Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr.-Ing. M. Maurer
Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66
38106 Braunschweig
Tel. (0531) 391-3840

Klausuraufgaben Grundlagen der Elektrotechnik 01.04.2016

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**.

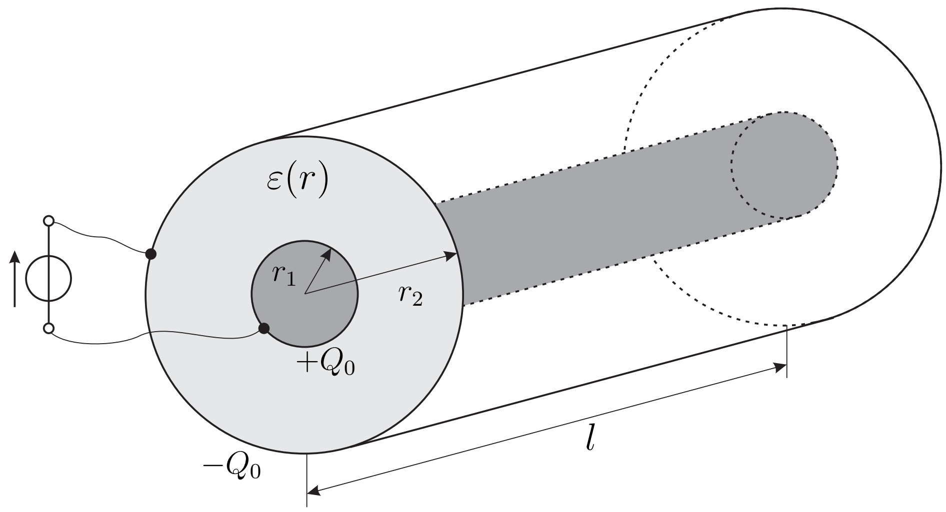
Zugelassene Hilfsmittel:

- Geodreieck
- Zirkel

Die Ergebnisse sind nur online über das QIS-Portal einsehbar.

1 Elektrisches Feld

Punkte: 20



Gegeben ist ein Zylinderkondensator mit einer inneren stabförmigen Elektrode vom Radius r_1 und einer äußeren rohrförmigen Elektrode vom Radius r_2. Der Kondensator hat die Länge l. Zwischen den beiden Elektroden befindet sich ein Dielektrikum mit einer variablen Permittivität $\varepsilon(r)$. Der Kondensator wird über eine Spannungsquelle mit der Gesamtladung Q_0 geladen. Gegeben sei: $\varepsilon(r) = \varepsilon_1 \frac{r}{d},\ r \in [r_1, r_2]$.

a) Skizzieren Sie in einer Zeichnung des Kondensatorquerschnittes das elektrische Feld und Äquipotenziallinien des Feldes. (1 Punkt)

b) Bestimmen Sie die elektrische Feldstärke im Kondensator abhängig von der Ladung Q_0 auf den Elektroden und dem Radius r, für $r \in [r_1, r_2]$. (6 Punkte)

- Gehen Sie vom gaußschen Gesetz der Elektrostatik in integraler, vektorieller Darstellung aus,
- Fertigen Sie eine Skizze der Anordnung an, welche die Anwendung des Gesetzes veranschaulicht,
- Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen.

Falls Sie Punkt b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit folgenden Wert für die Feldstärke weiter: $E = k\frac{Q_0}{r^2}$.

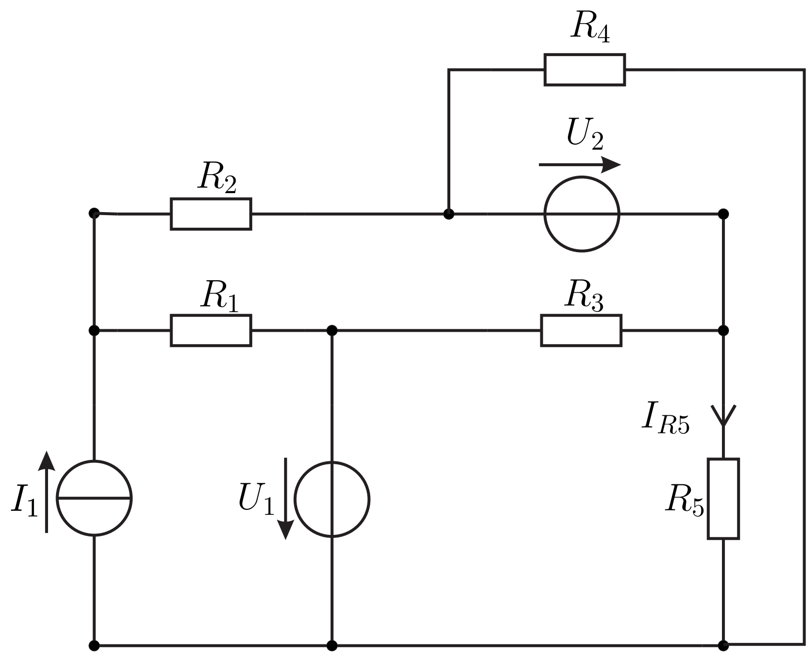
c) Bestimmen Sie das elektrische Potenzial $\varphi(r),\ r \in [r_1, r_2]$ im Kondensator. Wählen Sie als Bezugsebene das Potenzial im Unendlichen: $\lim\limits_{r\to\infty} \varphi(r) = 0$. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen. (4 Punkte)

d) Bestimmen Sie Spannung U_0 zwischen den beiden Elektroden abhängig von der Ladung Q_0 des Kondensators. (3 Punkte)

e) Bestimmen Sie die Kapazität C_z des Kondensators. (2 Punkte)

f) Erklären Sie das Phänomen der Elektronen-/Verschiebungspolarisation anhand eines Wasserstoffatoms. Fertigen Sie eine Skizze des Atoms an. Was versteht man unter einem elektrischen Dipol? Geben Sie das Dipolmoment an. (4 Punkte)

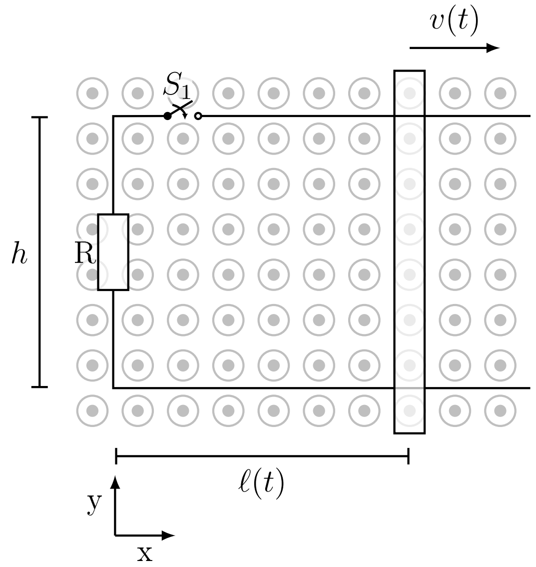
2 Gleichstromnetzwerk **Punkte: 20**



Das gegebene Netzwerk besteht aus zwei idealen Gleichspannungsquellen U_1 und U_2, einer idealen Gleichstromquelle I_1, sowie fünf Widerständen R_1 bis R_5 mit bekannten Werten.

a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens den Strom I_{R5}. Fertigen Sie für jeden Fall, den Sie betrachten, eine gesonderte Skizze an, in der Sie relevante Größen eintragen. Stellen Sie die Teilergebnisse in Abhängigkeit der Quellen U_1, U_2 und I_1 ohne Doppelbrüche dar. Die Multiplikation aller Teilterme ist nicht notwendig. (20 Punkte)
Hinweis: Nutzen Sie wenn möglich den Strom- oder Spannungsteiler.

3 Zeitlich veränderliches Magnetfeld **Punkte: 20**



Zwei unisolierte Drähte werden mit einem leitfähigen Stab kurzgeschlossen, sodass eine rechteckige Leiterschleife mit der Höhe h und einer Länge $\ell(t)$ gebildet wird. Der Stab bewegt sich mit einer Geschwindigkeit $v(t)$ in positive x-Richtung. Die gesamte Fläche der Leiterschleife wird von einem homogenen Magnetfeld $\vec{B}(t)$ durchsetzt.

Das Magnetfeld soll für die Aufgabenteile a) bis d) konstant sein ($\vec{B}(t) = \vec{B}_0 = const$). Der Schalter S_1 ist zunächst geöffnet.

a) Geben Sie die auf die Ladungsträger im Stab wirkenden Kräfte mit Formel an. In welchem Verhältnis stehen diese Kräfte zueinander? (3 Punkte)

Nun wird der Schalter S_1 geschlossen. Der leitfähige Stab bewege sich mit einer linear zunehmenden Geschwindigkeit $v(t) = v_0 + a \cdot t$. Gehen Sie davon aus, dass sich der Stab zum Zeitpunkt $t = 0$ an der Position $x = 0$ befindet.

b) Berechnen Sie die zeitlich veränderliche Fläche $A(t)$ der Leiterschleife. Berechnen Sie den magnetischen Fluss in der Leiterschleife. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen. (3 Punkte)

c) Berechnen Sie die in der Leiterschleife induzierte Spannung $u_{ind}(t)$. Begründen Sie anschaulich, warum sich die induzierte Spannung linear ändert. (4 Punkte)

d) Skizzieren Sie die den Verlauf des magnetischen Flusses sowie der induzierten Spannung über der Zeit. Kennzeichnen Sie charakteristische Punkte. (3 Punkte)

Im Folgenden sei nicht nur die Fläche der Leiterschleife, sondern auch das Magnetfeld zeitlich veränderlich.

e) Skizzieren und begründen Sie die Richtung des Anteils des Stroms, der in der Leiterschleife bei einer Schwächung des Magnetfelds fließt. (2 Punkte)

f) Geben Sie den Betrag des Magnetfelds $B(t)$ allgemein als periodische Größe in Abhängigkeit von Scheitelwert $\hat{B}$, Periodendauer T, Phase φ und der Zeit t an. (1 Punkt)

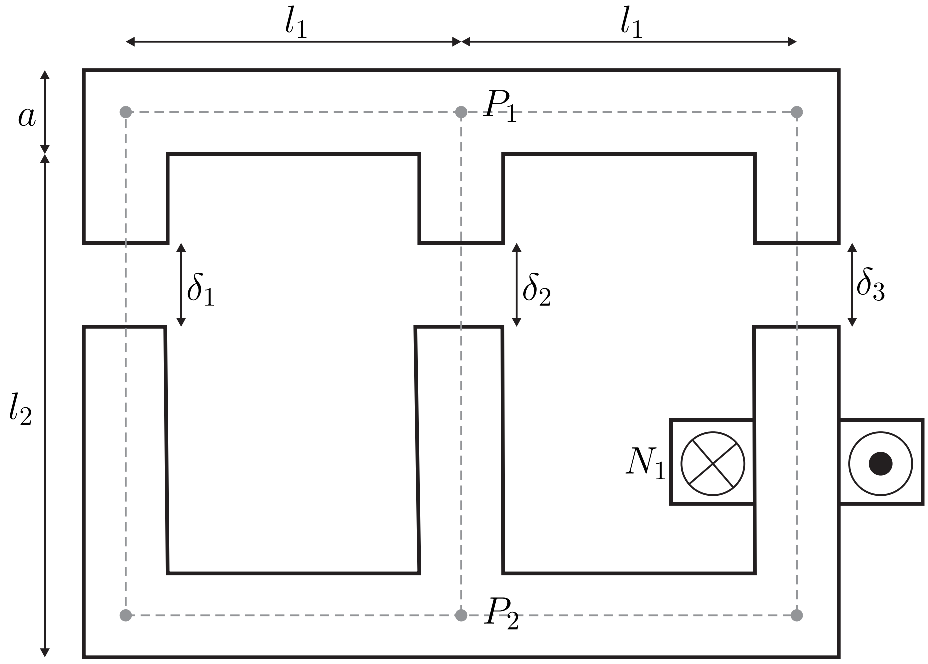
g) Berechnen Sie allgemein den magnetischen Fluss, der nun innerhalb der Leiterschleife wirkt. (1 Punkt)

h) Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf des magnetischen Flusses in der Leiterschleife über der Zeit. (1 Punkt)

i) Geben Sie allgemein die Formel für die Berechnung der induzierten Spannung für den Fall an, dass sowohl die Fläche der Leiterschleife als auch das Magnetfeld zeitlich veränderlich sind (nicht ausrechnen!). Welche beiden Effekte überlagern sich? (2 Punkte)

4 Stationäres Magnetfeld

Punkte: 10



Der Eisenkern des magnetischen Kreises hat die konstante Permeabilität μ_r und eine quadratische Querschnittfläche mit der Seitenlänge a. Die Spule des rechten Schenkels hat N Wicklungen und wird vom Gleichstrom I_1 durchflossen. Die Streuung ist zu vernachlässigen.

Es gilt: $l_1 = l \quad l_2 = 2l \quad \delta_1 = \delta_3 = 4\delta \quad \delta_2 = 2\delta$

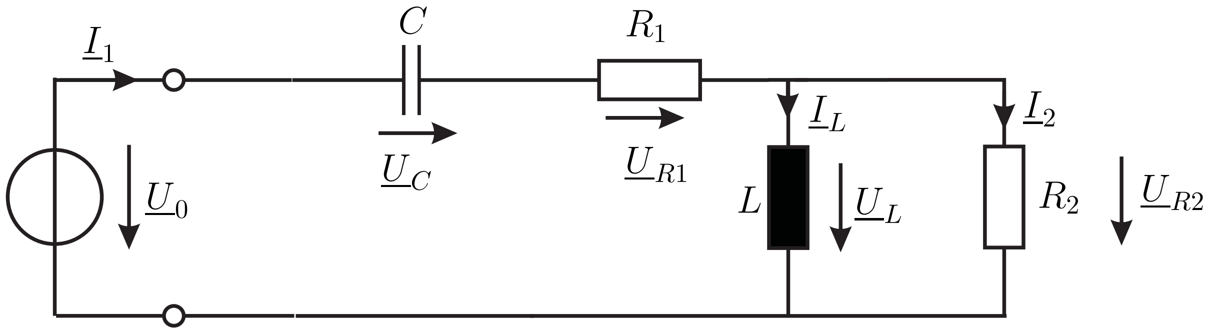
a) Zeichnen Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises inklusive sämtlicher magnetischer Flüsse, sodass Sie später die einzelnen Schenkel zwischen P_1 und P_2 betrachten können. (2 Punkte)

b) Bestimmen Sie allgemein die magnetischen Widerstände auf der mittleren Weglänge (gestrichelte Linie) in Abhängigkeit von l und δ. Geben Sie außerdem die Durchflutung Θ der Spule an. (4 Punkte)

c) Bestimmen Sie allgemein die magnetischen Widerstände der drei Schenkel zwischen den Punkten P_1 und P_2. (1 Punkt)

d) Bestimmen Sie in Abhängigkeit von l und δ den magnetischen Fluss durch den rechten Schenkel (mit der Spule). (3 Punkte)
Hinweis: Betrachten Sie das Verhältnis der Widerstände der einzelnen Schenkel.

5 Komplexe Wechselstromrechnung **Punkte: 30**



Gegeben:
$\underline{U}_0 = 10V \cdot e^{j0}$, $R_2 = 25\Omega$, $L = \frac{10}{1{,}3}\mu H$, $f = \frac{500}{\pi}kHz$.

Eine Wechselspannungsquelle $\underline{U}_0$ wird über eine Reihenschaltung aus der Kapazität C, dem Widerstand R_1 und der Induktivität L sowie einem Widerstand R_2 parallel zu L belastet. Bei gegebener Induktivität L sollen die Kapazität C und der Widerstand R_1 so dimensioniert werden, dass die Anpassung zwischen $\underline{U}_0$ und $\underline{U}_{R2}$ ohne Spannungsverlust erfolgt ($|\underline{U}_{R2}| = |\underline{U}_0|$) und die Spannung $\underline{U}_{R2}$ eine Phasendrehung von 90° vorauseilend zu $\underline{U}_0$ hat.

a) Zeichnen Sie das vollständige Zeigerdiagramm mit allen Strömen und Spannungen auf Basis der oben genannten Randbedingungen. Geben Sie die Beträge der Größen $\underline{I}_1$, $\underline{U}_C$, $\underline{U}_{R1}$ sowie den Phasenwinkel φ zwischen $\underline{U}_0$ und $\underline{I}_1$ an. (Maßstab: $1V \mathrel{\hat{=}} 1cm$, $0{,}1A \mathrel{\hat{=}} 1cm$) (11 Punkte)
Hinweis: Verwenden Sie einen Hilfszeiger $\underline{U}_1 = \underline{U}_0 - \underline{U}_{R2}$. Der Thaleskreis ist dann ein sehr probates Hilfsmittel zur Bestimmung von $\underline{U}_C$ und $\underline{U}_{R1}$.

Durch ein zur Spannungsquelle $\underline{U}_0$ parallel geschaltetes Bauelement soll der Phasenwinkel zwischen $\underline{U}_0$ und $\underline{I}_1$ zu 0° kompensiert werden.

b) Welches Bauteil verwenden Sie? Begründen Sie kurz. (1 Punkte)

c) Bestimmen Sie die Größe des ausgewählten Bauelements mit Hilfe des Zeigerdiagramms. (3 Punkte)

$\Longrightarrow$

Verwenden Sie unabhängig von den Aufgabenteilen a) bis c) folgende Werte für Aufgabenteil d):
$|\underline{U}_{R1}| = 10\,\mathrm{V}$, $|\underline{U}_C| = 40\,\mathrm{V}$, $|\underline{I}_1| = 0.8\,\mathrm{A}$

d) Bestimmen Sie die erforderlichen Werte für R_1 und C. Geben Sie die Kapazität vollständig gekürzt in nF an. (3 Punkte)

In der Schaltung nach Aufgabenteil b) sollen im Folgenden die ohmschen Widerstände vernachlässigt werden (R_1 wird kurzgeschlossen, R_2 ist im Leerlauf). Des Weiteren gehen Sie davon aus, dass in Aufgabenteil b) eine Induktivität L_x als Bauelement zur Blindleistungskompensation verwendet wird. Für die folgenden Aufgabenteile gelten:
$L_x = 11.25\,\mathrm{mH}$, $C = 80\,\mathrm{nF}$, $L = 20\,\mathrm{mH}$.

Hinweis: Eine Rückbesinnung auf die Große Übung kann Ihnen bei den folgenden Aufgabenteilen ggf. helfen.

e) Zeichnen Sie das resultierende Ersatzschaltbild. (1 Punkt)

f) Die Schaltung enthält zwei Schwingkreise. Identifizieren Sie für jeden der Schwingkreise die beteiligten Bauelemente und geben Sie jeweils an, ob es sich um einen Reihen- oder Parallelschwingkreis handelt. (2 Punkte)

g) Berechnen Sie allgemein die Impedanz des Ersatzschaltbildes in der Form $\underline{Z} = j \cdot \frac{A}{B}$ ohne Doppelbrüche. Die ohmschen Widerstände werden weiterhin vernachlässigt. (2 Punkte)

h) Bei welchem Typ Schwingkreis wird die Impedanz im Resonanzfall der Schaltung maximal, bei welchem minimal? Begründen Sie kurz, z.B. anhand eines exemplarischen Zeigerdiagramms. (2 Punkte)

i) Welche mathematische Auswirkung haben die Resonanzen der beiden Schwingkreise auf den Zähler A bzw. auf den Nenner B des eben bestimmten Bruchs? Begründen Sie kurz. (2 Punkte)

j) Leiten Sie die auf Basis der vorhergegangenen Aufgabenteile die Gleichungen zur Bestimmung der Resonanzfrequenzen ω_{01} und ω_{02} der beiden Schwingkreise her. (2 Punkte)

k) Berechnen Sie die beiden Resonanzfrequenzen ω_{01} und ω_{02}. (1 Punkt)