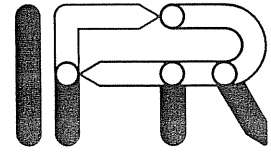


Institut für Regelungstechnik

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

18.03.2008

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

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

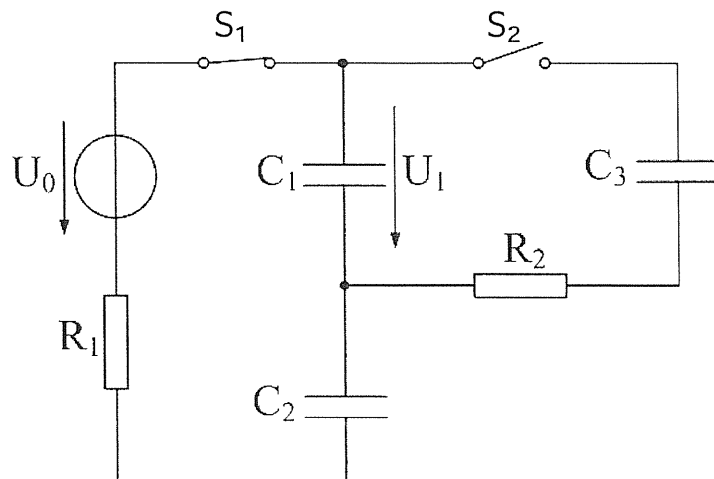
Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine roten Stifte verwenden.

1 Kondensatornetzwerk

Punkte: 18



Vor dem Anschluss der Spannungsquelle $U_0 = 210\text{ V}$ an das Netzwerk sind alle Kondensatoren entladen und alle Schalter geöffnet. Der Schalter S_1 wird geschlossen.

Gegeben: $C_1 = C$, $C_2 = 2C$

- a) Geben Sie den zeitlichen Verlauf des Stromes $i_{R_1}(t)$ durch den Widerstand R_1 in Abhängigkeit von C und R_1 an.

Die Widerstände R_1 und R_2 repräsentieren im Folgenden die ohmschen Verluste und werden bei der weiteren Rechnung vernachlässigt. Nachfolgende Betrachtungen gelten nach Abklingen der Einschwingvorgänge ($t \rightarrow \infty$).

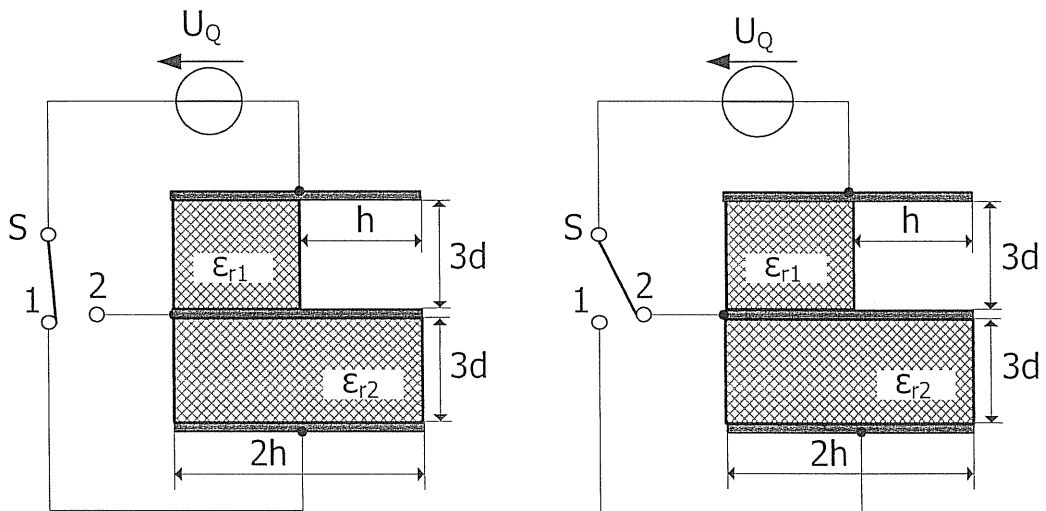
- b) Berechnen Sie allgemein die Spannung U_1 .
- c) Berechnen Sie die Kapazität C_2 , wenn die Gesamtladung der Anordnung $Q_{\text{Ges}} = 420\text{ }\mu\text{C}$ beträgt.

Nun wird der Schalter S_2 geschlossen. Der Schalter S_1 bleibt geschlossen und das Abklingen des neuen Einschwingvorganges wird abgewartet.

- d) Berechnen Sie die unbekannte Kapazität C_3 , wenn die neue Spannung $U_{1\text{neu}} = 70\text{ V}$ gemessen wird.
- e) Die Energiedifferenz $\Delta W = W_2 - W_1$ der Gesamtenergie aller Kondensatoren nach und vor dem Schließen von Schalter S_2 ist zu bestimmen und kurz zu erläutern.

2 Kondensator

Punkte: 17



Zwischen den Platten des dargestellten Plattenkondensators sind zwei homogene Dielektrika mit der Permittivität ϵ_{r1} und ϵ_{r2} eingebracht. Alle Platten haben die Fläche $2h \cdot b$. Die Anordnung befindet sich im Medium Luft, Randeffekte sind zu vernachlässigen. Der Schalter S befindet sich wie in der linken Skizze dargestellt in der Stellung 1.

Gegeben: $d = 1\text{ mm}$, $h = 3\text{ cm}$, $b = 2\text{ cm}$, $\epsilon_{r1} = 2 \epsilon_{r2} = 4$,
 $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$.

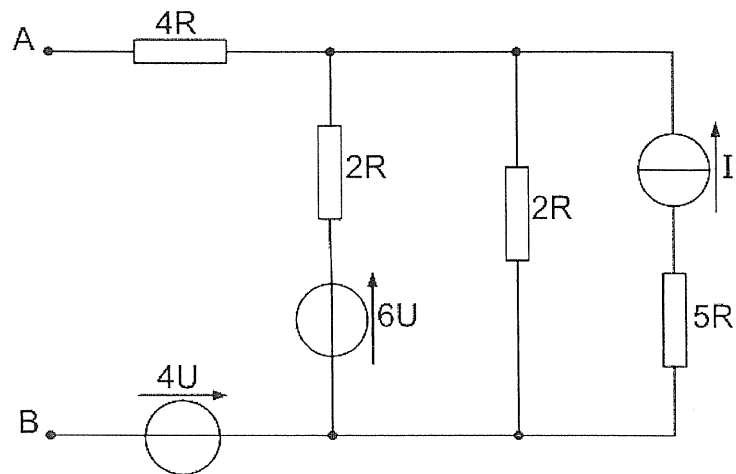
- Für die gegebene Anordnung (*linke Skizze*) ist ein elektrisches Ersatzschaltbild zu zeichnen.
- Berechnen Sie die Gesamtladung Q der Kondensatoren, wenn die Gleichspannungsquelle $U_Q = 500\text{ V}$ beträgt.
- Welche maximal zulässige Spannung $U_{Q \max}$ kann an den Kondensator angelegt werden, wenn die Durchschlagfeldstärke in Luft $E_D = 30\text{ kV/cm}$ beträgt?

Der Schalter S wird nun in die Position 2 umgeschaltet (*rechte Skizze*).

- Zeichnen Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild für diese Anordnung.
- Berechnen Sie allgemein die an der Spannungsquelle U_Q angeschlossene Gesamtkapazität $C_G = f(h)$ in Abhängigkeit der Plattenbreite h und skizzieren Sie diese für $h = 10 \dots 20\text{ mm}$.

3 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 20



Das Netzwerk ist bezüglich der Klemmen A und B durch eine Ersatzspannungsquelle darzustellen.

Gegeben: $I = \frac{U}{R}$

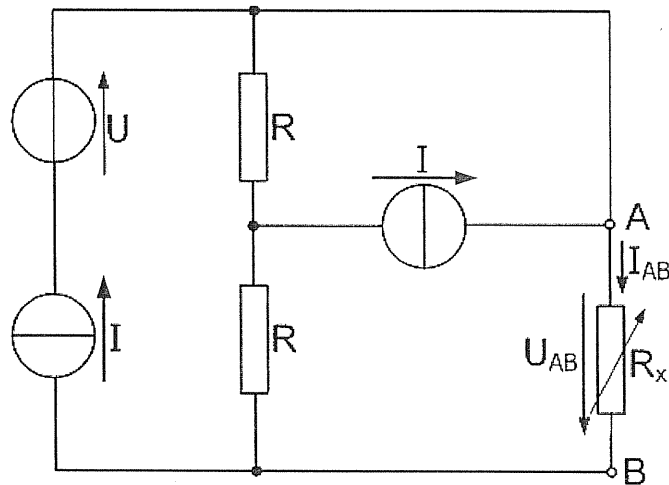
- Berechnen Sie den Innenwiderstand R_i der Ersatzquelle.
- Berechnen Sie allgemein die Leerlaufspannung U_L .

Das Netzwerk ist bei Leistungsanpassung an den Klemmen A-B durch einen Widerstand R_L belastet.

- Welchen Wert hat R_L ?
- Geben Sie U_{AB} in Abhängigkeit von R und U an.
- Berechnen Sie die im Lastwiderstand R_L umgesetzte Leistung P_{RL} .
- Die Stromquelle I ist abweichend von $\frac{U}{R}$ so zu dimensionieren, dass der durch den Lastwiderstand fließende Strom I_{RL} gleich Null wird. Berechnen Sie den hierfür erforderlichen Strom I^* der Stromquelle.
- Berechnen Sie für den Fall e) die von der Stromquelle abgegebene Leistung P_{Qi} .

4 Gleichstromnetzwerk

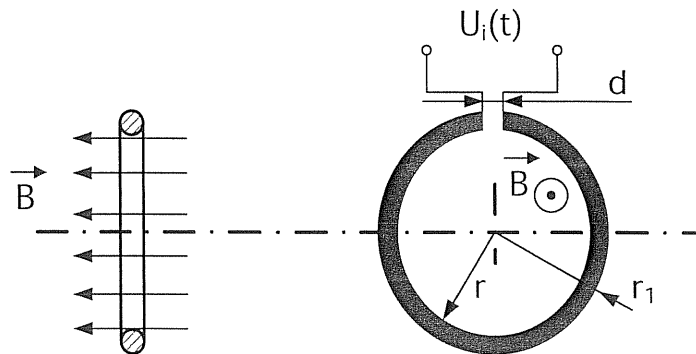
Punkte: 14



- Berechnen Sie den Strom I_{AB} .
- Wie groß muss R_x gewählt werden, damit die Spannung $U_{AB} = I \cdot R$ beträgt.
- Welche Leistung P_{AB} wird unter Berücksichtigung des Ergebnisses von b) in R_x verbraucht?
- Welchen Grenzwert erreicht die Spannung U_{AB} jeweils für $R_x \rightarrow 0$ und $R_x \rightarrow \infty$?
- Skizzieren Sie den Spannungsverlauf $U_{AB} = f(R_x)$ für den Bereich von $R_x = 0\Omega \dots 100\Omega$, wenn $I = 1A$ und $R = 20\Omega$ betragen.

5 Induktion

Punkte: 14



Der dargestellte Kupferring mit einer Leitfähigkeit κ wird von einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte $B(t) = B_0 \cdot t$ senkrecht durchsetzt, das linear mit der Zeit ansteigt. Der Ring weist einen kreisförmigen Querschnitt auf und ist in Achsrichtung mit einem dünnen Schlitz versehen, an dem die induzierte Spannung $U_i(t)$ gemessen wird.

- Berechnen Sie allgemein die induzierte Spannung $U_i(t)$ und kennzeichnen Sie ihre Richtung.
- Geben Sie die im Schlitz wirkende elektrische Feldstärke $E(t)$ an, wenn das elektrische Feld im Schlitz homogen ist.

Gegeben: $r = 50\text{mm}$, $r_1 = 56\text{mm}$, $h = 20\text{mm}$, $d = 6\text{mm}$, $\kappa = 58 \cdot 10^6 \text{S/m}$

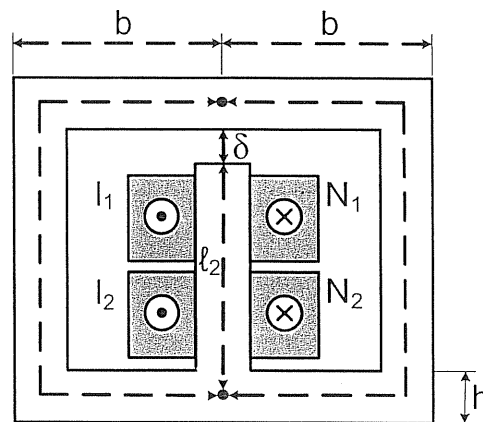
- Berechnen Sie den ohmschen Widerstand R des Kupferringes.
(Hinweis: Berechnung über den mittleren Radius des Ringes)

Durch Überbrückung des Schlitzes wird der Ring kurzgeschlossen.

- In einer Querschnittsskizze des Ringes ist für $B_0 > 0$ der im Ring fließende Kurzschlussstrom I und die Richtung des induzierten B-Feldes einzuzeichnen.
- Unter Vernachlässigung der Rückwirkung auf das äußere Magnetfeld \vec{B} und der Annahme, dass der Kurzschlussstrom I eine Magnetfeldstärke $H_i(r_1) = 142 \mu\text{A/m}$ auf der Oberfläche des Ringes verursacht, sind die Beträge des Stromes und der Stromdichte \vec{S} in dem Ring zu berechnen.
- Wie muss der Ring zum äußeren Feld B orientiert werden, damit dieses nicht durch Induktion verändert wird.

6 Magnetischer Kreis

Punkte: 17



Der gegebene Transformator hat einen Kern aus Dynamoblech mit konstanter Permeabilität μ_r . Auf dem mittleren Schenkel sind zwei Spulen mit N_1 und N_2 Windungen angebracht. Die Querschnittsfläche ist überall quadratisch und weist die Kantenlänge h auf. Streuung ist zunächst zu vernachlässigen. Durch die Primärspule fließt ein sinusförmiger Strom mit der Amplitude \hat{I}_1 , die Sekundärspule ist stromlos.

Gegeben: $h = 10\text{ mm}$, $b = 55\text{ mm}$, $l_2 = 80\text{ mm}$,
 $\delta = 15\text{ mm}$, $\mu_r = 2000$, $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$

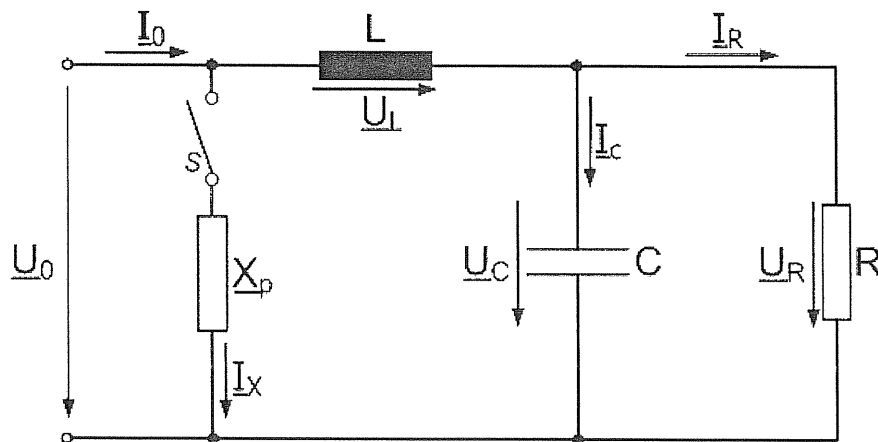
- Skizzieren Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und tragen Sie alle magnetischen Größen mit ihren Bezugsrichtungen ein.
- Berechnen Sie allgemein den durch die Primärspule erzeugten Fluss Φ_1 .
- Berechnen Sie den magnetischen Gesamt-Ersatzwiderstand R_m , der vom Fluss Φ_1 durchsetzt wird.
- Berechnen Sie die Induktivitäten L_1 und L_2 der Primär- und Sekundärspule für $N_1 = 400$ und $N_2 = 60$ Windungen.

Der Amplitudenwert \hat{I}_1 des Stromes durch die Primärspule wird im Folgenden so eingestellt, dass die maximale Flussdichte durch den mittleren Schenkel den Wert $\hat{B}_1 = 0,4\text{ T}$ erreicht. Die Sekundärspule bleibt weiterhin stromlos.

- Berechnen Sie den Effektivwert des Stromes I_1 .
- Berechnen Sie die primär- und sekundärseitigen Spannungen \hat{U}_1 und \hat{U}_2 in Abhängigkeit von \hat{I}_1 , wenn der Strom eine Frequenz $f = 50\text{ Hz}$ aufweist.
- Berechnen Sie den Gesamtstrefaktor σ und die Gegeninduktivität M , wenn der Kopplungsfaktor des Transformators $k = 0,9$ beträgt.

7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 19



Das dargestellte Netzwerk wird an einer Wechselspannung mit der Frequenz f betrieben. Der Schalter S ist geöffnet. Die Spannungsquelle \underline{U}_0 wird durch das Netzwerk induktiv belastet.

Gegeben: $|\underline{U}_0| = 10\text{ V}$, $|\underline{I}_R| = 34\text{ mA}$, $C = 2\mu\text{F}$, $R = 350\Omega$, $f = \frac{10^3}{2 \cdot \pi} \text{ s}^{-1}$

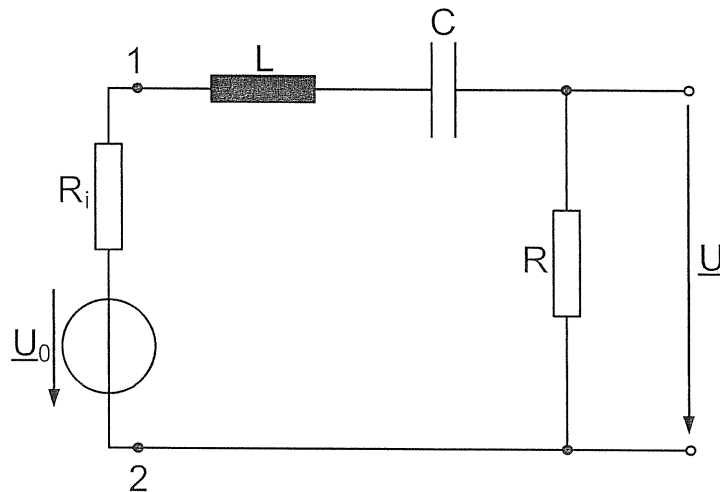
- Berechnen Sie die Beträge der Spannung \underline{U}_R und des Stromes \underline{I}_C .
- Das vollständige Zeigerdiagramm mit allen Strömen und Spannungen ist zu entwickeln (Maßstab: $1\text{ V} \hat{=} 1\text{ cm}$, $10\text{ mA} \hat{=} 1\text{ cm}$). Die Größen \underline{I}_0 , \underline{U}_L und der Phasenwinkel φ_0 der Spannung \underline{U}_0 sind betragsmäßig anzugeben (abzulesen). (*Hinweis: Verwenden Sie \underline{U}_R als Bezugszeiger.*)
- Bestimmen Sie die Größe der Induktivität L mit den Ergebnissen aus b).
- Die in dem Netzwerk umgesetzte Wirk-, Blind- und Scheinleistung ist zu berechnen.

Der Blindwiderstand \underline{X}_p wird durch Schließen des Schalters S dem Netzwerk parallel angeschaltet.

- Der Blindwiderstand \underline{X}_p soll so bestimmt werden, dass an den speisenden Klemmen $\cos \varphi_0 = 1$ wird.
- Die von der Spannungsquelle gelieferte Wirk-, Blind- und Scheinleistung ist für die neue Einstellung zu berechnen.

8 Ortskurven

Punkte: 11



Die Wechselspannungsquelle \underline{U}_0 mit Innenwiderstand R_i wird an einem L, C, R – Netzwerk betrieben.

- Berechnen Sie allgemein die Lastimpedanz \underline{Z} der Spannungsquelle in der Form $A + jB$ zwischen den Klemmen 1 und 2.
- Geben Sie die Bedingung für Resonanz an und bestimmen Sie die Resonanzfrequenz ω_0 . Welcher Resonanzfall ist hier zu finden?
- Bestimmen Sie die Grenzwerte der Impedanz \underline{Z} für $\omega = 0\text{ s}^{-1}$, $\omega = \omega_0$ und $\omega \rightarrow \infty$.
- Zeichnen Sie die Ortskurve von \underline{Z} . Die Punkte für die Frequenzen nach c), sowie der kapazitive und induktive Bereich sind zu kennzeichnen.

Die Schaltung ist im Folgenden so dimensioniert, dass im Resonanzfall Leistungsanpassung vorliegt.

- Bestimmen Sie den Betrag $\left| \frac{\underline{U}}{\underline{U}_0} \right|$ der komplexen Spannungsteilers bei den Frequenzen $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$ und $\omega \rightarrow \infty$.
- Skizzieren Sie den Verlauf von $\left| \frac{\underline{U}}{\underline{U}_0} \right| = f(\omega)$.