

Grundlagen der Elektrotechnik B

16.03.2011

Name:				Matrikel-Nr.:			
Studiengang:				☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis			
Aufgabe:	1 (23 Pkt.)	2 (25 Pkt.)	3 (22 Pkt.)	4 (19 Pkt.)	5 (21 Pkt.)	Σ (110 Pkt.)	Note

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

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!

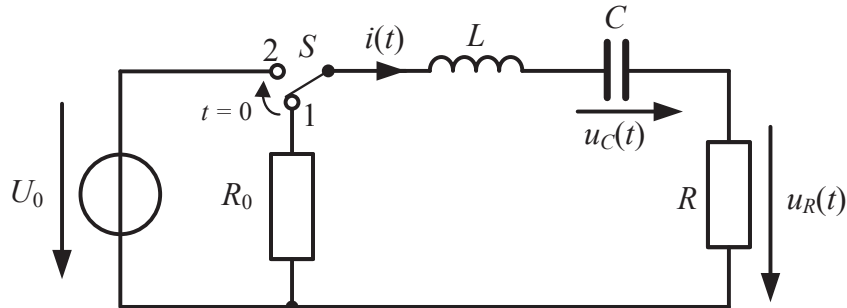
Bitte beschriften Sie jeden Klausurbogen mit Ihrem Namen und Ihrer Matrikelnummer. Benutzen Sie für jede Aufgabe einen neuen Klausurbogen. Bitte verwenden Sie keine Bleistifte und keine roten Stifte.

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

Viel Erfolg!

Aufgabe 1: Schwingkreis**(23 Punkte)**

Gegeben sei folgende Schaltung:



Es gelten folgende Zahlenwerte: $U_0 = 20 \text{ V}$, $C = 100 \text{ nF}$, $L = 40 \text{ }\mu\text{H}$.

Vor dem Zeitpunkt $t = 0$ befinde sich der Schalter S in Stellung 1 und die Schaltung sei im stationären Zustand.

1. Geben Sie die Werte folgender Größen an (mit Begründung):

- Strom $i(t = 0^-)$
- Spannung über dem Kondensator $u_C(t = 0^-)$
- Spannung über dem Widerstand $u_R(t = 0^-)$

Der Schalter werde nun zum Zeitpunkt $t = 0$ in Stellung 2 umgelegt.

2. Geben Sie die Werte folgender Größen direkt nach dem Schaltvorgang an (mit Begründung):

- Strom $i(t = 0^+)$
- Spannung über dem Kondensator $u_C(t = 0^+)$
- Spannung über dem Widerstand $u_R(t = 0^+)$

3. Stellen Sie die Differenzialgleichung für die Kondensatorspannung $u_C(t)$ für Zeiten $t > 0$ auf.

4. Leiten Sie über den Exponentialansatz die charakteristische Gleichung her und bestimmen Sie Dämpfungsgrad d und die Kennkreisfrequenz ω_0 in Abhängigkeit von R , L und C .

5. Wie groß muss der Dämpfungsgrad d und der Widerstand R mindestens gewählt werden, damit die Kondensatorspannung $u_C(t)$ während des Ausgleichsvorgangs kein Überschwingen auftreten?

Der Widerstand R hat einen Wert von $10 \text{ }\Omega$.

6. Bestimmen Sie den Zeitpunkt, zu dem die Kondensatorspannung $u_C(t)$ den Maximalwert $\hat{u}_C$ auftritt.

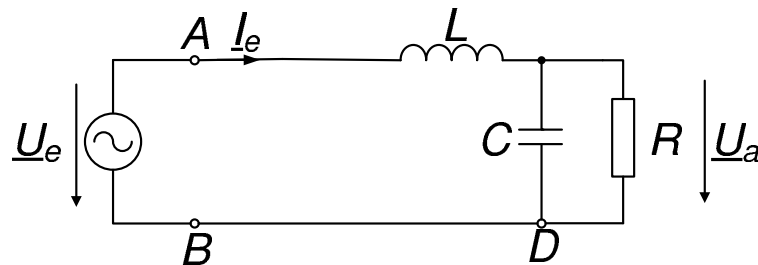
7. Bestimmen Sie die Werte folgender Größen, wenn die Schaltung den stationären Zustand erreicht hat:

- Strom $i(t = \infty)$
- Spannung über dem Kondensator $u_C(t = \infty)$

Aufgabe 2: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung

(25 Punkte)

Gegeben sei folgendes Netzwerk:



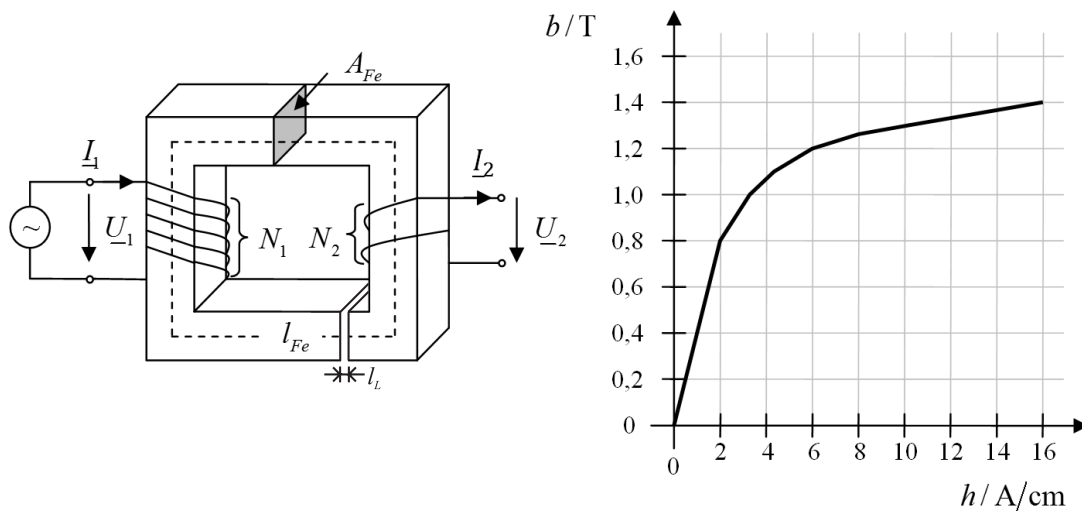
Werte:

$$\begin{aligned} U_e &= 230 \text{ V}; & f &= 50 \text{ Hz}; & \omega &= 2\pi f; \\ R &= 10 \text{ } \Omega; & L &= 50 \text{ mH}; & C &= 100 \text{ } \mu\text{F} \end{aligned}$$

1. Stellen Sie die Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e}$ auf und bringen Sie diese auf die Form $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\frac{2d}{\omega_0}\omega - \frac{1}{\omega_0^2}\omega^2}$. Bestimmen Sie anschließend durch Koeffizientenvergleich den Verstärkungsfaktor H_0 , den Dämpfungsgrad d und die Kennkreisfrequenz ω_0 .
2. Bestimmen Sie die Gesamtimpedanz $\underline{Z}$ zwischen den Klemmen A und B in Abhängigkeit von R , L , C und ω in allgemeiner Form. Stellen Sie die Impedanz $\underline{Z}$ in der arithmetischen Form ($\underline{Z} = R + jX$) dar.
3. Berechnen Sie den Zahlenwert der Impedanz $\underline{Z}$ und stellen Sie diesen nach Betrag und Phase ($\underline{Z} = |\underline{Z}| \cdot e^{j\varphi}$) dar.
4. Bestimmen Sie den Gesamtstrom $\underline{I}_e$ und den Phasenwinkel $\varphi = \angle \underline{U}_e - \angle \underline{I}_e$ zwischen der angelegten Spannung $\underline{U}_e$ und dem Gesamtstrom $\underline{I}_e$.
5. Wie groß sind die dabei aufgenommene Schein-, Wirk- und Blindleistung S , P und Q des Netzwerks? Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm der Leistungen.

Die Blindleistung des Gesamtsystems soll nun durch ein zwischen B und D (statt der direkten Verbindung) verschaltetes Bauelement so kompensiert werden, dass ein Gesamtleistungsfaktor von $\cos(\varphi) = 1,0$ erreicht wird.

6. Welches Bauteil ist dafür zu wählen? Dimensionieren Sie das Kompensationsbauelement.

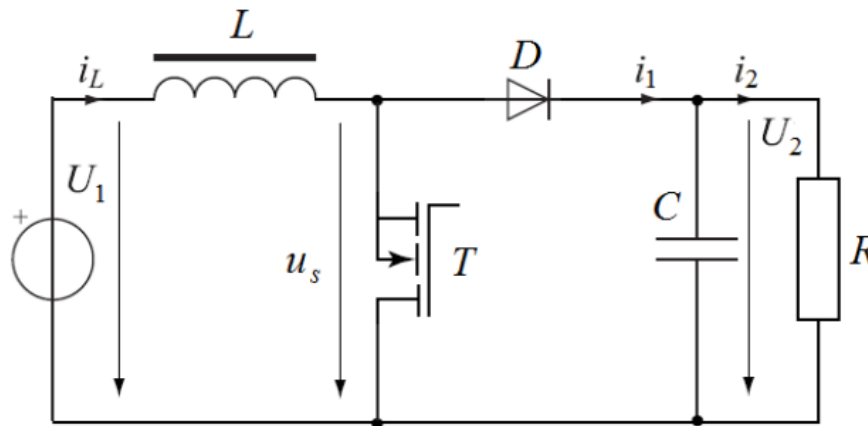
Aufgabe 3: Transformator mit ohmscher Last
(22 Punkte)


Eine ohmsche Last soll an einem Transformator sekundärseitig betrieben werden. Der Widerstand betrage $R = 12 \, \Omega$. Die Sekundärspannung sei $U_2 = 24 \, \text{V}$. Die Netzspannung betrage $U_1 = 230 \, \text{V}$ mit $f = 50 \, \text{Hz}$. Der Transformator habe einen Eisen-Kernquerschnitt von $A_{Fe} = 5 \, \text{cm}^2$ und eine mittlere Eisenlänge von $l_{Fe} = 20 \, \text{cm}$. Der Kern habe einen Luftspalt mit $l_L = 1 \, \text{mm}$. Die primärseitige Windungszahl betrage $N_1 = 5000$. Streuungen von Primär- und Sekundärwicklung seien vernachlässigbar.

1. Bestimmen Sie die Windungszahl N_2 .
2. Bestimmen Sie die relative Permeabilität μ_r des Kernmaterials mit der oben dargestellten Materialkennlinie für kleine magnetische Feldstärken ($H < 2 \, \text{A/cm}$).
3. Bestimmen Sie die maximale magnetische Flussdichte $\hat{B}$, die beim Betrieb auftritt.

Nehmen Sie für die folgenden Aufgabenteile an, dass der Eisenkern im linearen Bereich der Magnetisierungskennlinie betrieben wird.

4. Bestimmen Sie den magnetischen Widerstand des Eisenkerns R_{Fe} , den magnetischen Widerstand des Luftspalts R_L sowie den gesamten magnetischen Widerstand R_{magn} .
5. Bestimmen Sie die primärseitige Hauptinduktivität L_1 .
6. Bestimmen Sie den primärseitigen Magnetisierungsstrom I_{magn} .
7. Bestimmen Sie den Primärstrom I_1 .

Aufgabe 4: Gleichstromsteller
(19 Punkte)

Abbildung 4.1: Gleichstromsteller

Um ein mobiles Kfz-Navigationsgerät, welches für eine Versorgungsspannung von $U_2 = 12 \text{ V}$ DC ausgelegt ist, an einer Batterie mit einer Spannung von nur $U_1 = 3 \text{ V}$ DC zu betreiben, wird ein Hochsetzsteller eingesetzt. Seine Nennleistung betrage $P_{Nenn} = 30 \text{ W}$. Die Induktivität sei $L = 15 \text{ } \mu\text{F}$. Alle Bauelemente seien ideal, die Ausgangsspannung $u_2 = U_2$ sei durch einen großen Kondensator ideal geglättet.

1. Zeichnen Sie die Ersatzschaltbilder für die beiden Schaltzustände des Hochsetzstellers.
2. Wie ist das Tastverhältnis einzustellen, damit bei einer Eingangsspannung $U_1 = 3 \text{ V}$ eine Ausgangsspannung von $U_2 = 12 \text{ V}$ erzeugt wird?
3. Wie groß ist der Strom I_1 bei Nennleistung?
4. Welche Schaltfrequenz $f_s = 1/T_s$ ist einzustellen, damit der Stromspitzenwert an der Induktivität $i_{L_{max}} = 13 \text{ A}$ beträgt?
5. Zeichnen Sie den Spannungsverlauf von $u_s(t)$ zusammen mit U_1 in Abbildung 4.2 ein. Markieren Sie dabei die Zeitabschnitte T_e und T_a an der Zeitachse.
6. Zeichnen Sie den Verlauf des Spulenstromes $i_L(t)$ in Abbildung 4.2 ein. Markieren Sie dabei I_1 .
7. Nun wird die Ausgangsspannung über das Tastverhältnis verändert. Bei welchem Tastverhältnis D wird die Stromschwankungsbreite maximal?
8. Skizzieren Sie den Verlauf der Stromschwankung Δi_L in Abhängigkeit des Tastverhältnisses D in Abbildung 4.3.

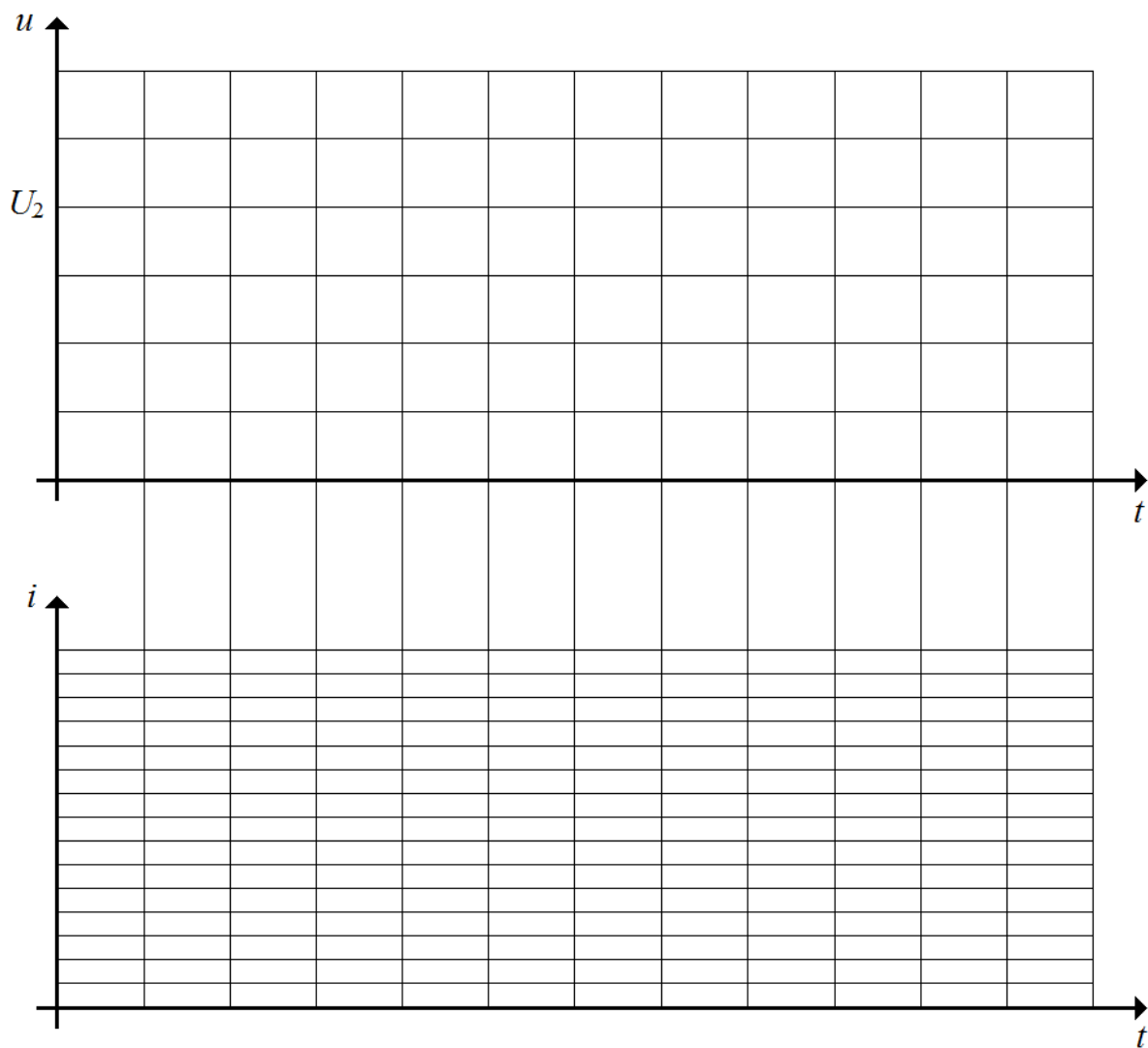


Abbildung 4.2: Diagramm 1

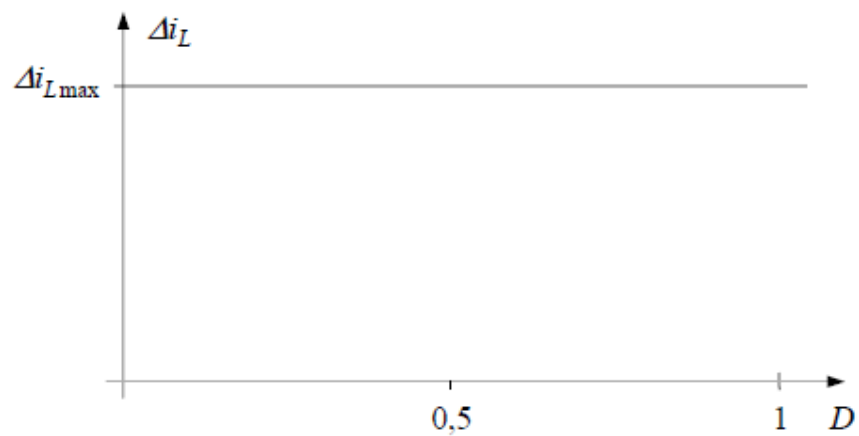


Abbildung 4.3: Diagramm 2

Aufgabe 5: Gleichstrommaschine

(21 Punkte)

Eine fremderregte Gleichstrommaschine soll nach langer Standzeit wieder in Betrieb genommen werden. Leider sind keine genaueren Daten der Maschine mehr vorhanden. Es liegt lediglich ein Drehzahl-Drehmoment Diagramm mit zwei aufgenommenen Kennlinien vor.

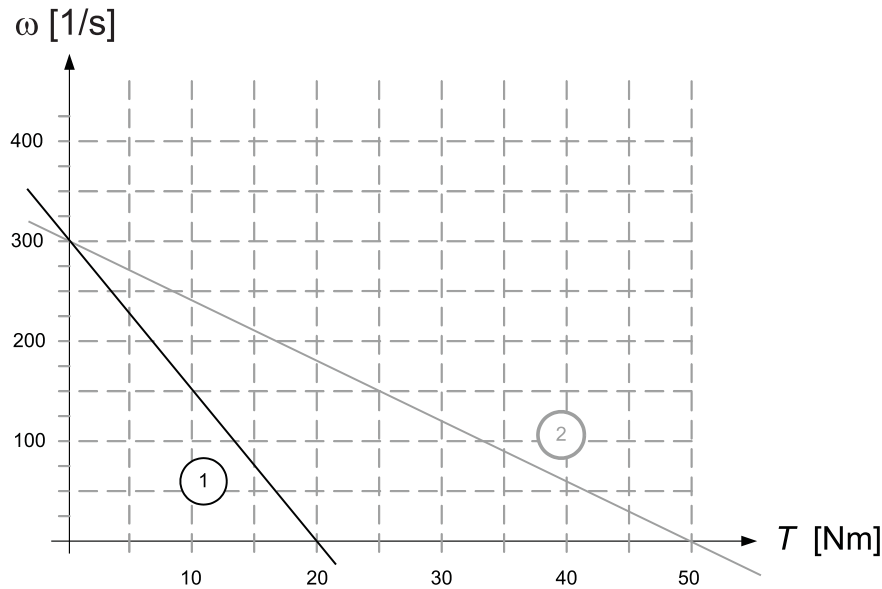


Abbildung 5.1: Drehzahl-Drehmoment Kennlinien

Des Weiteren konnten folgende Werte durch Untersuchungen an der Maschine ermittelt werden:

Ankerwiderstand R_A	1,5 Ω
Erregerwiderstand R_E	2,0 Ω
Zeitkonstante des Erregerkreises τ_E	0,04 s

- Im obigen Diagramm ist die Kennlinie der Maschine einmal mit und einmal ohne Vorwiderstand eingezeichnet. Ordnen Sie die Kennlinien 1 und 2 den beiden Konfigurationen (mit Vorwiderstand/ohne Vorwiderstand) zu und begründen Sie kurz Ihre Entscheidung.
- Der Widerstand der Ankerwicklung R_A wurde zu 1,5 Ω gemessen. Ermitteln Sie zunächst über charakteristische Punkte der relevanten Kennlinie den wirksamen Erregerfluss Ψ'_E und berechnen Sie daraus die Ankernennspannung U_{AN} .
- Berechnen Sie den Anlaufstrom I_{A1} .
- Mit einem Vorwiderstand R_V wurde der Anlaufstrom I_{A1} auf das Zweifache des Ankernennstroms I_{AN} begrenzt. Wie groß sind der damals gewählte Vorwiderstand R_V und der Ankernennstrom I_{AN} ?
- Wie groß sind die Nennwinkelgeschwindigkeit ω_N und das Nenndrehmoment T_N der Maschine? Tragen Sie den Nennarbeitspunkt in oben stehendes Diagramm ein.

6. Beim Umschalten einer Gleichspannung auf den stromfreien Erregerkreis konnte aus dem aufgezeichneten Stromanstieg eine Zeitkonstante τ_E von 0,04 s abgelesen werden. Die wirksame Erregerinduktivität L'_E kann dreimal kleiner angenommen werden als die reale Erregerinduktivität L_E . Berechnen Sie die Erregernennspannung U_{EN} , die an den Erregerkreis angelegt werden muss, damit sich der wirksame Erregerfluss Ψ'_E einstellt.
7. Berechnen Sie die mechanische Nennleistung P_{mN} , die elektrische Nennleistung P_{elN} und den Nennwirkungsgrad η_N .