

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

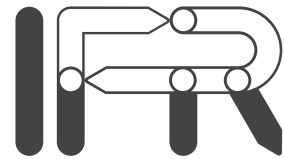
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik - 3h

26.07.2013

Name: _____		Vorname: _____		
Matr.-Nr.: _____		Studiengang: _____		
E-Mail (optional): _____				
1:	2:	3:	4:	5:
ID: _____ Summe: _____ Note: _____				

Alle Lösungen müssen **nachvollziehbar** bzw. **begründet** sein.

Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine Blei- oder Rotstifte verwenden.

Lösungen auf Aufgabenblättern werden nicht gewertet.

Zugelassene Hilfsmittel:

- Geodreieck
- Zirkel

Einverständniserklärung

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Note mit Matrikelnummer im Institut für Regelungstechnik ausgehängt wird.

Datum, Unterschrift

1 Elektrisches Feld

Punkte: 20

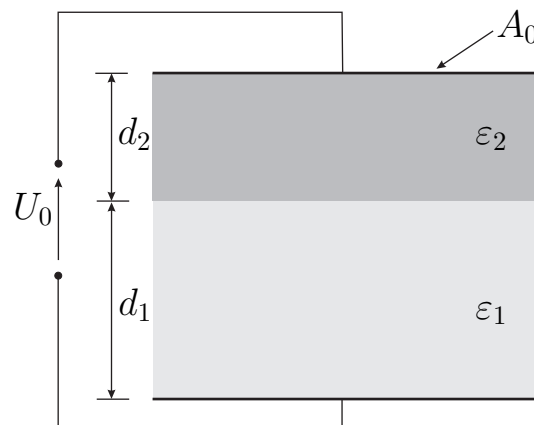


Bild 1

Gegeben sei ein Plattenkondensator mit zwei Dielektrika der Permittivität ε_1 und ε_2 und den Dicken d_1 bzw. d_2 (siehe Bild 1). Die Oberfläche der Kondensatorplatten A_0 sowie die Spannung U_0 zwischen den Platten seien ebenfalls bekannt.

- Bestimmen Sie die Gesamtkapazität C_G des Kondensators. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie die im Kondensator gespeicherte Ladung Q_0 . (2 Punkte)
- Bestimmen Sie die elektrische Flussdichte D zwischen den Kondensatorplatten. Gehen Sie vom Gaußschen Gesetz der Elektrostatik aus. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen und fertigen Sie eine Skizze an, die die Anwendung des Gesetzes veranschaulicht. (6 Punkte)

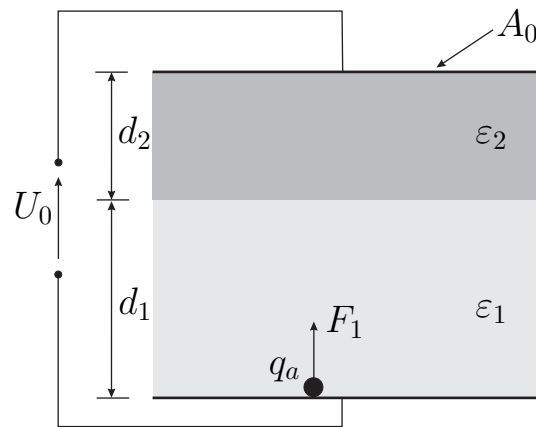


Bild 2

Auf der positiv geladenen Kondensatorplatte befindet sich die positive Ladung q_a der Masse m (siehe Bild 2). Sie wird durch das elektrische Feld im Kondensator in Richtung der negativen Platte beschleunigt. Die Schwerkraft kann dabei vernachlässigt werden.

- d) Bestimmen Sie die jeweils im Dielektrikum der Permittivität ϵ_1 bzw. ϵ_2 auf die Ladung wirkende elektrische Kraft. (4 Punkte)
- e) Bestimmen Sie die Geschwindigkeit v_1 der Ladung beim Übergang zwischen den Dielektrika und die Geschwindigkeit v_2 bei Erreichen der negativen Platte. (4 Punkte)

Hinweis: Die Geschwindigkeit am Ende einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung lautet:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$$

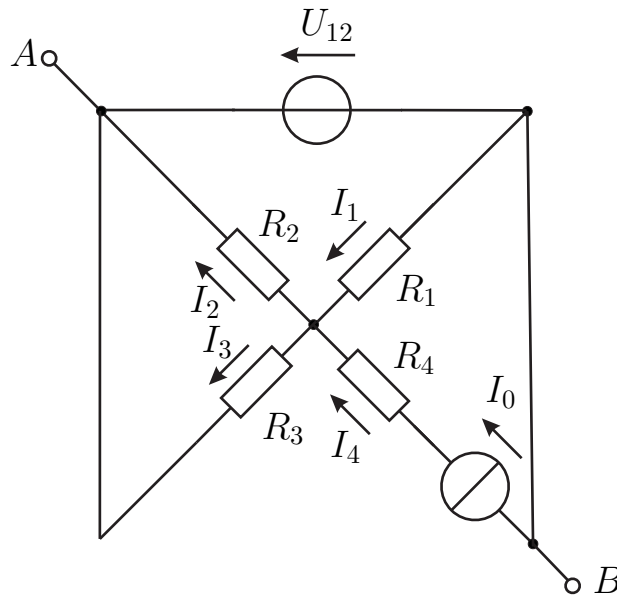
v_0 – Anfangsgeschwindigkeit

a – Beschleunigung

Δx – zurückgelegte Strecke

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 10



Das gegebene Netzwerk besteht aus einer idealen Gleichspannungsquelle U_{12} , einer idealen Gleichstromquelle I_0 , sowie vier Widerständen R_1 bis R_4 mit bekannten Werten. Die Klemmen A und B sind unbeschaltet (Leerlauf).

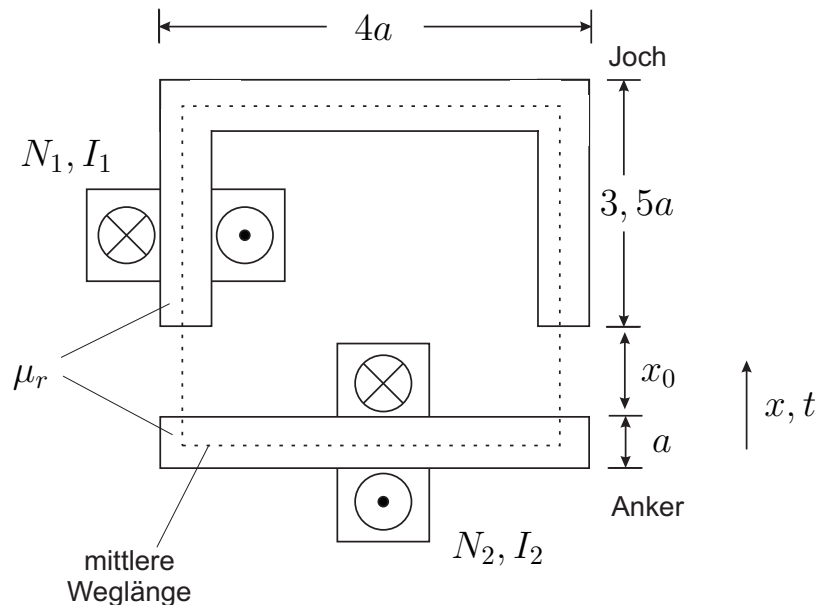
- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens den Strom durch den Widerstand R_1 (5 Punkte).

Hinweis: Nutzen Sie wenn möglich den Strom- oder Spannungsteiler.

- b) Bestimmen Sie die Spannung U_4 am Widerstand R_4 (2 Punkte).
- c) Bilden Sie die Ersatzspannungsquelle bezüglich der Klemmen A und B und skizzieren Sie diese (2 Punkte).
- d) An die Klemmen A und B wird nun ein Lastwiderstand R_L mit einem bekannten Wert angeschlossen. Bestimmen Sie in Abhängigkeit der für die Schaltung bekannten Werte die Leistung P_L , die im Widerstand R_L umgesetzt wird (1 Punkt).

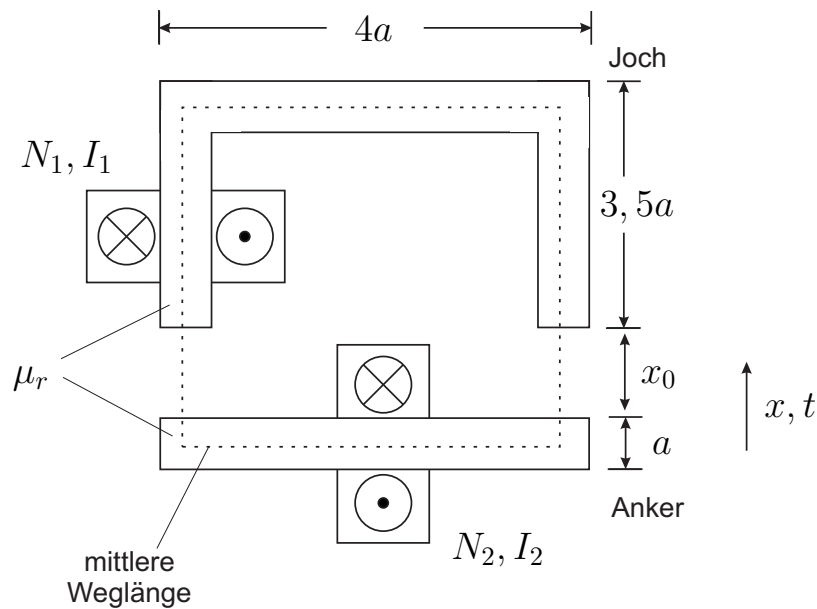
3 Magnetischer Kreis

Punkte: 20



Das Joch eines Hufeisenmagnetes trägt eine Wicklung mit der Windungszahl N_1 , durch die der Gleichstrom I_1 fließt. Der Anker im Abstand x_0 trägt eine Wicklung mit der Windungszahl N_2 , die stromlos ist ($I_2 = 0$). Joch und Anker bestehen aus dem gleichen Material mit der relativen Permeabilität μ_r . Alle Querschnittsflächen sind quadratisch mit der Kantenlänge a . Streuung im Eisenkreis sind zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises inklusiver aller Komponenten. Berechnen Sie allgemein die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbilds auf der mittleren Weglänge. Nennen Sie den Zusammenhang zwischen Θ und I . (4 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein den vom Strom I_1 erzeugten magnetischen Fluss Φ im Joch. (5 Punkte)
- Berechnen Sie allgemein die magnetische Flussdichte B_L in den Luftspalten. (2 Punkte)
- Ermitteln Sie allgemein die Kraft F , die auf den Anker wirkt. (2 Punkte)
Hinweis: Die Kraft im Luftspalt ist $F_L = \frac{B_L^2}{2\mu_0}a^2$



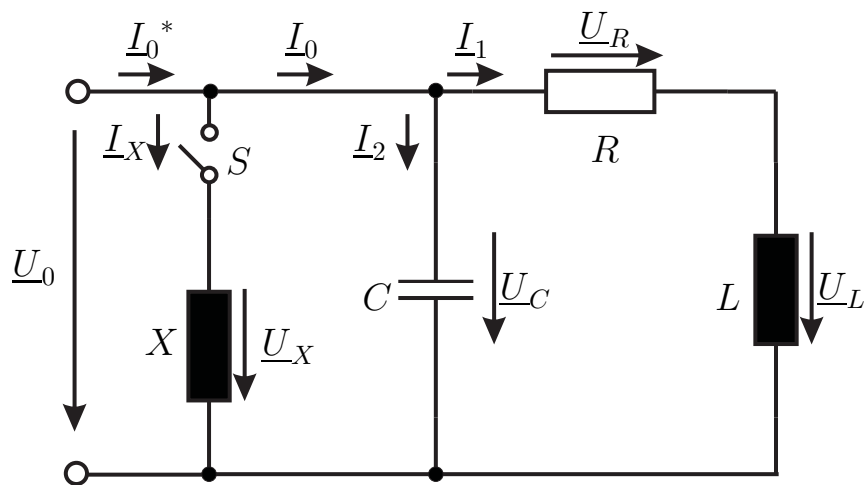
Der Anker wird in x -Richtung gegen das Joch gezogen. Die Bewegung soll zur Vereinfachung der Berechnung mit konstanter Geschwindigkeit v erfolgen. Joch und Anker haben zum Zeitpunkt $t = 0$ den Abstand $x = x_0$. Zum Zeitpunkt $t = t_1$ schlägt das Joch gegen den Anker ($x = 0$).

- Bestimmen Sie allgemein die durch die Bewegung des Jochs in der Wicklung N_2 induzierte Spannung $u_2(t)$. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie die in der Wicklung N_2 induzierte Spannung für den Fall, dass die Luftspaltgröße $x = \text{const}$ ist. (1 Punkt)
- Skizzieren Sie eine mögliche Form der Streuung des magnetischen Flusses, die bei dieser Anordnung für $x > 0$ auftreten kann, sowie ihre Modellierung im Ersatzschaltbild. (2 Punkte)

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30

Gegeben sei ein Gerät, das mit einer variablen Wechselspannung gespeist werden kann. Das Gerät hat folgendes Ersatzschaltbild:



Ihre Aufgabe ist es nun, den Betrag des Widerstandes R zu ermitteln. Dafür steht Ihnen ein Wechselspannungsgenerator zur Verfügung. Dieser Generator kann eine Wechselspannung \underline{U}_0 mit $|\underline{U}_0| = 15\text{V}$ in einem Frequenzbereich von $0\text{ Hz} < f_{\text{Generator}} < 200\text{ kHz}$ erzeugen.

- Welche Frequenz aus dem genannten Frequenzbereich wählen Sie zur Bestimmung von R ? Begründen Sie Ihre Wahl kurz. Geben Sie zusätzlich ein vereinfachtes Schaltbild an, das sich bei der von Ihnen gewählten Frequenz ergibt. (3 Punkte)
- Bei der von Ihnen gewählten Frequenz stellt sich ein Strom $|\underline{I}_0| = 5\text{A}$ ein. Berechnen Sie den Wert des Widerstandes R . (1 Punkt)

\Rightarrow

Das Gerät soll im Normalbetrieb mit den folgenden Parametern betrieben werden:

$$R = 3\Omega, L = 0,2\text{mH}, C = 4\mu\text{F}, f = \frac{10}{\pi}\text{kHz}, \underline{U}_0 = 100\text{V}e^{j0^\circ}$$

- c) Berechnen Sie zur Bestimmung des Betriebsverhaltens die Größen \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{I}_0 , \underline{U}_C , \underline{U}_R und \underline{U}_L in komplexer Schreibweise. (6 Punkte)

Hinweis: Verwenden Sie ab Aufgabenteil d) die folgenden Werte:

$$\begin{aligned}\underline{U}_0 &= 50\text{V}e^{j0^\circ} & \underline{I}_0 &= 6\text{A} - j6\text{A} \\ \underline{U}_R &= 18\text{V} - j24\text{V} & \underline{I}_1 &= 6\text{A} - j8\text{A} \\ \underline{U}_L &= 32\text{V} + j24\text{V} & \underline{I}_2 &= j2\text{A}\end{aligned}$$

- d) Visualisieren Sie dazu das Verhalten mit einem Zeigerdiagramm (*Maßstab:* $1\text{cm} \hat{=} 5\text{V}$, $1\text{cm} \hat{=} 1\text{A}$), in dem (bis auf \underline{I}_0^* und \underline{I}_X) sämtliche Spannungen und Ströme der Schaltung integriert sind. (6 Punkte)
- e) Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ zwischen der Spannung U_0 und dem Strom I_0 . Zeigt die Schaltung induktives oder kapazitives Verhalten? (2 Punkte)
- f) Analysieren Sie den elektrischen Schwingkreis in dem gegebenen Ersatzschaltbild unter Vernachlässigung des Widerstandes R : Um welche Art Schwingkreis handelt es sich hierbei? Geben sie die Formel für die Resonanzfrequenz f_R an und berechnen Sie diese mit den vorgegebenen Werten aus Aufgabenteil c). Begründen Sie, ob die Schaltung sperrendes oder durchlassendes Verhalten zeigt. (4 Punkte)

Hinweis: Verwenden Sie in Aufgabenteil f) die Näherungen $\sqrt{2} \approx \frac{4}{3}$ und $\pi \approx 3$

Das Gerät weist eine zu hohe Blindleistungsaufnahme auf. Die Phase zwischen der Spannung U_0 und dem Strom I_0 soll deshalb auf $\varphi = 0^\circ$ kompensiert werden. Mit dem Schalter S und der noch zu bestimmenden Impedanz X soll das realisiert werden.

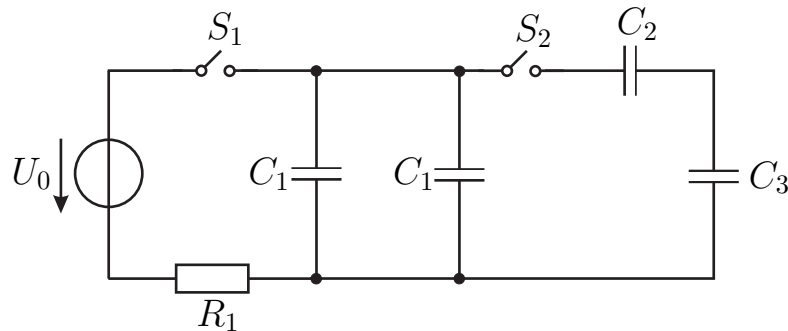
- g) Welches Bauteil setzen Sie für die Impedanz X ein, um den Phasenwinkel zu reduzieren? Erläutern Sie Ihre Wahl kurz. (1 Punkt)
- h) Zeichnen Sie den Zeiger von \underline{I}_X in das Zeigerdiagramm ein, so dass der Phasenwinkel zwischen der Spannung \underline{U}_0 und dem sich ergebenden Strom \underline{I}_0^* Null wird. (1 Punkt)

- i) Bestimmen Sie die Größe des benötigten Bauteils analytisch. (3 Punkte)

Hinweis: Die Betrachtung der Knotenbilanz mit den Strömen \underline{I}_0 , \underline{I}_0^* und \underline{I}_X sowie die Verwendung der Definition des Tangens $\left(\tan \varphi_I = \frac{\operatorname{Im}\{\underline{I}\}}{\operatorname{Re}\{\underline{I}\}}\right)$ ist ein möglicher Ansatz.

Das Gerät ist auch für den Betrieb bei anderen Versorgungsspannungen $|\underline{U}_0|$ geeignet. Es wird nun mit einer Betriebsspannung von $|\underline{U}_{Neu}|=200 \text{ V}$ anstelle von $|\underline{U}_0|=100 \text{ V}$ gespeist.

- j) Welche Auswirkung hat diese Änderung auf die Phasenlage zwischen \underline{U}_V und \underline{I}_0^* ? Begründen Sie dies kurz. (1 Punkt)
- k) Um wie viel Prozent ändern sich in diesem Fall die Scheinleistung S , die Wirkleistung P und die Blindleistung Q des Geräts? (2 Punkte)

5 Kondensatornetzwerk**Punkte: 20**

Vor dem Anschluss der Spannungsquelle U_0 an das Netzwerk seien alle Kondensatoren ladungsfrei und alle Schalter geöffnet. Der Schalter S_1 wird nun geschlossen, der Schalter S_2 bleibt zunächst geöffnet. Wenn der Spannungsabfall am Widerstand R_1 $5V$ beträgt, wird der Schalter S_1 wieder geöffnet.

Gegeben: $U_0 = 15V$, $C_1 = 1F$, $C_2 = 6F$, $C_3 = 6F$.

- Zeichnen Sie zunächst das Netzwerk bei geschlossenem Schalter S_1 . (1 Punkt)
- Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Spannung U_{C_1} am Kondensator C_1 . (2 Punkte)
- Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Gesamtkapazität C_{GES_1} , die Gesamtladung Q_{GES_1} und die Gesamtenergie W_{GES_1} im Netzwerk. (6 Punkte)

Der Schalter S_1 bleibt geöffnet, aber der Schalter S_2 wird nun geschlossen. Das Abklingen der Einschwingvorgänge wird abgewartet.

- Zeichnen Sie zunächst das Netzwerk bei geschlossenem Schalter S_2 und geöffnetem Schaltern S_1 . (1 Punkt)
- Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Gesamtkapazität des Netzwerks C_{GES_2} . (3 Punkte)
- Was geschieht mit der Gesamtladung? (1 Punkt)
- Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Spannungen U_{C_1} , U_{C_2} und U_{C_3} an den entsprechenden Kondensatoren. (6 Punkte)