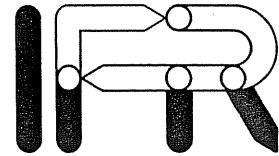


Institut für Regelungstechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

Prof. Dr.-Ing. W. Schumacher
Prof. Dr.-Ing. T. Form
Prof. em. Dr.-Ing. W. Leonhard

Hans-Sommer-Str. 66
38106 Braunschweig
Tel. (0531) 391-3836



Klausuraufgaben

Grundlagen der Elektrotechnik

05.09.2006

Name: _____ Vorname: _____ Matr.-Nr.: _____							
1:	2:	3:	4:	5:	6:	7:	8:
Summe: _____ Note: _____							

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

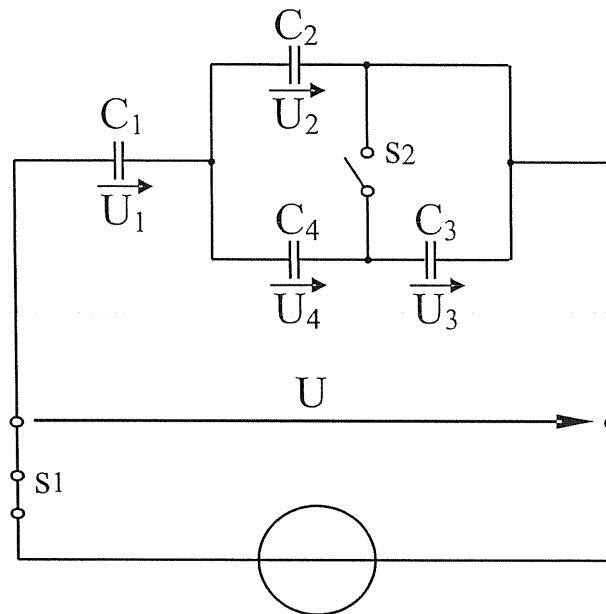
Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine roten Stifte verwenden.

1 Kondensatornetzwerk

Punkte: 12



Das Netzwerk mit vier Kondensatoren liegt über den geschlossenen Schalter $S1$ an einer einstellbaren Spannungsquelle. Der Schalter $S2$ ist geöffnet. Beide Schalter weisen einen vernachlässigbaren Widerstand auf.

Gegeben:

$$C_1 = 12C$$

$$C_2 = 9C$$

$$C_3 = C_4 = 6C$$

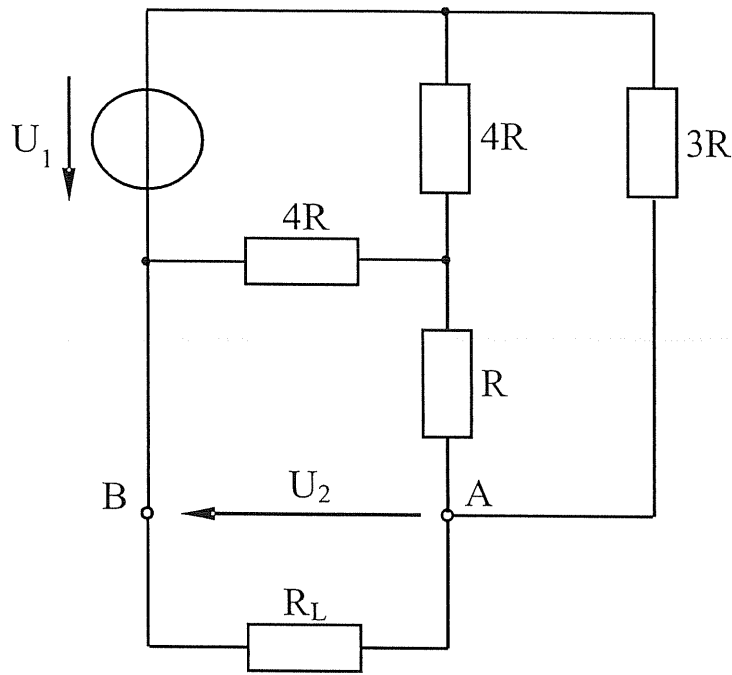
- Die Ersatzkapazität C_{ges} des Netzwerkes ist zu bestimmen.
- Die zulässige Nennspannung aller Kondensatoren beträgt $U_N = 50V$. Es ist die maximale Spannung $U = U_{max}$ zu ermitteln, bei der die Nennspannung U_N an keinem der Kondensatoren überschritten wird.
- Die im Netzwerk gespeicherte Energie W ist allgemein und für $C = 1 \mu F$ zu berechnen.

Nach Einstellung des in b) ermittelten Wertes für U wird die Spannungsquelle durch Öffnen von $S1$ vom Netzwerk getrennt und der Schalter $S2$ wird geschlossen.

- Es sind die Spannungen U_1, U_2, U_3, U_4 und die Gesamtspannung U zu berechnen.
- Die im Netzwerk gespeicherte Energie W ist allgemein und für $C = 1 \mu F$ zu berechnen. Erklären Sie die Differenz der Energie im Vergleich zu Aufgabenteil c).

2 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 15

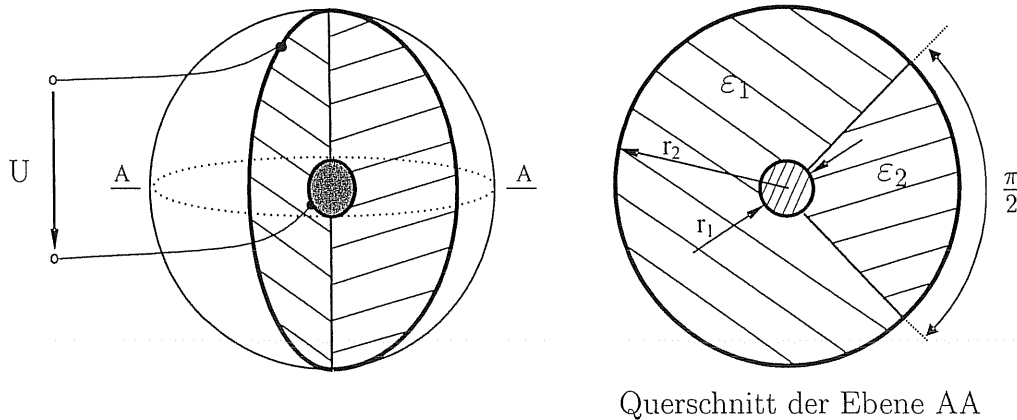


Das Netzwerk ist bezüglich der Klemmen A und B durch eine Ersatzspannungsquelle darzustellen, die durch den Widerstand R_L belastet wird.

- Berechnen Sie den Innenwiderstand R_i der Ersatzquelle bezüglich der Klemmen A und B.
- Berechnen Sie die Leerlaufspannung U_{2L} .
(Vorschlag: Lösung über Maschenstromverfahren)
- Das Spannungsverhältnis $\left| \frac{U_2}{U_1} \right|$ in Abhängigkeit vom Lastwiderstand R_L ist in der Form $\frac{U_2}{U_1} = f\left(\frac{R_L}{R}\right)$ anzugeben.
- Die Werte $\frac{R_L}{R}$ sind für die Teilverhältnisse $\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = 0,3$ sowie 0,5 und 0,6 zu bestimmen.
- Die Funktion $\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = f\left(\frac{R_L}{R}\right)$ ist maßstäblich zu skizzieren.
- Für $U_1 = 8\text{ V}$ und $R = 6\ \Omega$ ist die bei Leistungsanpassung im Netzwerk umgesetzte Leistung zu berechnen.

3 Kondensator

Punkte: 13



Zwischen den Wänden zweier konzentrisch angeordneter Kugeln mit den Radien r_1 und r_2 befinden sich zwei verschiedene Dielektrika. Dabei füllt das Dielektrikum mit der Permittivität ϵ_2 ein Viertel des Volumens aus. Die Anordnung trägt die Ladung Q .

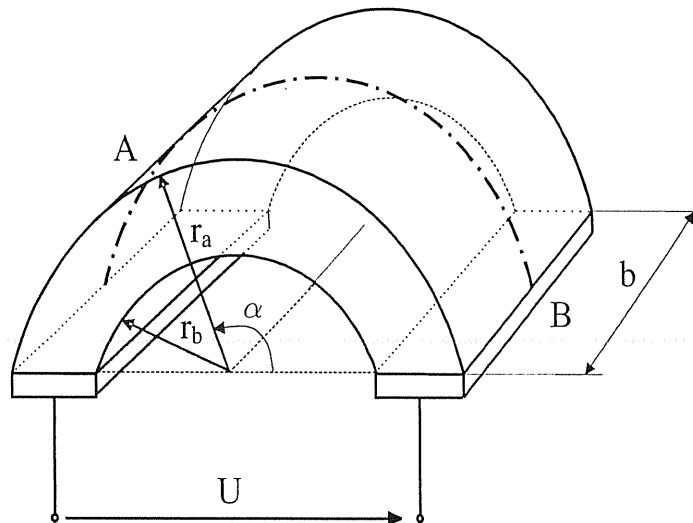
Gegeben: $r_1 = 2 \text{ cm}$, $r_2 = 6 \text{ cm}$, $Q = 10^{-9} \text{ As}$, $\epsilon_{r1} = 2$, $\epsilon_{r2} = 4$, $\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36 \pi} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

- Für die gegebene Anordnung ist ein elektrisches Ersatzschaltbild zu zeichnen.
- In Abhängigkeit von den Verschiebungsdichten $|\vec{D}_i|$ in den Isolierstoffen ist eine Gleichung für die Ladung Q anzugeben.
- Die Elektrische Feldstärke $|\vec{E}|$ ist in Abhängigkeit von Q und r anzugeben.
- Die zwischen den Kugeln liegende Spannung U ist allgemein und zahlenmäßig zu berechnen.
- Es ist eine Gleichung für die Gesamtkapazität C der Anordnung zu bestimmen.
- Die Kapazität C ist zahlenmäßig zu berechnen.

Hinweis : Kugeloberfläche $A(r) = 4\pi r^2$

4 Elektrisches Strömungsfeld

Punkte: 10



Ein halbkreisförmiges Hohlzylindersegment mit dem spezifischen Widerstand ρ liegt wie oben dargestellt mit seinen Kontaktflächen (Widerstand $R = 0 \Omega$) an der Gleichspannungsquelle U .

- Fertigen Sie eine Querschnittszeichnung durch die Punkte A und B an. Tragen Sie in diese die Feldlinien des elektrischen Strömungsfeldes sowie die Äquipotentialflächen ein (jeweils drei Flächen). Die Flächen mit den Potentialen $\varphi_0 = 0 V$ und $\varphi_U = U$ sind ebenso einzuzeichnen.
- Zeichnen Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild mit differentiellen Widerstandselementen dR . Geben Sie dR formelmäßig an.
- Von welcher Koordinate sind die Stromdichte \vec{S} und die elektrische Feldstärke \vec{E} in dem Hohlzylindersegment abhängig? Die Spannung U ist gegeben. Beide Größen \vec{S} und \vec{E} sind in Abhängigkeit von der Spannung U zu berechnen.
- Aus der Beziehung $R = \frac{\int \vec{E} d\vec{s}}{\int \int \vec{S} d\vec{A}}$ ist der Gesamtwiderstand des Hohlzylindersegments zu bestimmen.

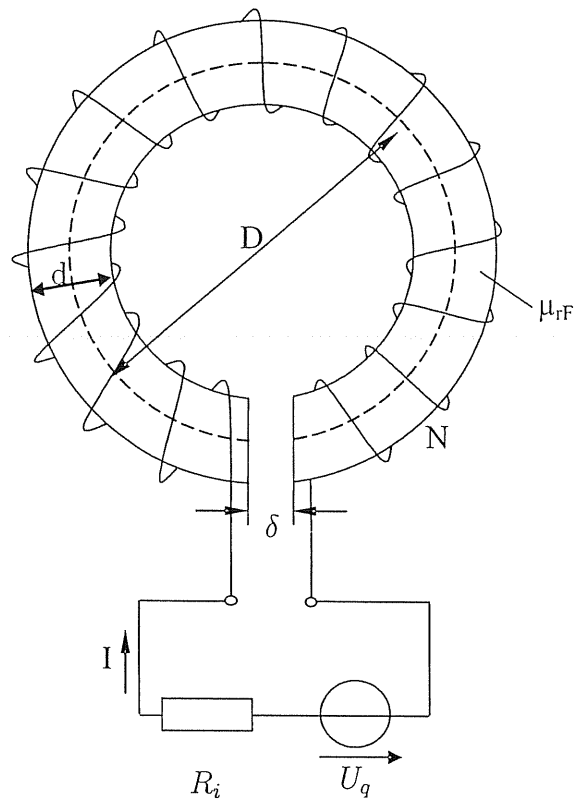
5 Magnetischer Kreis

Punkte: 12

Der abgebildete Stahlgussring mit kreisförmigem Querschnitt und einem Luftspalt δ wird mit einer Kupferwicklung von N Windungen gleichmäßig bewickelt. Im Luftspalt wird eine Luftspaltflussdichte $B_L = 1 \text{ T}$ gemessen. Am Luftspalt tritt 20% Streuung bezogen auf den Gesamtfluss auf.

Gegeben:

$$\begin{aligned} D &= 0,2 \text{ m} \\ d &= 2 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ \delta &= 5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ \mu_0 &= 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m} \\ \mu_{rFe} &= 10^4 \\ N &= 2000 \end{aligned}$$



- a) Skizzieren Sie das Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und tragen Sie alle magnetischen Größen mit ihren Bezugsrichtungen ein.
- b) Berechnen Sie folgende Größen (Zahlenwert und Einheit):

- magn. Fluss Φ_{Fe} im Stahlgussring
- magn. Fluss Φ_L im Luftspalt
- magn. Fluss Φ_{Streu} im Streubereich
- Flussdichte B_{Fe} im Stahlgussring
- magn. Widerstände von Stahlgussring R_{mFe} und Luftspalt $R_{m\delta}$
- magn. Feldstärken im Luftspalt H_L und im Stahlgussring H_{Fe}
- magn. Spannungen am Stahlgussring V_{Fe} und Luftspalt V_L
- erforderliche Durchflutung θ

Für die Wicklung wird ein Kupferdraht mit 1 mm Durchmesser und spezifischen Widerstand $\rho = 1,78\ \Omega\text{m}$ verwendet. Die mittlere Länge einer Windung beträgt $l_m = 8 \cdot 10^{-2}\text{ m}$.

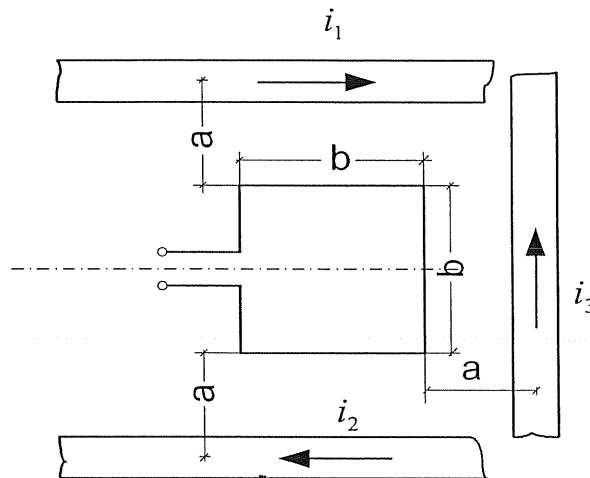
- c) Für die Inbetriebnahme des magnetischen Kreises steht eine reale Gleichspannungsquelle mit einem Innenwiderstand $R_i = 0,5\ \Omega$ zur Verfügung. Wie groß muss die Leerlaufspannung U_q der Quelle gewählt werden, damit die eingangs verlangte Luftspaltflussdichte B_L von 1 T erzeugt wird?

Der Kern aus Stahlguss wird entfernt. Die Durchflutung θ aus Aufgabenteil b) bleibt gleich.

- d) Welche Flussdichte B wird im Inneren der Spule erzeugt, wenn die Streuung vernachlässigt werden kann?

6 Induktion

Punkte: 10



Gegeben:

$$a = 10 \text{ mm}$$

$$b = 20 \text{ mm}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am}$$

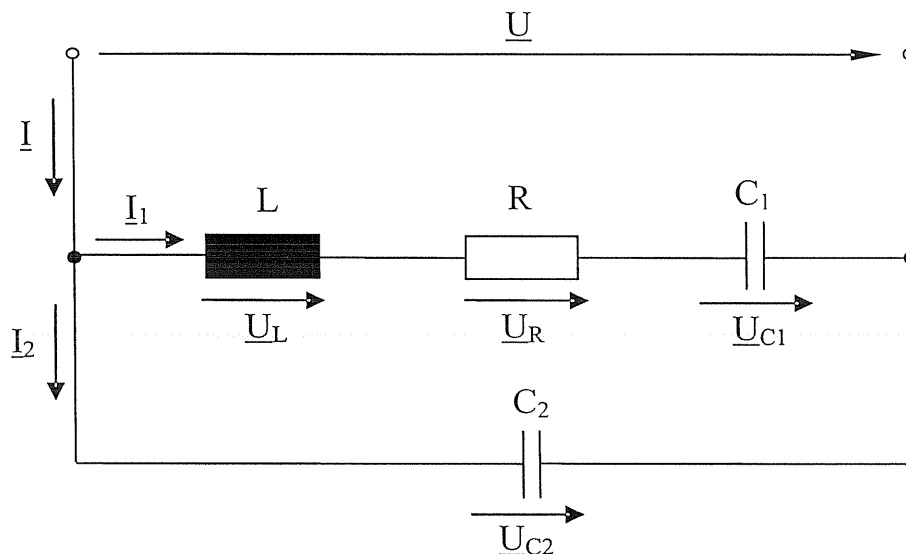
$$\mu_r = 1$$

Parallel zu einer Leiterschleife mit $N=10$ Windungen verlaufen im gleichen Abstand zwei unendlich lange Leiter. Ein dritter Leiter verläuft in derselben Ebene senkrecht zu den ersten beiden Leitern. Die Leiterschleife soll in der von den Leitern aufgespannten Ebene liegen. Durch die Leiter fließen die Wechselströme $i_1(t) = i_2(t) = \hat{I} \sin(\omega t)$ und $i_3(t) = \hat{I}_3 \sin(\omega t)$ in den angegebenen Richtungen.

- Die in der Leiterschleife von Stromleiter 1 und 2 induzierte Spannung ist zu berechnen, dabei wird Stromleiter 3 nicht betrachtet.
- Die in der Leiterschleife von Stromleiter 3 induzierte Spannung ist zu berechnen, dabei werden Stromleiter 1 und 2 nicht betrachtet.
- Die von allen Stromleitern gesamt induzierte Spitzenspannung ist zahlenmäßig zu berechnen, wenn $\hat{I} = 10 \text{ A}$, $\hat{I}_3 = 5 \text{ A}$ und $f = 50 \text{ Hz}$ betragen. Wie groß ist der Effektivwert der induzierten Spannung?
- Bestimmen Sie \hat{I}_3 in Abhängigkeit von \hat{I} damit die insgesamt induzierte Spannung Null beträgt.

7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 14



Gegeben:

$$R = 400 \, \Omega$$

$$L = 1 \, \text{mH}$$

$$C_1 = 1428 \, \text{pF}$$

$$C_2 = 600 \, \text{pF}$$

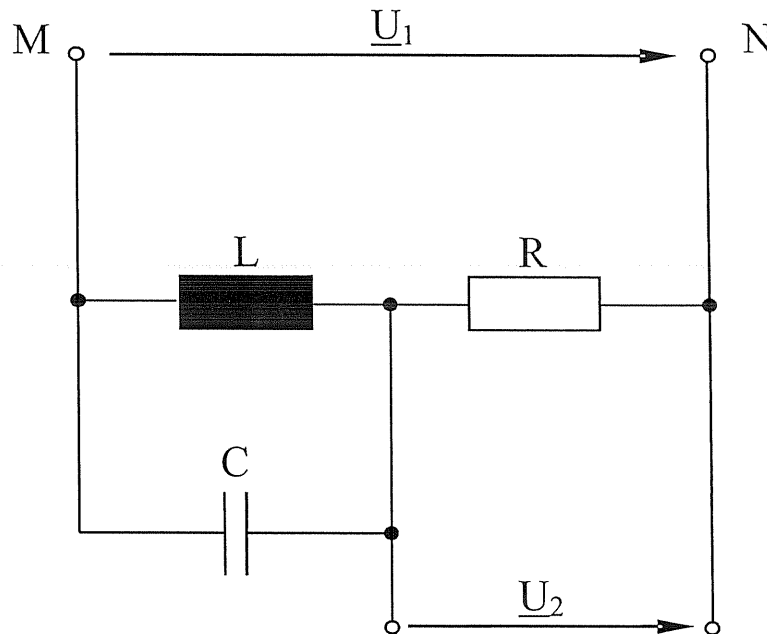
Die Wechselspannungsquelle \underline{U} arbeitet mit einer Frequenz von $f = \frac{1}{2\pi} \, \text{MHz}$. An der Induktivität L wird ein Spannungsabfall $|\underline{U}_L| = 10 \, \text{V}$ gemessen.

- $|\underline{I}_1|$, $|\underline{U}_R|$, und $|\underline{U}_{C1}|$ sind zahlenmäßig zu berechnen.
- Das vollständige Zeigerdiagramm mit allen Strömen und Spannungen ist zu entwickeln (Maßstab $1 \, \text{V} \hat{=} 1 \, \text{cm}$, $1 \, \text{mA} \hat{=} 1 \, \text{cm}$). Es sind folgende Größen zahlenwertmäßig anzugeben: $|\underline{U}|$, $|\underline{I}_2|$ und $|\underline{I}|$.
- Die der Quelle \underline{U} entnommene Wirkleistung P und Blindleistung Q sind zu berechnen.
- Unter Vernachlässigung des Widerstandes R ist für die im Bild angegebene Schaltung der Impedanz allgemein in der Form $\underline{Z} = j \frac{A}{B}$ zu berechnen.
- Aus der Impedanz \underline{Z} sind die Resonanzfrequenzen für Serienresonanz und Parallelresonanz der Schaltung in allgemeiner Form zu bestimmen.

8 Ortskurven

Punkte: 14

Gegeben ist folgendes Wechselstromnetzwerk:



- Berechnen Sie allgemein die Impedanz \underline{Z} an den Klemmen $M - N$ in der Form $A + jB$.
- Um was für einen Schwingkreis handelt es sich? Geben Sie die Resonanzbedingung an und berechnen Sie die Resonanzfrequenz.
- Den Betrag $|\underline{Z}|$ ist für die Frequenzen $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$ und $\omega = \infty$ anzugeben.
- Die Ortskurve von \underline{Z} ist zu zeichnen. Die Punkte für die Frequenzen nach c), sowie der induktive und kapazitive Bereich sind zu kennzeichnen.
- Der Betrag $\left| \frac{U_2}{U_1} \right|$ des komplexen Spannungsteilers ist für $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$ und $\omega = \infty$ zu bestimmen. Skizzieren Sie die Funktion $\left| \frac{U_2}{U_1} \right| = f(\omega)$.
- Die Güte Q und der Dämpfungsfaktor d sind für folgende Zahlenwerte zu bestimmen:

$$\begin{aligned}
 R &= 400\Omega \\
 L &= 20mH \\
 C &= 500nF
 \end{aligned}$$