

Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

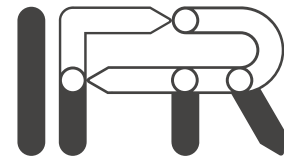
Prof. Dr.-Ing. M. Maurer

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher

Hans-Sommer-Str. 66

38106 Braunschweig

Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik - **3h**

08.03.2012

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.

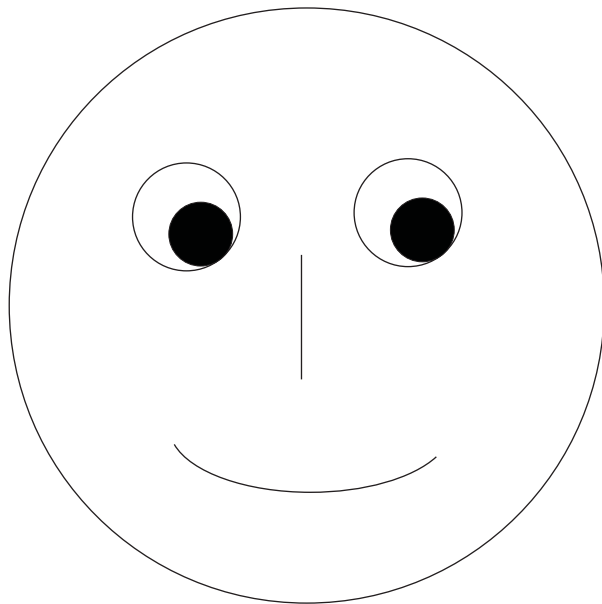
Zugelassene Hilfsmittel:

- Geodreieck
- Zirkel

Einverständniserklärung

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

Datum, Unterschrift



... Nein, die Rückseiten sollen wirklich nicht beschrieben werden...

Ja, für jede Aufgabe ein neues Blatt...

... Nein, ... nein, auch nicht. Weder Bleistift noch Rotstift verwenden.

Viel Erfolg!

1 Elektrisches Feld

Punkte: 20

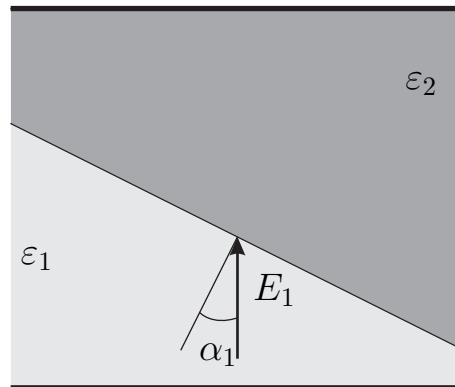


Bild 1

Das elektrische Feld eines Plattenkondensators trifft unter dem Winkel α_1 auf den Übergang zweier flüssiger Medien mit der Permittivität ε_1 bzw. ε_2 (Bild 1).

Gegeben: $\varepsilon_1 = 12 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $\varepsilon_2 = 9 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$, $\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$, $E_1 = \frac{30}{7} \text{ V/m}$

- a) Berechnen Sie das Verhältnis $\frac{E_2}{E_1}$ der elektrischen Feldstärke an der Grenzschicht. Gehen Sie vom Brechungsgesetz des elektrischen Feldes aus, vernachlässigen Sie den Einfluss der Kondensatorplatten. Fertigen Sie eine maßstabsgetreue Skizze an, die alle Komponenten der Feldstärken E_1 und E_2 beim Übergang zwischen den Medien enthält. Maßstab: $1 \text{ cm} \hat{=} 1 \text{ V/m}$ (6 Punkte)

Hinweis:

α	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\sin(\alpha)$	0	0.5	0.7	0.85	1
$\cos(\alpha)$	1	0.85	0.7	0.5	0

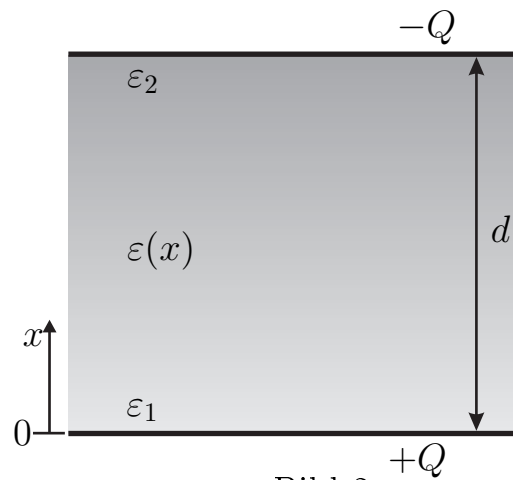


Bild 2

Zum Zeitpunkt t_0 vermischen sich die beiden Medien. Die Permittivität des Dielektrikums weist nun einen linearen Verlauf von $\varepsilon|_{x=0} = \varepsilon_1$ an einer Platte zu $\varepsilon|_{x=d} = \varepsilon_2$ an der anderen Platte wobei $\varepsilon_1 > \varepsilon_2$ (Bild 2). Bekannt sind die Ladung auf den Kondensatorplatten Q und die Dimensionen des Kondensators: die Oberfläche der Platten A bzw. der Abstand zwischen den Platten d .

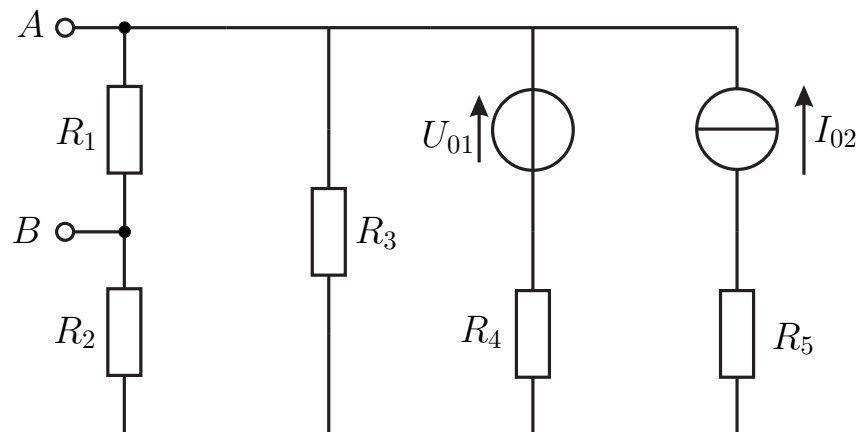
- b) Bestimmen Sie den Verlauf der elektrischen Permittivität $\varepsilon(x)$ in Abhängigkeit von x und skizzieren Sie den Verlauf inklusive der Grenzen. (2 Punkte)
- c) Bestimmen Sie den Verlauf des elektrischen Feldes $E(x)$ in Abhängigkeit von x . Gehen Sie vom Gaußschen Gesetz der Elektrostatik aus. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen und fertigen Sie eine Skizze an, die die Anwendung des Gesetzes veranschaulicht. (7 Punkte)
- d) Bestimmen Sie die Kapazität des Kondensators. Begründen Sie vorgenommene Vereinfachungen. (5 Punkte)

Hinweis:

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{a} \ln(ax + b) \right) = \frac{1}{ax + b}$$

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20



Das gegebene Netzwerk besteht aus einer idealen Gleichspannungsquelle U_{01} und einer idealen Gleichstromquelle I_{02} sowie 5 Widerständen R_1 bis R_5 .

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe des Superpositionsverfahrens die Spannung U_{AB} zwischen den Klemmen A und B für den Leerlauf. Verwenden Sie **nicht** das Maschenstromverfahren. (8 Punkte)

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

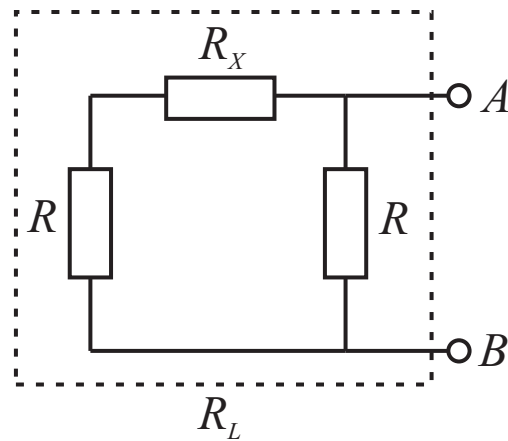
- b) Bestimmen Sie den Innenwiderstand bezüglich der Klemmen A und B . (3 Punkte)
- c) Berechnen Sie den Strom I durch einen Draht aus Aluminium mit einer Querschnittsfläche $A = 1,5 \text{ mm}^2$, wenn die elektrische Feldstärke im Draht $E = 0,05 \text{ V/m}$ beträgt. (2 Punkte)

Hinweis: spezifischer Widerstand von Al $\rho_{Al} = 2,5 \cdot 10^{-2} \frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$

- d) Nennen Sie die drei charakteristischen Größen von Ersatzquellen und fertigen Sie entsprechende Skizzen mit allen charakteristischen Größen an. (3 Punkte)

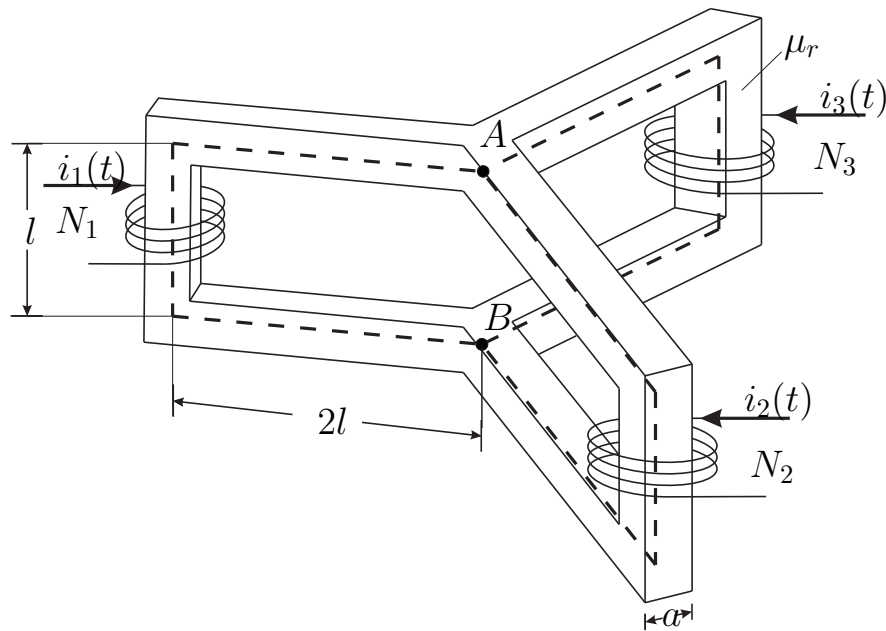
Es gelte für die folgenden Aufgaben: $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$

- e) Zwischen den Klemmen A und B der Ersatzspannungsquelle werde ein Lastwiderstand R_L angeschlossen. Die dem Netzwerk entnommene Leistung soll nun maximiert werden. Wie nennt sich dieser Betriebszustand? Welche Bedingung muss dazu erfüllt sein? Der Lastwiderstand soll durch das folgende Netzwerk realisiert werden. Bestimmen Sie den Wert von R_X so, dass die geforderte Bedingung erfüllt ist.
(4 Punkte)



3 Magnetischer Kreis

Punkte: 20



In der Skizze ist ein symmetrischer Dreischenkel-Transformator aus Eisen mit der relativen Permeabilität μ_r dargestellt. Die Querschnittsfläche des Eisenkerns sei quadratisch mit der Kantenlänge a . Die Spule 1 mit der Wicklungszahl N_1 wird vom Strom $i_1(t)$ durchflossen. Die Ströme $i_2(t)$ und $i_3(t)$ seien gleich 0, d.h. die Spulen 2 und 3 werden zunächst im Leerlauf betrieben. Es trete keine Streuung auf.

- Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises inklusive der Bezugsrichtungen der 3 Quellen und der magnetischen Flüsse. Berechnen Sie allgemein die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbilds auf der mittleren Weglänge und bestimmen Sie den magnetischen Gesamtwiderstand $R_{m,ges}$ der Anordnung. (5 Punkte)
- Bestimmen Sie die Teilflüsse in den einzelnen Schenkeln in Abhängigkeit von N_1 , $i_1(t)$ und $R_{m,ges}$. (3 Punkte)
- Bestimmen Sie die induzierten Spannungen $u_{ind,2}$ und $u_{ind,3}$ an den Spulen 2 und 3 allgemein und kennzeichnen Sie die Richtung der Induktionsspannungen am Beispiel von Spule 2 in einer gesonderten Skizze. (4 Punkte)

Es seien folgende Größen gegeben:

$$N_1 = 30, \quad N_2 = 15, \quad N_3 = 60$$

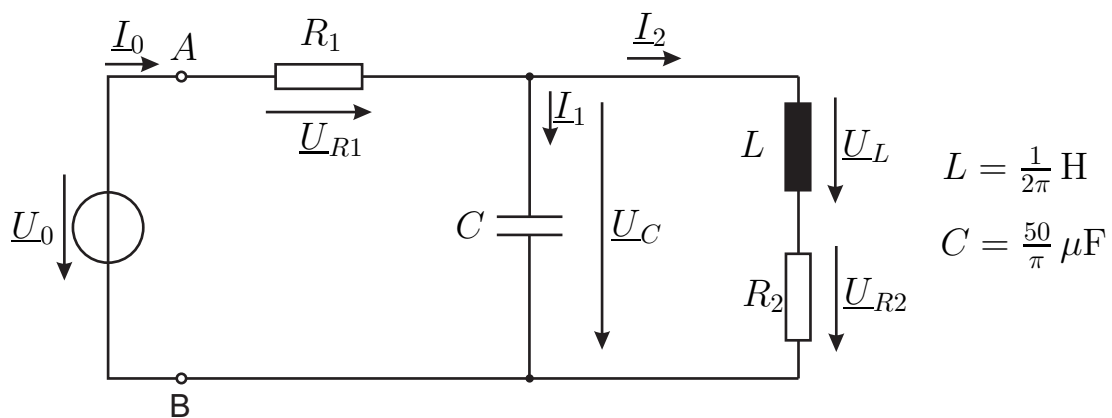
$$\hat{I}_1 = 600 \text{ mA}, \quad f = 50/\pi \text{ Hz}, \quad R_{m,ges} = 27 \cdot 10^3 \text{ H}^{-1}, \quad i_1(t) = \hat{I}_1 \cdot \cos(\omega t) + I_0$$

- d) Berechnen Sie die Amplituden der induzierten Spannungen $\hat{U}_{ind,2}$ und $\hat{U}_{ind,3}$ zahlenmäßig. (4 Punkte)
- e) Unter der Annahme, dass $i_2(t)$ und $i_1(t)$ in Phase sind: Wie groß müsste die Amplitude des Stroms $i_2(t)$ sein, um $u_{ind,3} = 0$ zu erhalten? Begründen Sie. (4 Punkte)

4 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 20

Das elektrische Verhalten einer elektrischen Maschine kann aus Sicht der speisenden Quelle \underline{U}_0 mit folgendem Schaltbild modelliert werden:



Eine Betrachtung des Verhaltens der Schaltung bei $\omega = 0$ bzw. $\omega \rightarrow \infty$ und $|\underline{U}_0| = 30\text{V}$ ergibt die Ströme $|\underline{I}_0| (\omega = 0) = 0,5\text{A}$ und $|\underline{I}_0| (\omega \rightarrow \infty) = 3\text{A}$.

- a) Berechnen Sie R_1 und R_2 . (4 Punkte)

Die Maschine wird im Betrieb mit einer Frequenz $f = 50\text{Hz}$ gespeist. Dabei wird eine Spannung $\underline{U}_C = 200e^{j0^\circ}\text{V}$ gemessen.

- b) Entwickeln Sie das vollständige Zeigerdiagramm, das alle Ströme und Spannungen enthält. Bestimmen Sie die komplexen Größen \underline{U}_0 , \underline{U}_{R1} , \underline{U}_L , \underline{U}_{R2} , \underline{I}_0 , \underline{I}_1 , \underline{I}_2 oder deren Beträge. Bestimmen Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms die Phasenverschiebung φ_0 zwischen dem Strom \underline{I}_0 und der Spannung \underline{U}_0 . (8 Punkte)
(Maßstab: $20\text{V} \hat{=} 1\text{cm}$ und $0,5\text{A} \hat{=} 1\text{cm}$)
- c) Zeigt die Maschine induktives oder kapazitives Verhalten? Begründen Sie kurz. (1 Punkt)

\Rightarrow

Für Industrieanlagen fallen in der Regel Kosten für Blindleistung an. Um diese Kosten zu vermeiden soll den Kunden ein Zusatzmodul angeboten werden, durch das der Phasenwinkel mittels eines zusätzlichen Blindwiderstandes zwischen den Klemmen A und B auf $\varphi^* = 0^\circ$ kompensiert wird.

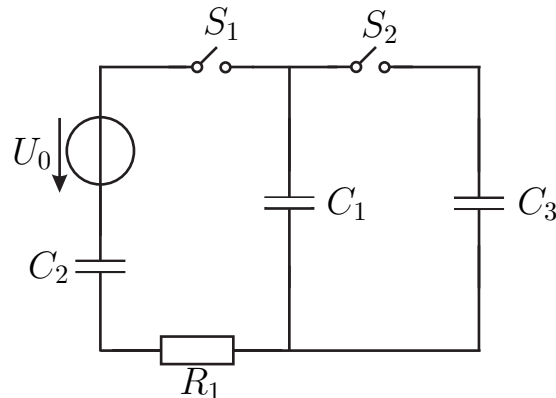
- d) Wählen Sie ein geeignetes Bauelement aus und begründen Sie Ihre Wahl. Zeichnen Sie den Stromzeiger \underline{I}^* des Bauteils in das Zeigerdiagramm ein. (2 Punkte)
- e) Bestimmen Sie die Größe des Bauteils aus Aufgabenpunkt d). Nehmen Sie hierfür einen Strom $|\underline{I}^*| = 1,35A$ bei einer Eingangsspannung $|\underline{U}_0| = 300V$ an. (2 Punkte)
(*Hinweis: $\pi \approx 3$*)

In einem weiteren Einsatzszenario soll die Maschine über einen Frequenzumrichter mit variabler Frequenz ohne die Blindleistungskompensation aus Aufgabenteil d) gespeist werden. Durch ohmsche Verluste in dem Frequenzumrichter reduziert sich $|\underline{U}_0|$ auf 90%.

- f) Welchen Einfluss hat die verringerte Eingangsspannung $|\underline{U}_0|$ auf die Phasenlage zwischen $|\underline{I}_0|$ und $|\underline{U}_0|$? Wie ändern sich in diesem Fall Schein-, Blind- und Wirkleistung relativ zum Betrieb ohne Frequenzumrichter? (3 Punkte)

5 Kondensatornetzwerk

Punkte: 20



In dem abgebildeten Kondensatornetzwerk seien alle Kondensatoren ungeladen. Des Weiteren seien die beiden Schalter S_1 und S_2 zunächst geöffnet.

Gegeben: $U_0 = 9 \cdot 10^6 \text{ V}$, $C_1 = 3 \mu\text{F}$, $C_2 = 6 \mu\text{F}$ und $R_1 = \frac{1}{2} \text{ M}\Omega$.

- Der Schalter S_1 wird geschlossen. Berechnen Sie nun allgemein und zahlenmäßig die Gesamtkapazität C_{G1} dieses Netzwerks. (2 Punkte)
- Betrachten Sie nun den Ladevorgang für das Netzwerk aus Aufgabenpunkt a). Stellen Sie die Differentialgleichung zur Bestimmung der Spannung u_{CG1} an der Gesamtkapazität C_{G1} auf. (4 Punkte)
- Berechnen Sie die Zeitkonstante τ_1 des Systems aus Aufgabenpunkt a). (2 Punkte)
- Bestimmen Sie allgemein den Strom $i_{R1}(t)$ basierend auf der Lösung der Differentialgleichung von Aufgabenpunkt b) und skizzieren Sie den Verlauf maßstäblich, indem Sie die Werte für $t = 0$, $t = 1,1 \text{ s}$ und $t \rightarrow \infty$ berechnen. (5 Punkte)

Hinweise:

$$u_{CG1} = U_0 \left(1 - e^{-t/\tau_1}\right)$$

$$e^{-1,1} \approx \frac{1}{3}$$

\Rightarrow

- e) Der Schalter S_1 bleibt geschlossen. S_2 wird nun ebenfalls geschlossen. Gehen Sie wiederum davon aus, dass alle Einschwingvorgänge abgeschlossen sind. Es wird eine Gesamtkapazität C_{G2} von $3\mu F$ gemessen. Ermitteln Sie die Kapazität C_3 zunächst formelmäßig und anschließend zahlenmäßig. (3 Punkte)
- f) Berechnen Sie Gesamtenergie W_1 aller Kondensatoren vor dem Schließen des Schalters S_2 und anschließend die Gesamtenergie W_2 nach dem Schließen des Schalters S_2 . Woher kommt die Energiedifferenz? (3 Punkte)
- g) Welche Rolle spielt der Widerstand R_1 ? Wofür ist der wichtig und wann kann er vernachlässigt werden? (1 Punkt)