

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

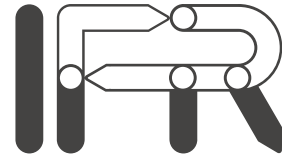
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik - 3h

25.03.2014

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

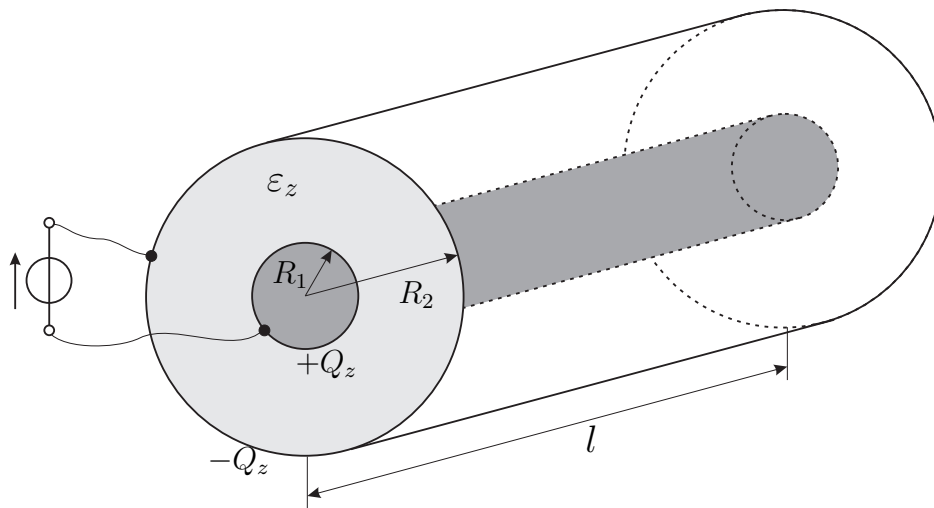
Einverständniserklärung

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

Datum, Unterschrift

1 Elektrisches Feld

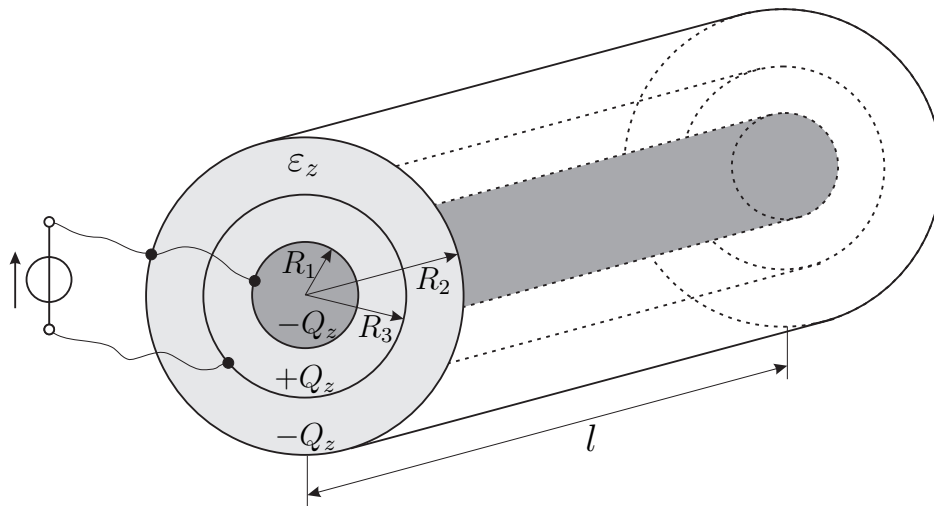
Punkte: 20



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 der Permittivität ε_z . Der Kondensator wird über eine Spannungsquelle mit der Gesamtladung Q_z geladen. Randeffekte an den Stirnflächen des Kondensators können vernachlässigt werden.

- Zeichnen Sie in einer Skizze des Querschnittes des Kondensators Äquipotenziallinien des elektrischen Feldes ein. Wo ist der Betrag der Feldstärke am größten? (2 Punkte)
- Bestimmen Sie die elektrische Feldstärke im Kondensator abhängig von der Ladung Q_z auf den Elektroden und dem Radius r ($R_1 \leq r \leq R_2$). Wenden Sie dabei das gaußsche Gesetz der Elektrostatik an und begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen. (6 Punkte)
- Bestimmen Sie Spannung U_z zwischen den beiden Elektroden abhängig von der Ladung Q_z des Kondensators. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen.
Hinweis: Falls Sie Punkt b) nicht lösen konnten, rechnen Sie mit folgenden Wert für die Feldstärke $E = k \frac{Q_z}{r}$ (4 Punkte)
- Bestimmen Sie erst allgemein und dann zahlenmäßig die Kapazität C_z des Kondensators für folgende Werte: $\varepsilon_z = \frac{50}{\pi} 10^{-9} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $R_1 = 2 \text{ mm}$, $R_2 = 3 \text{ mm}$, $l = 21 \text{ mm}$. (3 Punkte)

Hinweise: $\ln 1.5 \approx 0.4$, $\ln e = 1$

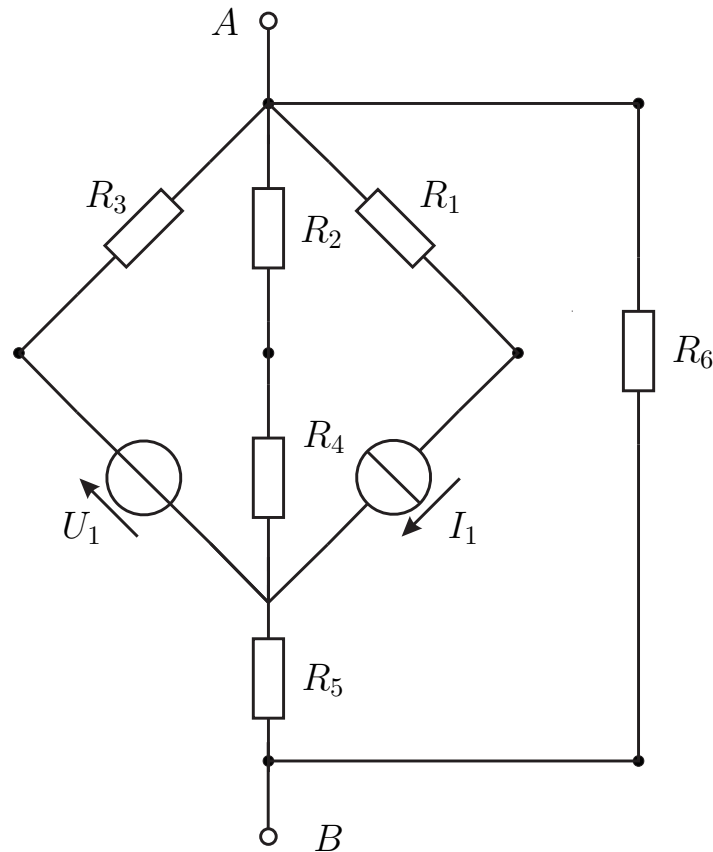


Der Kondensator wird nun folgendermaßen verändert: Eine zusätzliche zylindrische Elektrode mit dem Radius R_3 ($R_1 < R_3 < R_2$) wird ins Innere platziert, die innere und äußere Elektrode werden miteinander verbunden (siehe Bild).

- e) Der neue Kondensator kann als Zusammenschluss zweier Kondensatoren (einem inneren $R_1 < r < R_3$ und einem äußeren $R_3 < r < R_2$) gesehen werden. Sind diese beiden Kondensatoren parallel oder in Reihe geschaltet? (1 Punkt)
- f) Wie hat sich die Gesamtkapazität des Kondensators verändert? Begründen Sie. (2 Punkte)
- g) Kann der neue Kondensator auch bei der maximal zugelassenen Spannung des ursprünglichen Kondensators betrieben werden? Begründen Sie. (2 Punkte)

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 13



Das gegebene Netzwerk besteht aus einer idealen Gleichspannungsquelle U_1 , einer idealen Gleichstromquelle I_1 , sowie 6 Widerständen R_1 bis R_6 . Die Klemmen A und B sind unbeschaltet (Leerlauf).

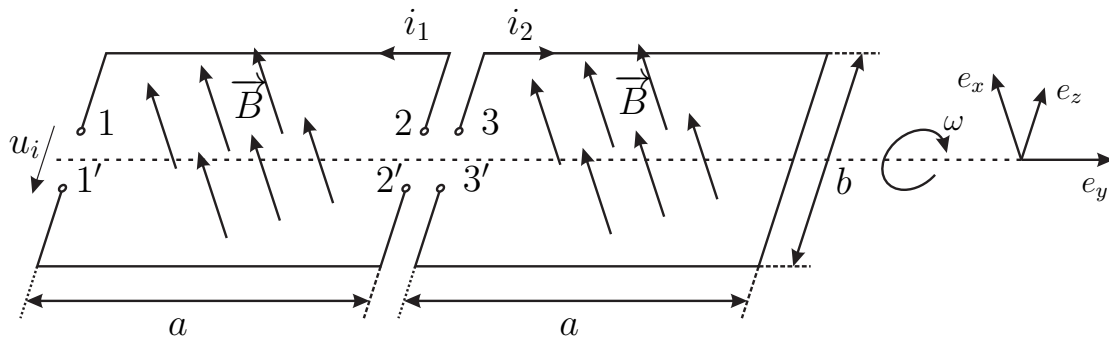
- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens die Spannung U_{AB} zwischen den Klemmen A und B für den Leerlauffall. (9 Punkte)

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

- b) Bestimmen Sie den Innenwiderstand bezüglich der Klemmen A und B . (4 Punkte)

3 Zeitlich veränderliches Magnetfeld

Punkte: 17



Gegeben seien zwei rechteckige Leiterschleifen, die sich in einem homogenen Magnetfeld $\vec{B} = B\vec{e}_x$ mit der konstanten Kreisfrequenz ω um die y -Achse drehen. An den Klemmen 1 und 1' beziehungsweise den Klemmen 2, 2', 3 und 3' können die Drähte der Anordnung miteinander verbunden werden, siehe Zeichnung. Zum Zeitpunkt $t = 0$ steht das Magnetfeld senkrecht zur Oberfläche der Leiterschleifen, die sich in der y, z -Ebene befinden.

Zunächst wird nur die linke Leiterschleife betrachtet. Die Klemmen 2, 2' sind geschlossen. Die rechteckige Leiterschleife mit den Kanten a und b habe den Widerstand R .

- Bestimmen Sie allgemein den Magnetischen Fluss $\phi = f(a, b, t, B, \omega)$, der durch die Leiterschleife fließt (Klemmen 1, 1' geschlossen). Begründen Sie dabei vorgenommene Vereinfachungen. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein die induzierte Spannung u_i (Klemmen 1, 1' offen) und den induzierten Strom i_1 (Klemmen 1, 1' geschlossen). (3 Punkte)
- Skizzieren Sie qualitativ die Verläufe des magnetischen Flusses ϕ und der induzierten Spannung u_i über den Phasenwinkel ωt in demselben Koordinatensystem. (2 Punkte)

d) Begründen Sie welche Auswirkungen folgende Änderungen haben (5 Punkte):

- Verdopplung des Betrages des Magnetfeldes B auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Frequenz ω auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Kantenlängen a und b ($a' = 2 \cdot a$ und $b' = 2 \cdot b$) auf den Betrag der induzierten Spannung
- Verdopplung der Kantenlängen a und b ($a' = 2 \cdot a$ und $b' = 2 \cdot b$) auf den Betrag des resultierenden Stromes

Im Folgenden wird der gesamte Systemaufbau mit beiden Leiterschleifen betrachtet.

Falls Sie Aufgabenteil b) nicht lösen konnten gehen Sie im Folgenden von einer induzierten Spannung $u_i(t) = u_1(t)$ für Klemmen 1,1' offen und Klemmen 2,2' geschlossen aus.

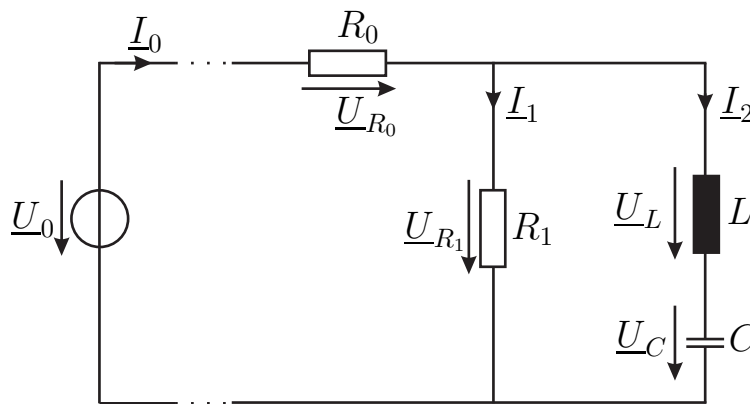
Berechnen und begründen Sie für folgende Fälle die induzierte Spannung $u_i(t)$, wenn folgende Klemmen verbunden sind:

- e) Klemmen 1,1' offen, Klemmen 2,3' und Klemmen 2',3 geschlossen (1 Punkt)
- f) Klemmen 1,1' offen, Klemmen 2,3 und Klemmen 2',3' geschlossen (2 Punkte)

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30

Bei der Entwicklung eines elektrischen Gerätes haben Sie für Ihre Schaltung folgendes Ersatzschaltbild erstellt. Das Gerät wird mit einer variablen Spannungsquelle (verstellbarer Spannung und Frequenz) betrieben.



Folgende Bauteile sind bekannt: $R_0 = 5 \Omega$, $R_1 = 25 \Omega$, $L = 400 \text{ mH}$, $C = 500 \mu\text{F}$

- Bestimmen Sie allgemein die Impedanz \underline{Z} des Gerätes. (2 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein und zahlenmäßig die Kreisfrequenz ω_0 , bei welcher der Speisestrom I_0 maximal ist. (3 Punkte)

Hinweis: Näherung $\frac{1}{\sqrt{2}} \approx 0,7$

Das Gerät wird bei einer Kreisfrequenz $\omega = 200 \frac{1}{\text{s}}$ betrieben. Dabei wird ein Strom $\underline{I}_1 = 7 \text{ A} e^{j0^\circ}$ gemessen.

- Berechnen Sie sämtliche Spannungen und Ströme im Netzwerk in komplexer Schreibweise. (8 Punkte)

Verwenden Sie ab hier die im Folgenden angegebenen Werte:

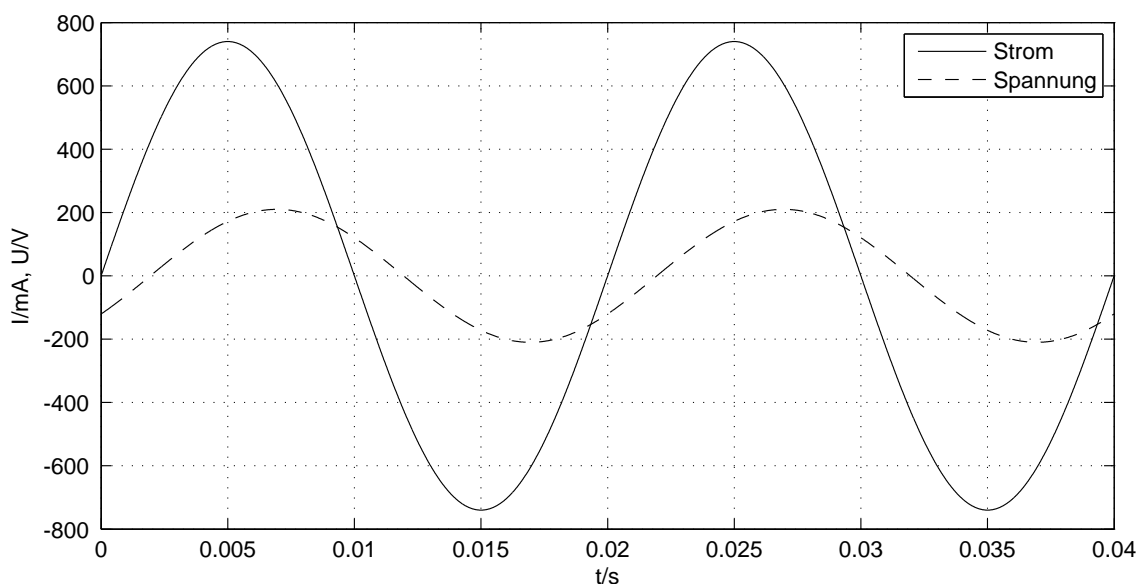
$$\begin{array}{lll}
 \underline{U}_0 = (296 - j48) \text{ V} & \underline{U}_L = 300 \text{ V} & \underline{I}_0 = (10,3 - j4,8) \text{ A} \\
 \underline{U}_{R_0} = (103 - j48) \text{ V} & \underline{U}_C = -107 \text{ V} & \underline{I}_1 = 10,3 \text{ A} \\
 \underline{U}_{R_1} = 193 \text{ V} & \omega = 200 \frac{1}{\text{s}} & \underline{I}_2 = -j4,8 \text{ A}
 \end{array}$$

- Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm mit sämtlichen Spannungen und Strömen (Maßstab: $20 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$, $1 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$). (4 Punkte)

\Rightarrow

- e) Die Phasenverschiebung der Schaltung soll kompensiert werden ($\varphi = 0^\circ$). (4 Punkte)
- Welches Bauteil schalten Sie parallel zu den Eingangsklemmen der Schaltung? Begründen Sie.
 - Bestimmen Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms betragsmäßig den Strom, der durch dieses Bauteil fließen muss.
 - Berechnen Sie annähernd die Größe des Bauteils.
- f) Erläutern Sie anhand einer Zeichnung die Beziehung zwischen Wirk-, Blind- und Scheinleistung und dem Phasenwinkel φ zwischen Strom und Spannung. (2 Punkte)
- g) Berechnen Sie die komplexe Scheinleistung \underline{S} . Wie groß ist die in den beiden Widerständen R_0 und R_1 umgesetzte Leistung? (2 Punkte)

Nach Fertigstellung eines ersten Geräteprototypen wollen Sie das aus dem Ersatzschaltbild bestimmte Wechselstromverhalten mit dem des realen Gerätes vergleichen. Sie schließen das Gerät an eine unbekannte Spannungsquelle an und nehmen folgenden zeitlichen Verlauf von \underline{U}_0 und \underline{I}_0 mit einem Messgerät auf.



- h) Bestimmen Sie die Frequenz f der Spannungsquelle. (1 Punkt)
- i) Vergleichen Sie die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung im Zeigerdiagramm und im aufgenommenen zeitlichen Verlauf. Begründen Sie den Unterschied. Zeigt die Schaltung im zeitlichen Verlauf induktives oder kapazitives Verhalten? (4 Punkte)

5 Kondensatornetzwerk

Punkte: 20

Im Folgenden werden eine Reihenschaltung (Aufgabenteile a) - f)), eine Parallelschaltung (Aufgabenteile g) - l)) und der Ladevorgang (Aufgabenteil n)) von Kondensatoren betrachtet. Die drei Teilabschnitte können unabhängig voneinander betrachtet werden. Aufgabenteil m) vergleicht die Ergebnisse aus den beiden ersten Schaltungen.

Die nachfolgenden Betrachtungen der Schaltungen gelten *nach dem Abschluss der Ladevorgänge*.

Reihenschaltung: (8,5 Punkte)

- a) Zeichnen Sie zunächst ein Netzwerk mit einer Reihenschaltung von zwei Kondensatoren (C_1 und C_2) und einer Spannungsquelle (U_0). (1 Punkt)
- b) Bestimmen Sie allgemein die Gesamtkapazität C_{ges1} des Netzwerks. (1 Punkte)
- c) Bestimmen Sie allgemein die Gesamtspannung U_{ges1} über den Kondensatoren in Abhängigkeit von den Einzelspannungen U_{C1} und U_{C2} , sowie die Gesamtladung Q_{ges1} der Kondensatoren in Abhängigkeit von den Einzelladungen Q_{C1} und Q_{C2} . (1 Punkte)

Gegeben: $C_1 = 2\mu F$, $C_2 = 4\mu F$, $U_0 = 210V$.

- d) Berechnen Sie die Gesamtkapazität C_{ges1} des Netzwerks. (0,5 Punkte)
- e) Berechnen Sie die Spannungen U_{C1} , U_{C2} und U_{ges1} , sowie die Ladungen Q_{C1} , Q_{C2} und Q_{ges1} der Kondensatoren. (4 Punkte)
- f) Bestimmen Sie allgemein und berechnen Sie die Gesamtenergie W_{ges1} in dem Netzwerk. (1 Punkte)

Parallelschaltung: (6,5 Punkte)

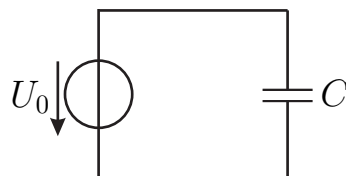
- g) Zeichnen Sie zunächst ein Netzwerk mit einer Parallelschaltung von zwei Kondensatoren (C_1 und C_2) mit einer Spannungsquelle (U_0). (1 Punkt)
- h) Bestimmen Sie allgemein die Gesamtkapazität C_{ges2} des Netzwerks. (1 Punkte)
- i) Bestimmen Sie allgemein die Gesamtspannung U_{ges2} über den Kondensatoren in Abhängigkeit von den Einzelspannungen U_{C1} und U_{C2} , sowie die Gesamtladung Q_{ges2} der Kondensatoren in Abhängigkeit von den Einzelladungen Q_{C1} und Q_{C2} . (1 Punkte)

Gegeben: $C_1 = 2 \mu F$, $C_2 = 4 \mu F$, $U_0 = 210 V$.

- j) Berechnen Sie die Gesamtkapazität C_{ges2} des Netzwerks. (0,5 Punkte)
- k) Berechnen Sie die Spannungen U_{C1} , U_{C2} und U_{ges2} , sowie die Ladungen Q_{C1} , Q_{C2} und Q_{ges2} der Kondensatoren. (2,5 Punkte)
- l) Bestimmen Sie allgemein und berechnen Sie die Gesamtenergie W_{ges2} in dem Netzwerk. (0,5 Punkte)

Vergleich: (2 Punkte)

- m) Erläutern Sie die Energiedifferenz der beiden Netze ($W_{diff} = W_{ges1} - W_{ges2}$). (2 Punkte)

Ladevorgang: (3 Punkte)

- n) Skizzieren Sie die Strom- und die Spannungskennlinie des Kondensators während des Ladevorgangs mit einer Spannungsquelle U_0 . (3 Punkte)