

Grundlagen der Elektrotechnik B

31.03.2014

Ohne Anrechnung der Tests

Name:					Matrikel-Nr.:				
Studiengang:					☐ Fachprüfung ☐ Leistungsnachweis				
Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	7	Σ	Note
Punkte:	14	13	13	13	14	18	15	100	

Bearbeitungszeit: 180 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: Gleichstrommaschine**(14 Punkte)**

Gegeben ist ein Reihenschlussmotor, der an eine mechanische Last angeschlossen ist. In allen Aufgabenteilen sind die Bürstenspannungen zu vernachlässigen. Achten Sie in den Aufgabenteilen auf die unterschiedlichen Schalterstellungen der Vorwiderstände.

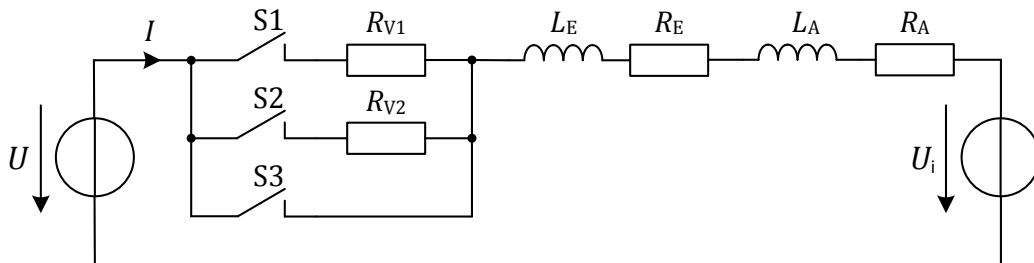


Abbildung 1.1: Ersatzschaltbild des Reihenschlussmotors mit Vorwiderstandsnetzwerk

Folgende Parameter sind über den Motor bekannt:

$$\begin{array}{llll}
 U = 250 \text{ V} & c_M = 25 & R_A = 1,2 \, \Omega & R_E = 7 \, \Omega \\
 L_A = 50 \text{ mH} & L_E = 200 \text{ mH} & N_E = 10 & I_N = 10 \text{ A}
 \end{array}$$

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 Variablen, der Vorwiderstand R_{V1} und die Drehfrequenz ω bekannt ist (S1 geschlossen, S2 und S3 offen). Hinweis: $L'_E = c_M \frac{L_E}{N_E}$
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 wird ein Anlaufvorgang aus dem Stillstand ($n = 0$) durchgeführt. Vernachlässigen Sie die Drehzahländerungen während der elektrischen Ausgleichsvorgänge, so dass Sie stationäre Rechnung anwenden können.

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 der Strom beim Zuschalten von R_{V2} erneut auf $I = 1,3 I_N$ begrenzt wird? (S1 geschlossen, S3 offen).

* Hinweis: Diese Aufgabenteile können unabhängig von Aufgabenteil 1 und 2 gerechnet werden.

Aufgabe 2: Signalanalyse
(13 Punkte)

Gegeben sei der folgende Verlauf des Stroms $i(t)$, der durch einen ohmschen Widerstand $R = 10\,\Omega$ fließt. Der Verlauf des Stroms setze sich im ersten und dritten Teilintervall aus Sinusviertelschwingungen gleicher Amplitude zusammen. Im zweiten Teilintervall sei der Strom konstant.

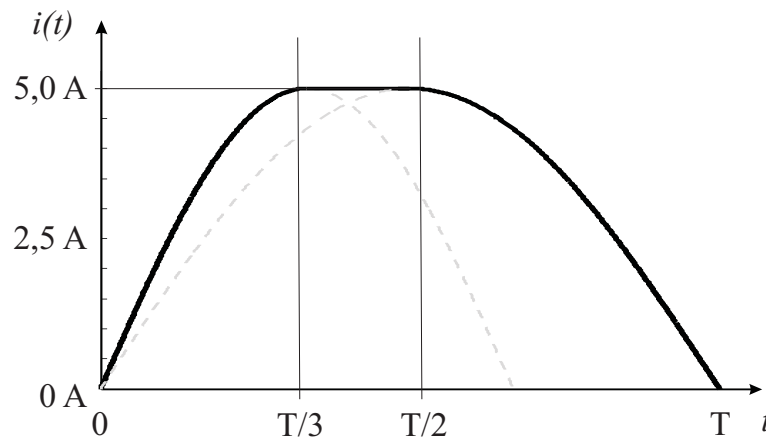


Abbildung 2.1: Verlauf des Stroms $i(t)$

1. Geben Sie die Gleichungen des Stroms $i(t)$ der drei Einzelintervalle an.
2. Berechnen Sie den arithmetischen Mittelwert der Spannung $u(t)$ sowie des Stroms $i(t)$ im Zeitintervall $[0, T]$.
3. Berechnen Sie den Effektivwert der Spannung $u(t)$ im selben Intervall.

Hinweise: $\int \sin^2(ax) dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{4a} \sin(2ax)$ $\int \cos^2(ax) dx = \frac{x}{2} + \frac{1}{4a} \sin(2ax)$

Aufgabe 3: Übertragungsfunktion, komplexe Wechselstromrechnung

(13 Punkte)

Gegeben sei das folgende elektrische Netzwerk:

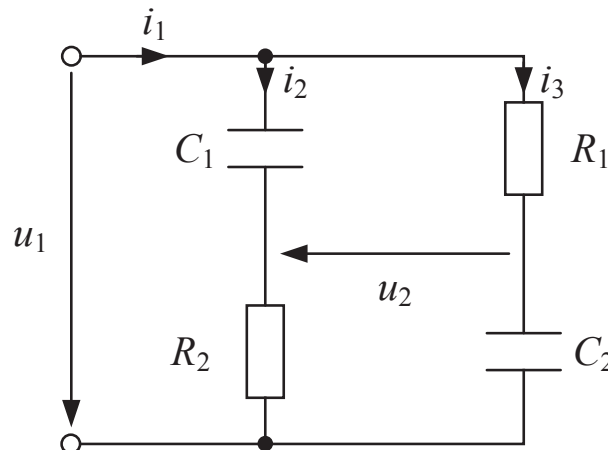


Abbildung 3.1: Komplexes Widerstandsnetzwerk

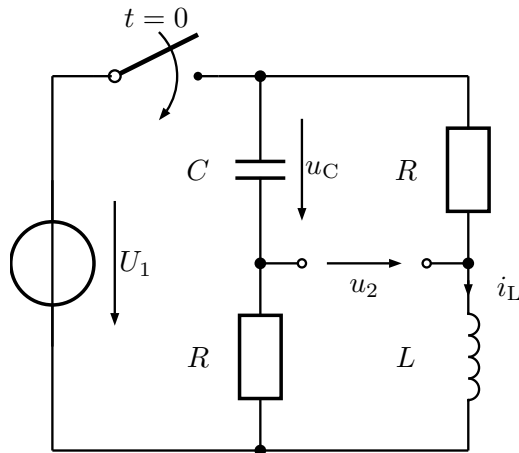
Weiterhin haben die darin aufgeführten Bauelemente folgende Werte:

$$C = C_1 = C_2 = 1 \text{ mF} \quad R = R_1 = R_2 = 1 \Omega$$

1. Ermitteln Sie den komplexen Widerstand $\underline{Z} = \frac{\underline{U}_1}{\underline{I}_1}$ in Abhängigkeit der Bauteilparameter in allgemeiner Form. Geben Sie ferner die konkreten Werte für $\underline{Z}$ bei $f = 100 \text{ Hz}$ nach Betrag und Phase an.
2. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für $\underline{U}_1$, $\underline{U}_2$, $\underline{I}_2$ und $\underline{I}_3$ unter der Annahme, dass das Netzwerk an eine Spannungsquelle $\underline{U}_1 = 50 \text{ V} e^{j\varphi_0}$ mit $\varphi_0 = 0^\circ$ und der Frequenz $f = 100 \text{ Hz}$ angeschlossen sei (Maßstab: $1 \text{ cm} \hat{=} 10 \text{ V} \hat{=} 10 \text{ A}$).
3. Stellen Sie die komplexe Übertragungsfunktion $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ allgemein in Abhängigkeit der Bauteilparameter auf. Geben Sie hierbei ihr Ergebnis getrennt nach Real- und Imaginärteil an (arithmetische Form).
4. Skizzieren Sie für $\underline{H}(j\omega)$ das Bode-Diagramm (Achten Sie dabei auf eine geeignete Skalierung der Abszisse). Untersuchen Sie hierfür zunächst das Verhalten der Übertragungsfunktion für charakteristische Kreisfrequenzen.
5. Zeichnen Sie die Ortskurve von $\underline{H}(j\omega)$.

Aufgabe 4: Ausgleichsvorgang
(13 Punkte)

Gegeben sei die in Abbildung 4.1 dargestellte Schaltung:



$$\tau_1 = RC$$

$$\tau_2 = \frac{L}{R}$$

 Beachten Sie: $\tau_2 = 2\tau_1$.

Abbildung 4.1: Schaltbild zu Aufgabe 4

Der Schalter S werde zur Zeit $t = 0$ geschlossen. Vor dem Einschaltzeitpunkt sei in der Spule und in dem Kondensator keine Energie gespeichert.

1. a) Wie groß ist der Anfangswert der Spannung $u_C(t = 0^+)$? Begründen Sie Ihre Antwort.
 b) Wie groß ist der Anfangswert des Stromes $i_L(t = 0^+)$? Begründen Sie Ihre Antwort.
2. Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf der Spannung $u_2(t)$ für $t \geq 0$.
3. a) Wie groß ist der Anfangswert der Spannung $u_2(t = 0^+)$?
 b) Wie groß ist der Endwert der Spannung $u_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} u_2(t)$?
 c) Bestimmen Sie das Maximum $u_{2\max}$ der Spannung u_2 und den Zeitpunkt $t = t_{\max}$ zu dem das Maximum auftritt.
4. Skizzieren Sie den Verlauf der Spannung $u_2(t)$. Kennzeichnen Sie insbesondere $t_{\max}$ und $u_{2\max}$.

Aufgabe 5: Stromkompensierende Drossel
(14 Punkte)

Gegeben sei der in Abbildung 5.1 dargestellte magnetische Kreis. Der Querschnitt A_1 gilt für den oberen und unteren Schenkel sowie die Joche, der Querschnitt A_2 für den mittleren Schenkel. Weiterhin kann die Streuung des magnetischen Flusses vernachlässigt werden.

Hinweis: Achten Sie auf den Wicklungssinn!

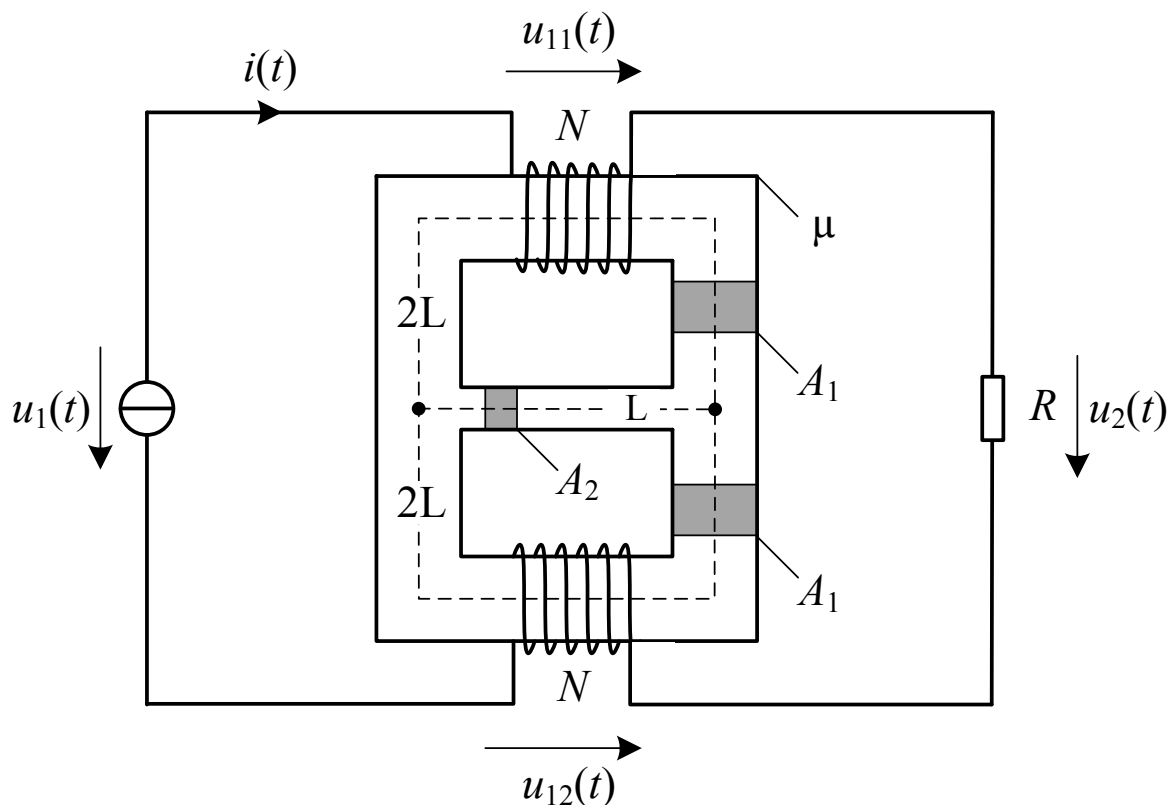


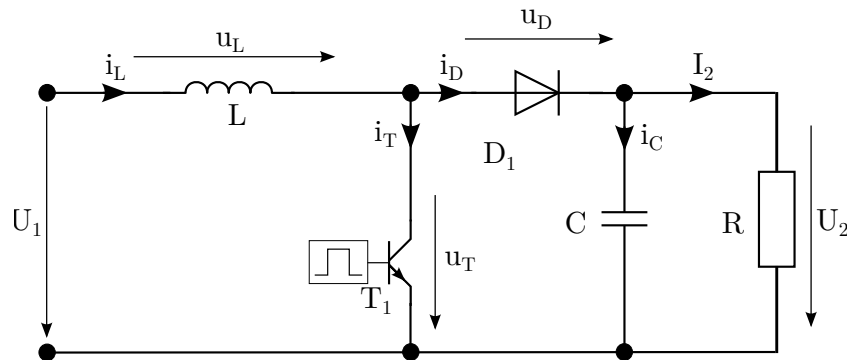
Abbildung 5.1: Magnetischer Kreis

Der Eingangsstrom sei gegeben durch folgenden Verlauf.

$$i(t) = I_0 \sin(\omega t) \quad (5.1)$$

Bestimmen Sie alle Ausdrücke allgemein, ohne Zahlenwerte.

1. Bestimmen Sie die Spannung $u_2(t)$.
2. Zeichnen Sie das Reluktanzmodell des magnetischen Kreises und bestimmen Sie die magnetischen Widerstände.
3. Bestimmen Sie die magnetischen Flüsse durch den oberen und unteren Schenkel.
4. Bestimmen Sie die Spannungen $u_{11}(t)$ und $u_{12}(t)$.
5. Bestimmen Sie die Spannung $u_1(t)$.
6. Bestimmen Sie die Spannung $u_1(t)$ für $A_2 \rightarrow 0$.

Aufgabe 6: Gleichstromsteller
(18 Punkte)

Abbildung 6.1: Gleichstromsteller

Mit Hilfe des abgebildeten Gleichstromstellers (Abbildung 6.1) 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 $f_s = 30 \text{ kHz}$. Es werde stationärer Betrieb vorausgesetzt. Für die nachfolgenden Betrachtungen werde C als so groß angenommen, dass mit guter Genauigkeit $u_2(t) \approx U_2 = \text{const.}$ angenommen werden darf.

1. Um welchen Typ des Gleichstromstellers handelt es sich?
2. Skizzieren Sie in Abbildung 6.2 für das Tastverhältnis $D = 0,75$ qualitativ folgende Verläufe:
 - Spulenspannung $u_L(t)$
 - Spulenstrom $i_L(t)$ (Es gelte $i_L(t = 0) = I_{L,\min}$)
 - In der Spule gespeicherte Energie $E_L(t)$
 - Kondensatorstrom $i_C(t)$
3. Leiten Sie die Funktion der Ausgangsspannung U_2 in Abhängigkeit von Eingangsspannung U_1 und Tastverhältnis D her.
4. Stellen Sie die Funktion aus Teilaufgabe 3 in geeigneter Weise grafisch dar.

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 $\Delta i_L = i_{L,\max} - i_{L,\min} = 200 \text{ mA}$ 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 der Induktivität aus Teilaufgabe 6 genau an der Lückgrenze (d.h. $i_{L,\min} = 0 \text{ A}$) betrieben wird.

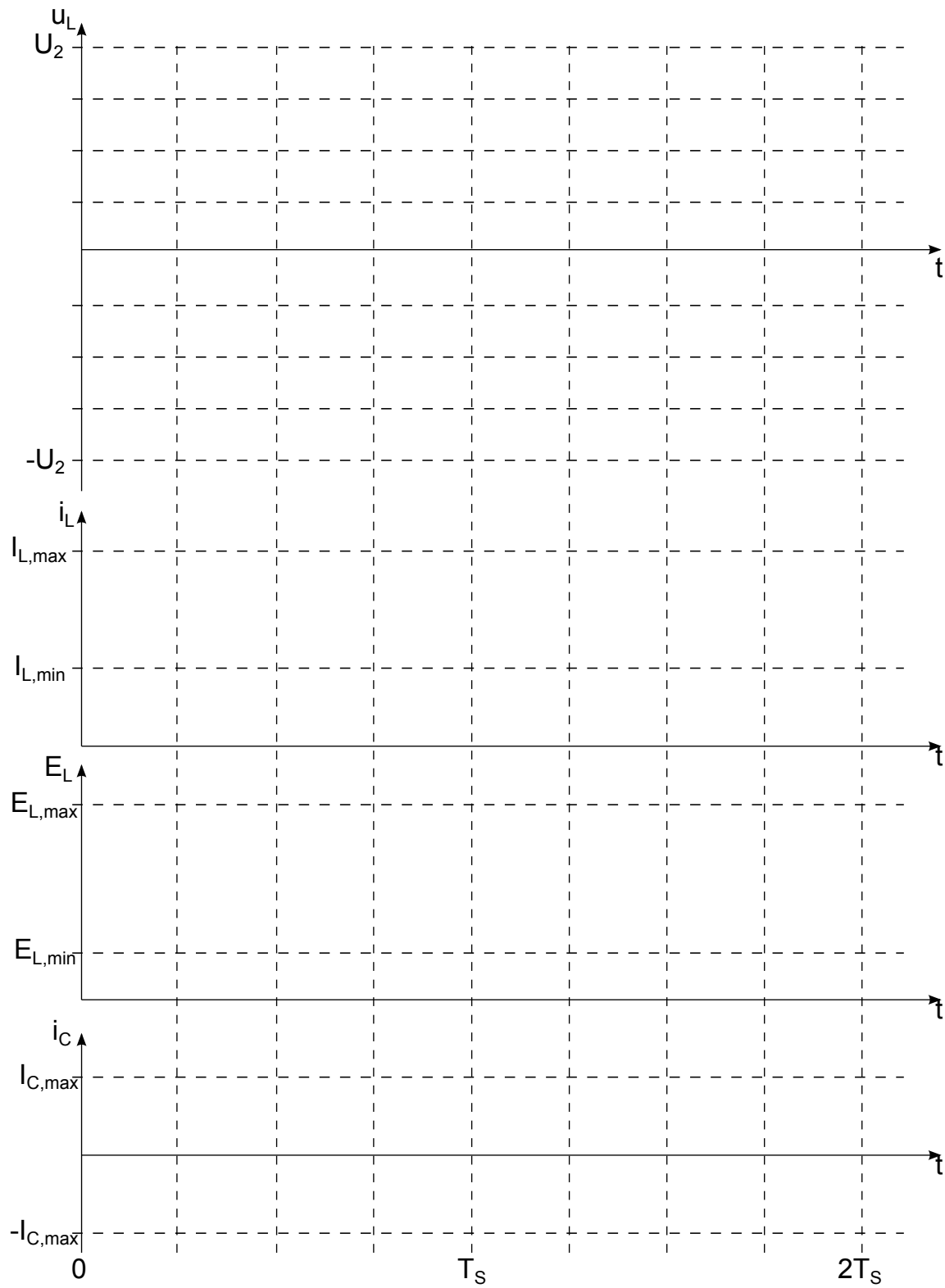
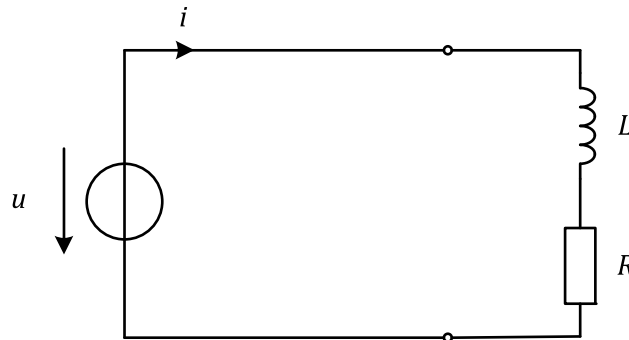


Abbildung 6.2: Verlauf von $u_L(t)$, $i_L(t)$, $E_L(t)$ und $i_C(t)$

Aufgabe 7: Leistungsberechnung im RLC-Netzwerk**(15 Punkte)**

Ein aus dem öffentlichen Stromnetz gespeister Wechselstrommotor ($U = 230 \text{ V}$, $f = 50 \text{ Hz}$) nimmt eine Wirkleistung $P = 1 \text{ kW}$ bei einem Leistungsfaktor $\lambda = 0,75$ auf. Der ohmsche Widerstand der Motorwicklung beträgt $R = 31 \Omega$. Die Schaltung befindet sich im eingeschwungenen Zustand.

**Abbildung 7.1:** Netzwerk

1. Berechnen Sie den Phasenverschiebungswinkel φ zwischen Strom und Spannung. Geben Sie das Vorzeichen an (mit Begründung).
2. Welche Blindleistung nimmt die Schaltung auf?
3. Für welchen Effektivstrom ist die Zuleitung auszulegen?
4. Wie groß ist die Reaktanz X und die Induktivität L der Schaltung?

Nun soll die Blindleistung der Schaltung kompensiert werden.

5. Wie kann die Blindleistung kompensiert werden? Zeichnen Sie das dafür benötigte Bauteil in die Schaltskizze (Abbildung 7.1) ein.
6. Berechnen Sie die Größe des Bauteils aus Aufgabenteil 5, sofern eine vollständige Blindleistungskompensation erzielt werden soll.
7. Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die komplexen Effektivwertzeiger der Ströme (auch in Blind- und Wirkstrom aufgeteilt) vor und nach der Kompensation in das jeweilige untere Zeigerdiagramm (Abbildung 7.2) ein.
8. Für welchen Effektivstrom muss die Zuleitung nun ausgelegt werden?

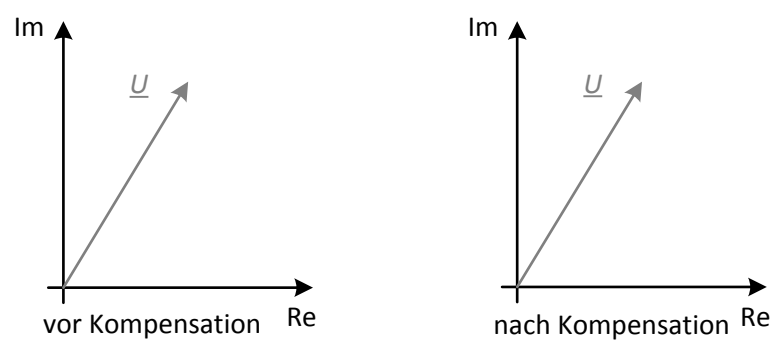


Abbildung 7.2: Zeigerdiagramm