweis: Punkt 6 kann unabhängig von den vorherigen Aufgaben gelöst werden.

**Aufgabe 4: Ausgleichsvorgang**

**(20 Punkte)**

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 dargestellte Schaltung:



**Abbildung 4.1:** Schaltbild zu Aufgabe 4

Der Schalter  $S_1$  werde zum Zeitpunkt  $t = 0$  geschlossen.

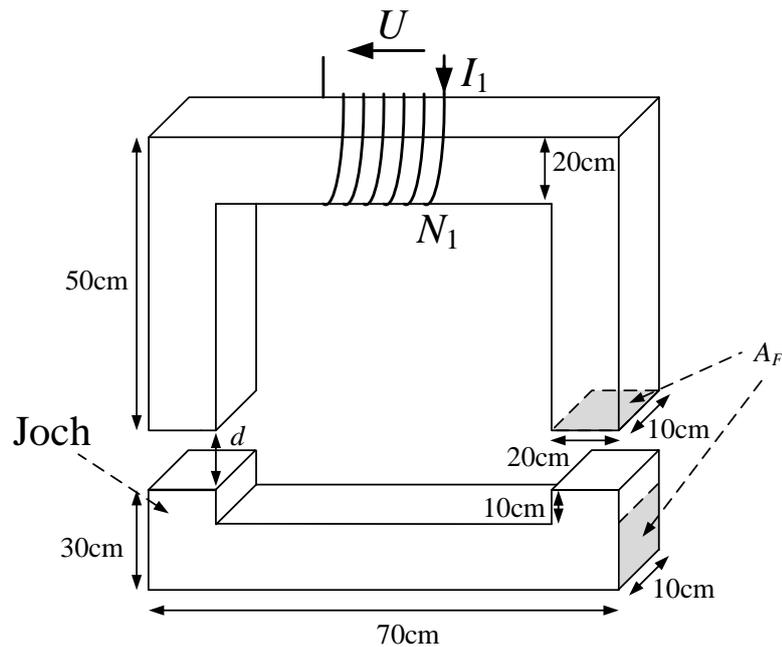
1. Wie groß ist der Strom  $i(t)$  unmittelbar nach Schließen des Schalters  $S_1$ ?
2. Stellen Sie die Differentialgleichung für den Strom  $i(t)$  auf!
3. Lösen Sie die Differentialgleichung für den Strom  $i(t)$ !
4. Skizzieren Sie den Stromverlauf  $i(t)$ !
5. Berechnen Sie den Spannungsverlauf  $u(t)$ !

**Aufgabe 5: Magnetischer Kreis**

**(20 Punkte)**

Gegeben sei das in Abbildung 5.1 dargestellte Magnetlager bestehend aus einem Eisenkern und einem Joch, welcher ebenfalls aus Eisen besteht ( $\mu_{r,Fe} = 4000$ ). Die Abmessungen der Anordnung können der Grafik entnommen werden. Die Anzahl der Windungen betrage  $N_1 = 250$  und durch die Wicklung fließe ein Gleichstrom von  $I_1 = 2,5 A$ . Die Länge des Luftspaltes  $d$  betrage 2 mm.

Hinweis: Achten Sie auf den Wicklungssinn!  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$ ;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$



**Abbildung 5.1:** Magnetischer Kreis 1

1. Zeichnen Sie in Abbildung 5.1 den Verlauf des magnetischen Flusses  $\phi$  (mit Zählrichtung) ein und berechnen Sie die effektive Magnetfeldlinienlänge durch das Eisen.
2. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises. Achten Sie darauf, dass Ihre Zählrichtungen konsistent zur Abbildung 5.1 und zum ersten Aufgabenteil sind.
3. Bestimmen Sie den magnetischen Widerstand der Anordnung sowie die Induktivität.
4. Berechnen Sie den magnetischen Fluss  $\phi_L$  sowie die magnetische Flussdichte  $B_L$  im Luftspalt vorzeichengerecht entsprechend der von Ihnen gewählten Zählrichtung.

**Nehmen Sie ab jetzt an:**  $\mu_r \rightarrow \infty$

5. Berechnen Sie nun den magnetischen Fluss  $\phi_L$  sowie die magnetische Flussdichte  $B_L$  im Luftspalt.
6. Welche Masse  $m$  kann das Joch maximal besitzen, damit es bei gegebenen Bedingungen von dem Eisenkern getragen werden kann?