



Grundlagen der Elektrotechnik B

01.04.2015

Name:					Matrikel-Nr.:			
Studiengang:					<input type="checkbox"/> Fachprüfung <input type="checkbox"/> 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:

- Sie können nur dann an der Klausur teilnehmen, wenn Sie sich im System PAUL angemeldet haben. Falls Sie trotz fehlender Anmeldung diese Klausur mitschreiben, wird das Ergebnis nicht gewertet.
- 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)

Gegeben sei ein Reihenschlussmotor, der an eine mechanische Last angeschlossen ist. In allen Aufgabenteilen können die Bürstenspannungen vernachlässigt werden. Achten Sie in den Aufgabenteilen auf die unterschiedlichen Schalterstellungen der Vorwiderstände.

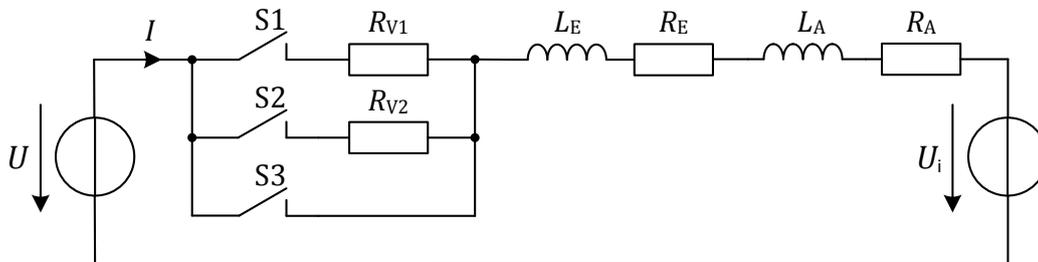


Abbildung 1.1: Ersatzschaltbild des Reihenschlussmotors mit Vorwiderstandsnetzwerk

Folgende Parameter seien über den Motor bekannt:

$$\begin{array}{llll}
 U = 48 \text{ V} & c_M = 40 & R_A = 0,8 \, \Omega & R_E = 1,2 \, \Omega \\
 L_A = 40 \text{ mH} & L_E = 220 \text{ mH} & N_E = 25 & I_N = 10 \text{ A}
 \end{array}$$

1. Geben Sie allgemein an, wie der Strom I und das Drehmoment T im **stationären Betriebsfall** bestimmt werden können, wenn von dem Motor nur die oben angegebenen Werte, der Vorwiderstand R_{V1} und die Winkelgeschwindigkeit ω bekannt sind (S1 geschlossen, S2 und S3 offen).
2. Bestimmen Sie den Wirkungsgrad des Motors, wenn sich im stationären Betriebsfall eine Drehzahl von $n = 400 \text{ min}^{-1}$ eingestellt hat und S3 dabei geschlossen ist.

Im Folgenden werde ein Anlaufvorgang aus dem Stillstand ($n = 0$) durchgeführt. Vernachlässigen Sie die Drehzahländerungen während der elektrischen Ausgleichvorgänge, so dass Sie stationäre Rechnung anwenden können (die folgenden Aufgabenteile können unabhängig von den Aufgabenteilen 1 und 2 gerechnet werden).

3. Bestimmen Sie den Vorwiderstand R_{V1} so, dass nach dem Schließen von S1 der Anlaufstrom $I = 1,3 I_N$ erreicht (S2 und S3 offen).
4. Im Anlaufvorgang erhöht sich nun die Drehzahl des Motors. Dabei verringert sich der Strom I . Sobald der Strom $I = I_N$ erreicht, soll ebenfalls S2 geschlossen werden. Wie muss der Widerstand R_{V2} gewählt werden, damit sich der Strom beim Zuschalten von R_{V2} erneut auf $I = 1,3 I_N$ einstellt? (S1 geschlossen, S3 offen).

Hinweise: $L'_E = c_M \frac{L_E}{N_E}$ $U_i = c_M \Phi_E \omega$ $T = L'_E i_E i_A$

Aufgabe 2: Gleichstromsteller

(20 Punkte)

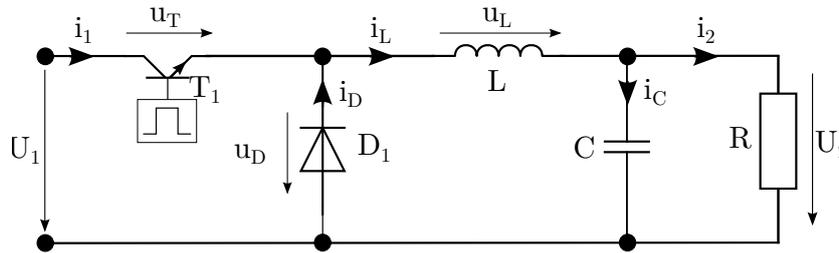


Abbildung 2.1: Schaltung des Gleichstromstellers

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 $f_s = 25 \text{ kHz}$. 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.

1. Um welchen Typ eines Gleichstromstellers handelt es sich?
2. Skizzieren Sie in Abbildung 2.2 für das Tastverhältnis $D = 0,25$ folgende Verläufe:
 - Spulenspannung $u_L(t)$
 - Spulenstrom $i_L(t)$ (Es gelte $i_L(t = 0) = i_{L,min}$)
 - In der Spule gespeicherte Energie $w_L(t)$
 - Kondensatorstrom $i_C(t)$
3. Leiten Sie die Funktion der Stromschwankung $\Delta i_L = i_{L,max} - i_{L,min}$ in Abhängigkeit von Eingangsspannung U_1 , Tastverhältnis D , Periodendauer T und Induktivität L her.

In den folgenden Teilaufgaben sei die Eingangsspannung $U_1 = 6 \text{ V}$

4. Stellen Sie die Funktion aus Teilaufgabe 3 in Abhängigkeit des Tastverhältnisses grafisch dar.
5. Geben Sie die maximal mögliche Ausgangsspannung U_2 der Schaltung an.
6. Die Stromschwankung der Schaltung soll bei beliebigem Tastverhältnis maximal $\Delta i_L = 600 \text{ mA}$ betragen. Berechnen Sie die hierfür notwendige Induktivität L .
7. Wie groß muss der Lastwiderstand R gewählt werden, damit der Gleichstromsteller bei einem Tastverhältnis von $D = 0,25$ und mit einer Induktivität von $L = 1 \text{ mH}$ genau an der Lückgrenze (d.h. $i_{L,min} = 0 \text{ A}$) betrieben wird?

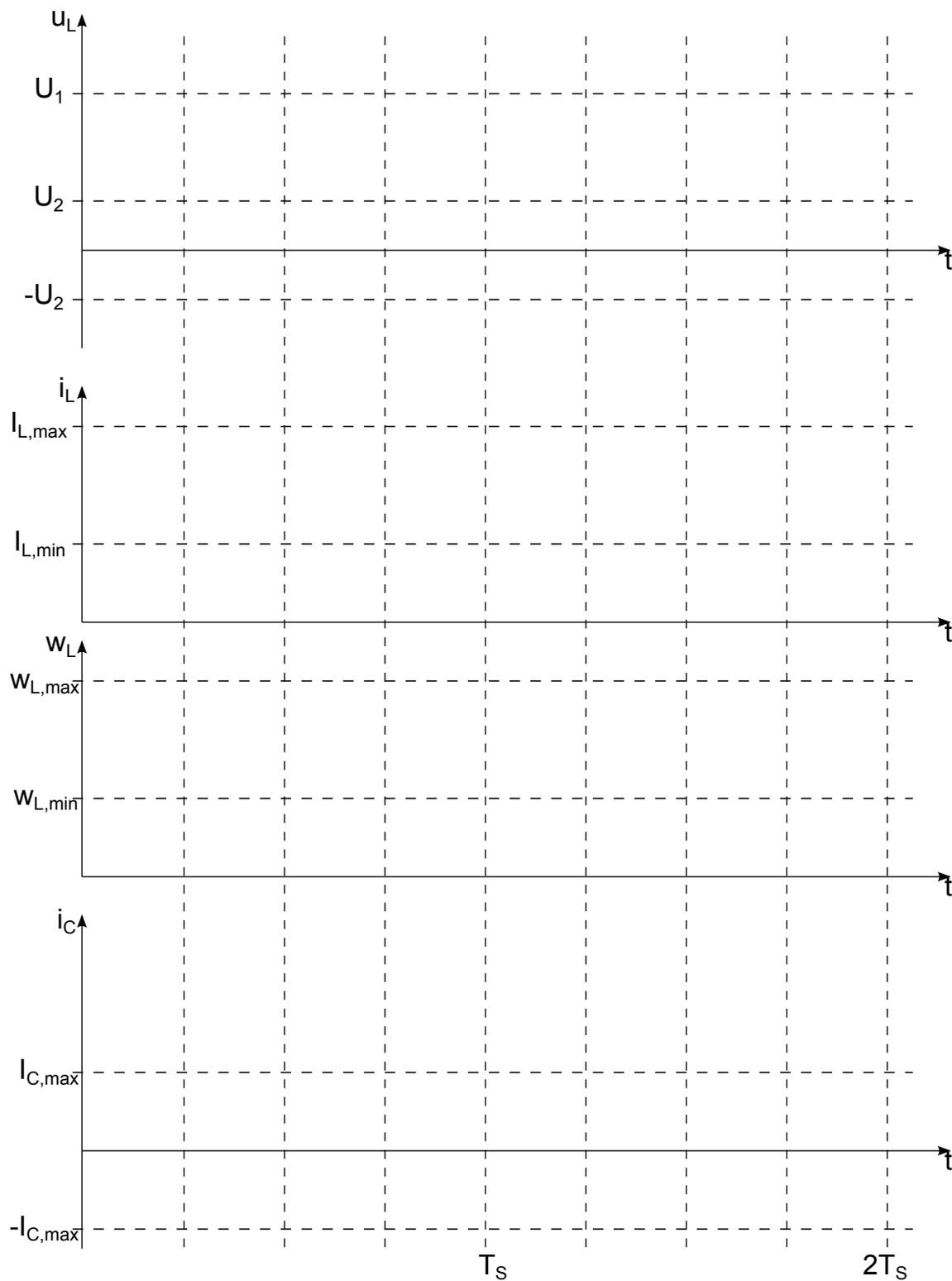


Abbildung 2.2: Verlauf von $u_L(t)$, $i_L(t)$, $w_L(t)$ und $i_C(t)$

Aufgabe 3: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung

(20 Punkte)

Gegeben sei ein Serienschwingkreis mit den Bauelementen R , L und C . Eingangsseitig wird die Schaltung mit einer Wechselspannung ($U_e = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) versorgt. Am Ausgang der Schaltung wird eine Spannung von $U_a = 212,35 \text{ V}$ gemessen. Die genaue Anordnung sowie die Werte der drei Bauelemente in Abbildung 3.1 sind unbekannt.

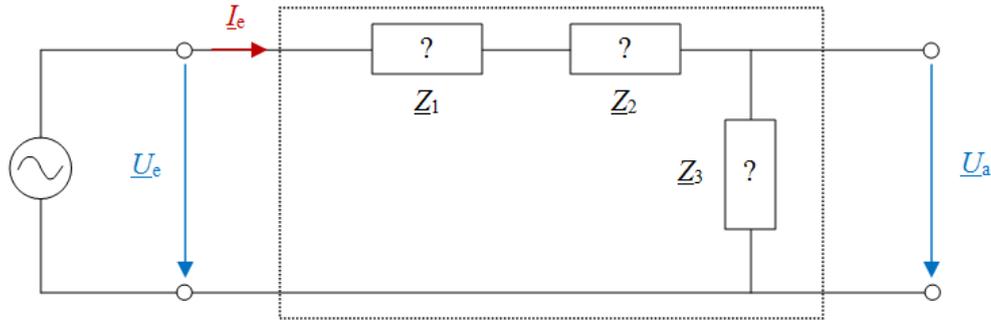


Abbildung 3.1: Serienschwingkreis mit unbekannter Anordnung der Bauelemente

Der Eingangsstrom I_e beträgt $42,47 \text{ A}$. Zusätzlich wurden noch der Amplituden- sowie der Phasengang der Übertragungsfunktion $\underline{G}(j\omega) = \frac{U_a}{U_e}$ aufgenommen:

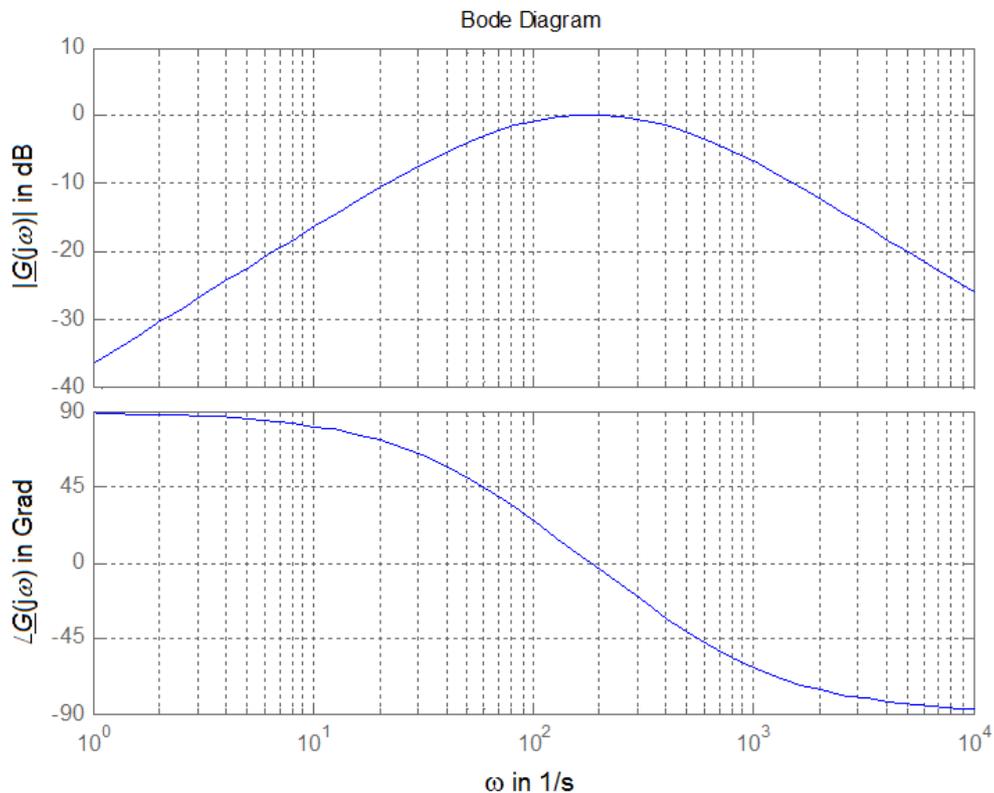


Abbildung 3.2: Bode-Diagramm der Übertragungsfunktion $\underline{G}(j\omega)$

- Überlegen Sie anhand des gegebenen Bode-Diagramms, hinter welcher Impedanz sich der Widerstand R verbirgt. Stellen Sie hierzu alle drei möglichen Übertragungsfunktionen $\underline{G}(s) = \frac{U_a(s)}{U_e(s)}$ auf und begründen Sie anhand einer einfacher Analyse für charakteristische

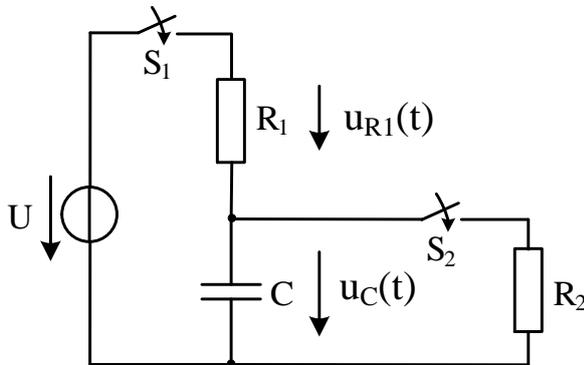
Kreisfrequenzen, welche der drei von Ihnen aufgestellten Übertragungsfunktionen zum gegebenen Bode-Diagramm passt.

2. Welchen Wert besitzt der Widerstand R ?
3. Berechnen Sie die von der Schaltung aufgenommene Scheinleistung S , Wirkleistung P und Blindleistung Q .
4. Ermitteln Sie mit Hilfe der Formeln für die Blindleistung Q und der Resonanzkreisfrequenz ω_0 die Zahlenwerte für die Induktivität L und den Kondensator C . Der Wert für die Resonanzkreisfrequenz kann dem Bode-Diagramm entnommen werden.
5. Konstruieren Sie das Zeigerdiagramm mit allen relevanten Spannungs- und Stromzeigern für den betrachteten Betriebspunkt. Zu verwendende Maßstäbe: $50\text{V} \hat{=} 1\text{cm}$; $5\text{A} \hat{=} 1\text{cm}$.
6. Der Serienschwingkreis soll nun eine Wirkleistung von $P = 5000\text{W}$ aufnehmen. Auf welchen Wert muss dazu die Frequenz f der speisenden Wechselspannungsquelle erhöht werden bei gleichbleibender Spannung? Ermitteln Sie zunächst rechnerisch den neuen Phasenwinkel von $\underline{G}(j\omega)$ und anschließend graphisch die dazugehörige Kreisfrequenz ω aus dem Bode-Diagramm.

Aufgabe 4: Ausgleichsvorgang

(20 Punkte)

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 dargestellte Schaltung:



$$R_1 = R_2 = R$$

$$\tau_1 = RC$$

$$\tau_2 = \frac{R}{2}C$$

Abbildung 4.1: Schaltbild zu Aufgabe 4

Der Schalter S_1 werde zum Zeitpunkt $t = 0$ geschlossen. Zu diesem Zeitpunkt sei keine Energie in dem Kondensator gespeichert. Der Schalter S_2 sei geöffnet.

1. Wie groß ist der Anfangswert der Spannung $u_C(t = 0^+)$?
2. Wie groß ist der Endwert des Spannung $u_C(t \rightarrow \infty)$?
3. Geben Sie den Spannungsverlauf $u_C(t)$ an und skizzieren Sie den Verlauf!

Nach einer langen Zeit τ ist der Kondensator elektrisch aufgeladen und die anliegende Spannung beträgt U . Nun wird der Schalter S_2 geschlossen. Nutzen Sie für alle weiteren Berechnungen und Darstellungen die Zeitverschiebung $t' = t - \tau$.

4. Wie groß ist der Anfangswert der Spannung $u_{R1}(t' = 0^+)$?
5. Wie groß ist der Endwert des Spannung $u_{R1}(t' \rightarrow \infty)$?
6. Geben Sie den Spannungsverlauf $u_{R1}(t')$ an und skizzieren Sie den Verlauf!

Aufgabe 5: Stromkompensierende Drossel

(20 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 5.1 dargestellte magnetische Kreis. Die Streuung des magnetischen Flusses kann vernachlässigt werden.

Hinweis: Achten Sie auf den Wicklungssinn!

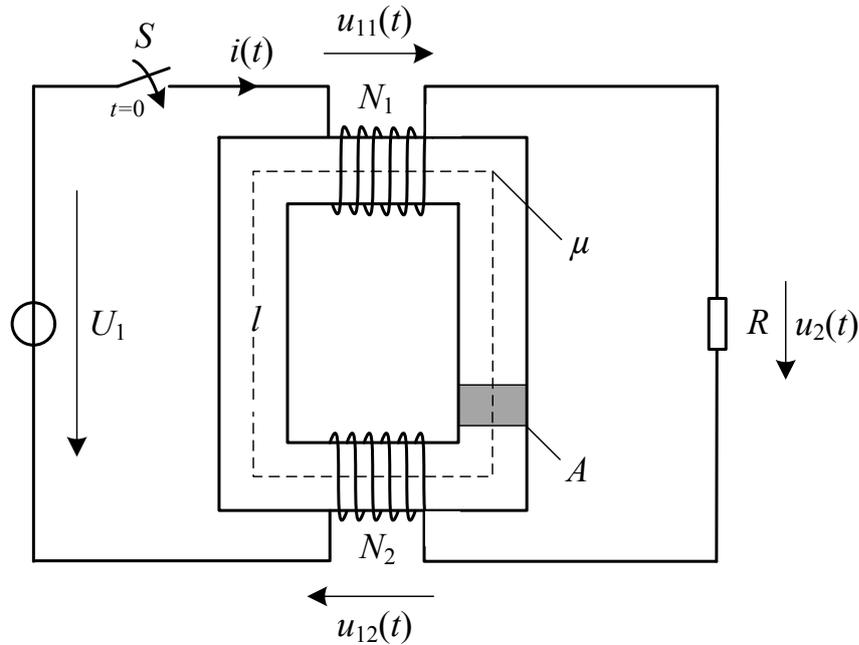


Abbildung 5.1: Magnetischer Kreis

Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird der Schalter S geschlossen.

Bestimmen Sie alle Ausdrücke allgemein, ohne Zahlenwerte.

1. Geben Sie die Spannung U_1 mit Hilfe des Maschensatzes in Abhängigkeit von $u_2(t)$, $u_{11}(t)$ und $u_{12}(t)$ an.
2. Zeichnen Sie das Reluktanzmodell des magnetischen Kreises und bestimmen Sie den magnetischen Widerstand.
3. Bestimmen Sie den magnetischen Fluss durch den Kern im Abhängigkeit des Stromes $i(t)$.
4. Bestimmen Sie die Spannungen $u_{11}(t)$ und $u_{12}(t)$ in Abhängigkeit des Stromes $i(t)$.
5. Stellen Sie die Differentialgleichung für den Strom $i(t)$ mit Hilfe der in 1. angegebenen Gleichung auf.
6. Bestimmen Sie die Spannungsverlauf $u_2(t)$ für den Sonderfall $N_1 = N_2$.