

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

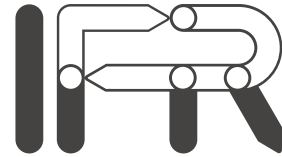
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik - 3h

08.08.2014

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: 19

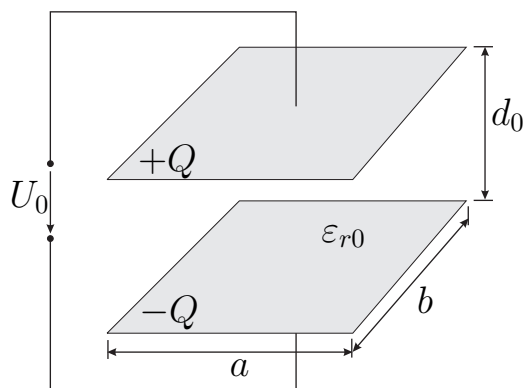


Bild 1

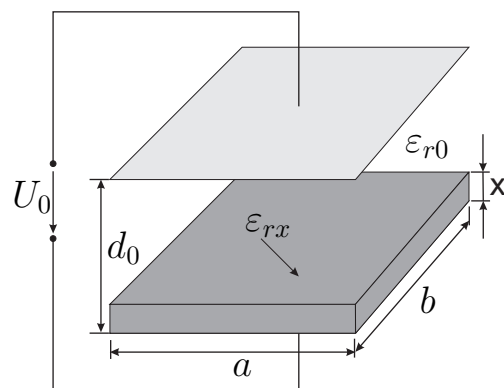


Bild 2

Gegeben sei ein mit Luft gefüllter Plattenkondensator (Bild 1). Die Dimensionen der Kondensatorplatten a, b sowie der Abstand d_0 dazwischen sind bekannt.

Hinweis: Die relative Permittivität von Luft ist gegeben durch $\varepsilon_{r0} = 1$.

- a) Bestimmen Sie die Kapazität C_0 des Kondensators. (2 Punkte)

Im Kondensator wird nun ein neues Dielektrikum der Dicke x und der Permittivität ε_{rx} eingeführt (Bild 2).

- b) Bestimmen Sie die Gesamtkapazität $C(x)$ des Kondensators. Normieren Sie die Gleichung auf C_0 und geben Sie sie in folgender Form an: (6 Punkte)

$$C^* = \frac{C(x)}{C_0} = f\left(\frac{x}{d_0}\right)$$

- c) Skizzieren Sie den Verlauf von C^* über $\frac{x}{d_0}$ für $\varepsilon_{rx} = 3$. Berechnen Sie erst hierfür die normierte Kapazität C^* bei $\frac{x}{d_0} = \{0, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1\}$. Tragen Sie die berechneten Werte in ein kartesisches Koordinatensystem ein und verbinden Sie die Punkte durch eine Kurve. (4 Punkte)

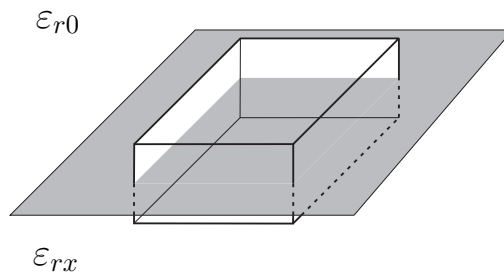


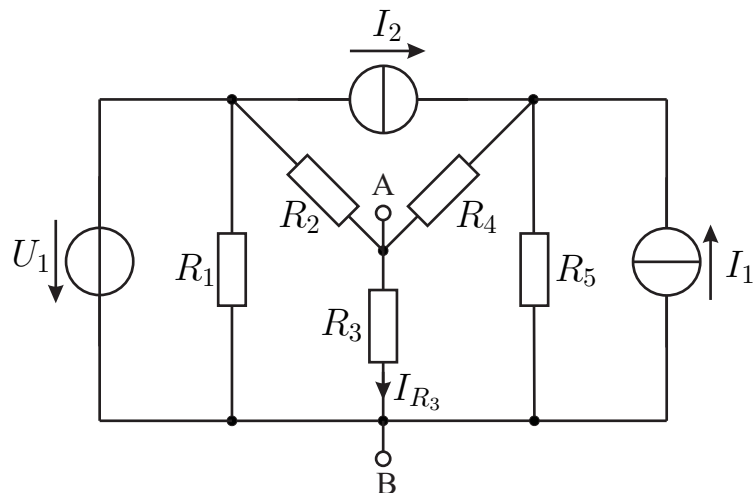
Bild 3

d) Der Übergang zwischen den beiden Medien soll näher untersucht werden. Auf der Grenzfläche zwischen den beiden Dielektrika befinden sich keine zusätzlichen Ladungen. Betrachtet wird zunächst ein Quader (Bild 3), der die Grenzfläche umschließt. (7 Punkte)

- Fertigen Sie eine eigene Skizze an und vervollständigen Sie sie mit den Normalen zu den Oberflächen und den elektrischen Flussdichten in den beiden Medien.
- Wenden Sie das Gaußsche Gesetz der Elektrostatik auf die gegebene Oberfläche an. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen.
- Bestimmen Sie das Verhältnis der elektrischen Feldstärken in den beiden Medien abhängig von den relativen Permittivitäten.

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 11



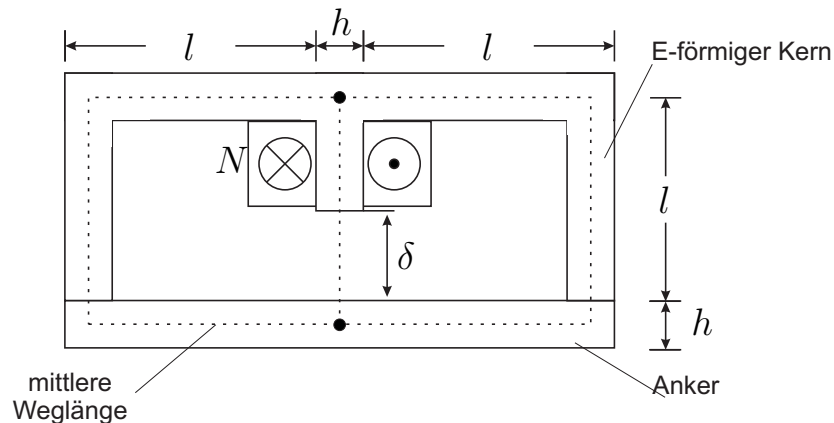
Das gegebene Netzwerk besteht aus einer idealen Gleichspannungsquelle U_1 , zwei idealen Gleichstromquellen I_1 und I_2 , sowie fünf Widerständen R_1 bis R_5 mit bekannten Werten.

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens den Strom I_{R_3} durch den Widerstand R_3 . Fertigen Sie für jeden Fall, den Sie betrachten, eine gesonderte Skizze an. (11 Punkte)

Hinweise: Nutzen Sie wenn möglich den Strom- oder Spannungsteiler.
Tragen Sie in jeder Skizze, die Sie anfertigen, die Richtung der relevanten Spannungen und Ströme ein.

3 Magnetischer Kreis

Punkte: 20



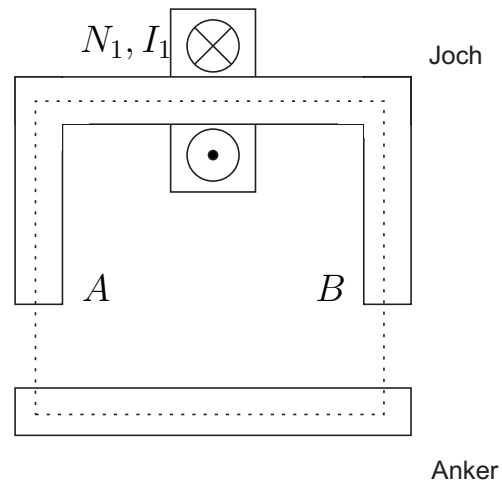
Die Anordnung bestehe aus einem E-förmigen Kern aus Dynamoblech mit der relativen Permeabilität $\mu_{r,dyn}$ und einem Anker aus Grauguss mit der relativen Permeabilität $\mu_{r,gg}$. Am mittleren Schenkel des Eisenkerns sei eine Spule mit der Wicklungszahl N angebracht. Die Querschnittsfläche des Materials sei quadratisch mit der Kantenlänge h . Im Luftspalt der Länge δ herrsche die Kraft $F = \frac{2h^2}{\mu_0} \left(\frac{V_s}{m^2} \right)^2$. Die Streuung ist zu vernachlässigen.

- Zeichnen Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises inklusive der Bezugsrichtungen der Quelle und der magnetischen Flüsse. Berechnen Sie allgemein die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbilds auf der mittleren Weglänge. (8 Punkte)
- Zeigen Sie über eine Dimensionsanalyse, dass die gegebene Kraft F tatsächlich in $[F] = 1N$ gegeben ist. (2 Punkte)
- Berechnen Sie den magnetischen Fluss im linken Schenkel. (4 Punkte)
Hinweis: Die Kraft im Luftspalt ist

$$F_L = \frac{B^2 A}{2\mu_0}$$

- Berechnen Sie die magnetische Spannung im Luftspalt. (2 Punkte)

⇒



Gegeben sei nun eine vereinfachte Anordnung ebenfalls bestehend aus Anker und Joch. Das Joch sei durch einen Luftspalt δ vom Anker getrennt.

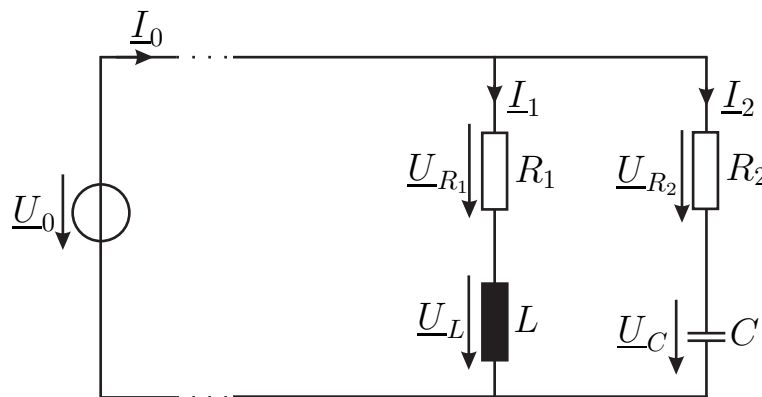
- e) Erläutern Sie zwei mögliche Formen der auftretenden Streuung an den Luftspalten. Fertigen Sie dazu zwei separate Skizzen der Anordnung sowie zwei Ersatzschaltbilder zur Modellierung der Streuung an. (4 Punkte)

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 30

Gegeben sei ein Netzwerk bestehend aus einer Spule L , einem Kondensator C und zwei Widerständen R_1 und R_2 . Das Netzwerk wird an einer Spannungsquelle \underline{U}_0 mit variabler Frequenz ω angeschlossen.

Folgende Größen sind bekannt: $L = 20 \text{ mH}$, $C = 400 \text{ }\mu\text{F}$.



Das Netzwerk wird zunächst mit Gleichspannung ($\omega = 0$) betrieben. Bei $|\underline{U}_0| = 30 \text{ V}$ wird der Strom $|\underline{I}_0| = 6 \text{ A}$ gemessen. Danach wird die Frequenz erhöht, so dass man bei der Betrachtung von $\omega \rightarrow \infty$ ausgehen kann. Bei derselben Spannung $|\underline{U}_0| = 30 \text{ V}$ wird nun der Strom $|\underline{I}_0| = 2 \text{ A}$ gemessen.

- Berechnen Sie die Widerstände R_1 und R_2 . Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild des Netzwerks für die beiden Fälle oder begründen Sie ihre Antwort. (4 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein (nicht zahlenmäßig) die Impedanz \underline{Z} des Netzwerkes. Geben Sie das Ergebnis in der Form $\frac{a+jb}{c+jd}$ an (keine Doppelbrüche). (4 Punkte)

Das Netzwerk wird bei einer Kreisfrequenz $\omega = 250 \frac{1}{\text{s}}$ betrieben. Dabei wird die Spannung $\underline{U}_{R_2} = 45 \text{ V } e^{j0^\circ}$ gemessen.

- Berechnen Sie sämtliche Ströme und Spannungen im Netzwerk in komplexer Schreibweise: \underline{I}_0 , \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , \underline{U}_0 , \underline{U}_C , \underline{U}_L und \underline{U}_{R_1} . (8 Punkte)

Verwenden Sie für die folgenden zwei Aufgabenpunkte die folgenden Werte:

$$\begin{aligned}\underline{U}_0 &= 54 \text{ V} & \underline{U}_{R_2} &= (37 + j25) \text{ V} \\ \underline{U}_C &= (17 - j25) \text{ V} & \underline{I}_0 &= (7,9 - j3,8) \text{ A} \\ \underline{U}_L &= (27 + j27) \text{ V} & \underline{I}_1 &= (5,4 - j5,4) \text{ A} \\ \underline{U}_{R_1} &= (27 - j27) \text{ V} & \underline{I}_2 &= (2,5 + j1,6) \text{ A}\end{aligned}$$

- d) Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm mit sämtlichen Spannungen und Strömen (*Maßstab: $1\text{cm} \hat{=} 5\text{V}$, $1\text{cm} \hat{=} 1\text{A}$*). (4 Punkte)
- e) Bestimmen Sie den Phasenwinkel φ zwischen der Spannung \underline{U}_0 und dem Strom \underline{I}_0 . Zeigt die Schaltung induktives oder kapazitives Verhalten? (2 Punkte)

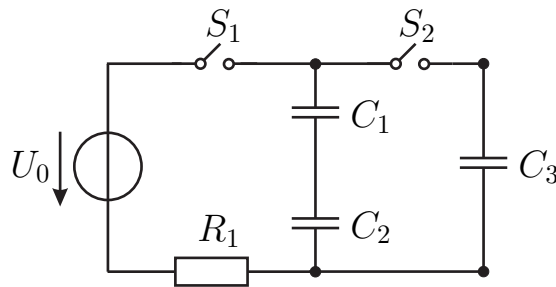
Das Resonanzverhalten des Netzwerkes soll nun analysiert werden. Die Widerstände R_1 und R_2 können vernachlässigt werden. Folgende Größen sind weiterhin gegeben:

$$\underline{U}_0 = 54 \text{ V } e^{j0^\circ}, \omega = 250 \frac{1}{\text{s}}, C = 400 \mu\text{F}.$$

- f) Fertigen Sie eine Skizze des resultierenden Netzwerkes an. (1 Punkt)
- g) Wie groß muss die Induktivität L der Spule sein, damit sich das Netzwerk bei der angegebenen Kreisfrequenz ω in Resonanz befindet. (2 Punkte)
- h) Bestimmen Sie mit der bei Punkt g) berechneten Induktivität und der gegebenen Kapazität die Ströme \underline{I}_1 und \underline{I}_2 . Skizzieren Sie ein neues Zeigerdiagramm, das diese Ströme und die Spannung \underline{U}_0 enthält (*Maßstab: $1\text{cm} \hat{=} 10\text{V}$, $1\text{cm} \hat{=} 2\text{A}$*). (3 Punkte)
- i) Bestimmen Sie den Strom \underline{I}_0 . Wie groß ist die Gesamtimpedanz \underline{Z}_{LC} des Netzwerkes unter diesen Bedingungen? (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 10 V beträgt, wird der Schalter S_1 wieder geöffnet.

Gegeben: $U_0 = 15 \text{ V}$, $C_1 = 6 \mu\text{F}$, $C_2 = 3 \mu\text{F}$, $C_3 = 3 \mu\text{F}$, $R_1 = 100 \Omega$.

- a) Zeichnen Sie zunächst das Netzwerk bei geschlossenem Schalter S_1 und geöffnetem Schalter S_2 . Tragen Sie alle relevanten Spannungen ein. (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie jeweils *formelmäßig* und *zahlenmäßig*
 - die Spannungen U_{C_1} und U_{C_2} über den jeweiligen Kondensatoren,
 - die Gesamtspannung U_{GES} über den Kondensatoren C_1 und C_2 ,
 - die Gesamtkapazität C_{GES} ,
 - die Gesamtladung Q_{GES} ,
 - die Gesamtenergie W_{GES} im Netzwerk. (8 Punkte)

Hinweis: Die Punkte müssen nicht in der angegebenen Reihenfolge bearbeitet werden.

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

- c) Zeichnen Sie zunächst das Netzwerk bei geschlossenem Schalter S_2 und geöffnetem Schalter S_1 . Tragen Sie alle relevanten Spannungen ein. (1 Punkt)
- d) Was geschieht beim Schließen des Schalters S_2 mit der Gesamtladung, die in den Kondensatoren C_1 und C_2 gespeichert ist. Erläutern Sie kurz den Vorgang. (1 Punkt)
- e) Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Gesamtkapazität C_{GES}^* des Netzwerks. (1 Punkt)
- f) Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Spannungen $U_{C_1}^*$, $U_{C_2}^*$ und $U_{C_3}^*$ an den entsprechenden Kondensatoren. (4 Punkte)
- g) Berechnen Sie formelmäßig und zahlenmäßig die Gesamtenergie W_{GES}^* im Netzwerk. Erläutern Sie die Energiedifferenz der beiden Netzwerke ($W_{diff} = W_{GES} - W_{GES}^*$). (2 Punkte)
- h) Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators C_3 , damit nach dem Schließen des Schalters S_2 die Spannung $U_{C_3}^*$ 1 V beträgt. (2 Punkte)