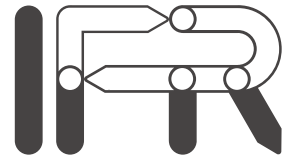


Institut für Regelungstechnik

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

07.04.2006

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.

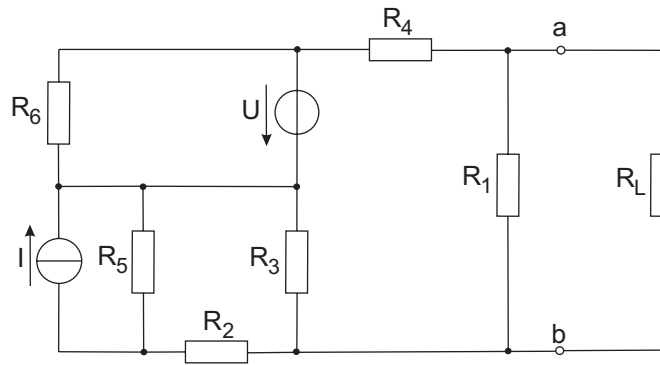
Keine Rückseiten beschreiben.

Keine roten Stifte verwenden.

1 Gleichstromnetzwerk

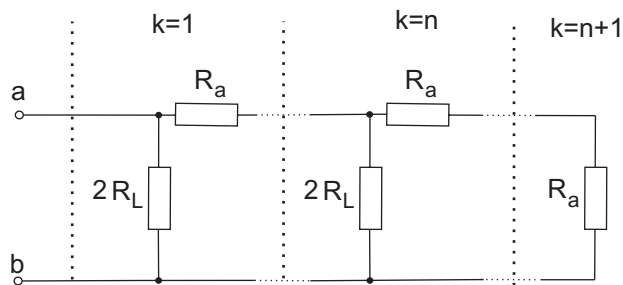
Punkte: 13

Gegeben ist das folgende lineare Gleichstromnetzwerk:



- a) Für das Netzwerk ist eine Ersatzschaltung mit Spannungsquelle bezogen auf die Knotenpunkte a-b zu bilden. Dazu sind folgende Unterpunkte zu bearbeiten:
 - Skizzieren Sie die geforderte Ersatzschaltung.
 - Berechnen Sie den Innenwiderstand der Ersatzschaltung.
 - Berechnen Sie die Leerlaufspannung der Ersatzschaltung mit Hilfe der Maschenstromanalyse.
- b) Welche Abhängigkeit weist der Kurzschlussstrom der Ersatzschaltung von dem Widerstand R_1 auf?
- c) Berechnen Sie wie groß R_3 sein muss, um für einen gegebenen Lastwiderstand R_L Leistungsanpassung zu erzielen. Für die Berechnung gilt: $R_{1,2,4,5,6} = R$.

Der Lastwiderstand soll durch nachfolgendes Netzwerk nachgebildet werden.

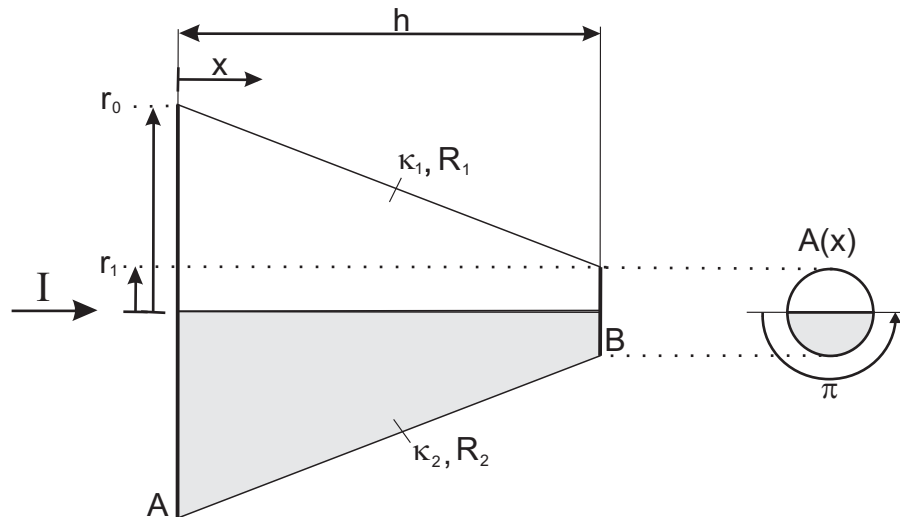


- d) Welchen Wert muß R_a haben damit für $n=1$ der Ersatzwiderstand der Schaltung R_L entspricht?
- e) Für welchen Wert R_a wird der Ersatzwiderstand der Schaltung unabhängig von n ?

2 Strömungsfeld

Punkte: 12

Zwischen zwei kreisförmigen, ideal leitfähigen Platten befindet sich ein aus zwei Materialien bestehender kegelstumpfförmiger Widerstandskörper.



Der obere Teilkörper hat die Leitfähigkeit κ_1 der untere die Leitfähigkeit κ_2

Geg.: $I_0 = 1 \text{ A}$, $h = 10 \text{ cm}$, $r_0 = 8 \text{ mm}$, $r_1 = 5 \text{ mm}$, $\kappa_1 = 1 \frac{\text{S}}{\text{m}}$, $\kappa_2 = 2 \frac{\text{S}}{\text{m}}$

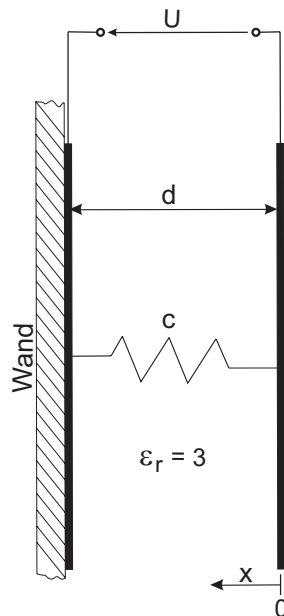
- Es ist ein Ersatzschaltbild der Anordnung mit den Teilwiderständen R_1 und R_2 anzugeben.
- Berechnen Sie die Teilwiderstände R_1 und R_2 zwischen den Kontaktflächen A und B. Welche Bedingung muss gelten, damit ein idealisierter Feldverlauf angenommen werden kann?
- Berechnen Sie den Gesamtwiderstand der Anordnung.
- Der Potenzialverlauf $\varphi(x)$ ist für beide Teilkörper zu bestimmen, wenn das Bezugspotential $\varphi_0 = 0 \text{ V}$ auf der Platte B liegt und ein Gesamtstrom von $I = I_0$ durch den Widerstandskörper fließt.
- Der Potenzialverlauf ist für $x = 0 \dots h$ maßstäblich zu skizzieren.
- Skizzieren Sie ein Querschnitt - Feldlinienbild der Stromdichte im Widerstandskörper. Achten Sie bei der Skizze auf die unterschiedlichen Leitfähigkeiten κ_1 und κ_2 .

Hinweis: $\int \frac{dx}{(ax + b)^2} = -\frac{1}{a} \frac{1}{ax + b}$

3 Kraft im elektrostatischen Feld

Punkte: 15

Zwischen zwei rechteckigen Metallplatten mit der Fläche A ist ein elastisches Material mit der Dielektrizitätskonstante $\varepsilon_r = 3$ eingebracht. Das elastische Material lässt sich in erster Näherung als Feder ansehen, die einer Bewegung der Platten entgegenwirkt. Die gegebene Anordnung ist einseitig mit einer nicht leitfähigen Wand verbunden, daher ist nur eine der Platten beweglich.



Im ladungsfreien Zustand stellt sich bei $x = 0$ der Plattenabstand d ein. Die angenommene Feder ist in diesem Zustand entspannt. Durch Anlegen der Gleichspannung U wird die beweglich gelagerte Platte ausgelenkt.

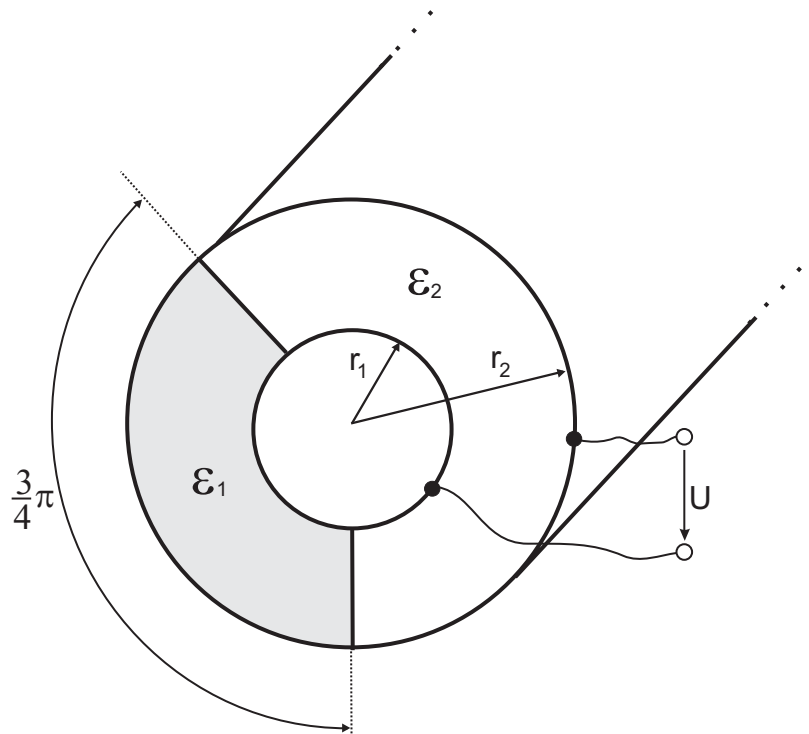
Geg.: $d = 5 \text{ cm}$, $c = 18 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}$, $\varepsilon_0 = \frac{10^{-9} \text{ As}}{36 \cdot \pi \text{ Vm}}$

- Die Richtung der Bewegung ist anzugeben.
- Die auftretende elektrostatische Kraft F_{el} ist allgemein zu berechnen.
- Bei der Spannung $U = 14,4 \cdot 10^3 \text{ V}$ beträgt die Auslenkung $x = 1 \text{ cm}$. Die Plattenfläche A ist in Abhängigkeit von den gegebenen Größen allgemein und zahlenmäßig zu berechnen.
- Es ist allgemein die Funktion $U = f(x)$ anzugeben und für die gegebenen Zahlenwerte zu skizzieren.
- Bis zu welcher Spannung U_{max} befindet sich das System noch im Kräftegleichgewicht. Die dabei erreichte Auslenkung x_{max} ist zu berechnen.

Hinweis: Achten Sie auf die in dem vorherigen Unterpunkt entstandene Skizze.

4 Kondensator

Punkte: 10



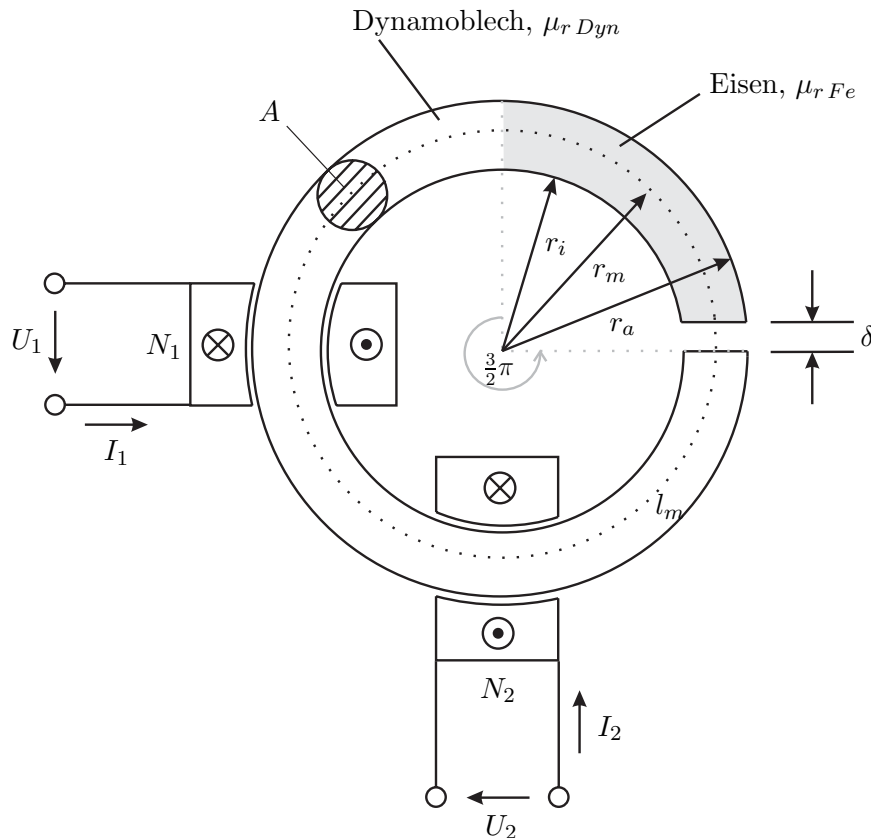
Zwischen den Wänden zweier konzentrisch angeordneter Rohre der Länge l mit den Radien r_1 , r_2 befinden sich zwei verschiedene Dielektrika mit der dargestellten Aufteilung in Längsrichtung. Die Anordnung trägt die Ladung Q .

Geg.: $l = 1 \text{ m}$, $r_1 = 2 \text{ cm}$, $r_2 = 4 \text{ cm}$, $Q = 10^{-9} \text{ As}$, $\epsilon_{r1} = 2$, $\epsilon_{r2} = 4$, $\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36 \cdot \pi} \frac{\text{As}}{\text{Vm}}$

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

5 Magnetischer Kreis

Punkte: 15



In obiger Abbildung ist ein zweiteiliger Eisenringkern aus Eisen und Dynamoblech dargestellt, der einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und zwei Wicklungen (mit N_1 bzw. N_2 Windungen) trägt. Diese Wicklungen werden von den Strömen I_1 bzw. I_2 durchflossen. Am Luftspalt der Breite δ tritt die Streuung σ bezogen auf den Gesamtfluss Φ_{ges} auf.

- Es ist ein magnetisches Ersatzschaltbild zu zeichnen. Die in dem Kreis auftretenden magnetischen Flüsse sind in das Ersatzschaltbild einzuzeichnen.
- Die magnetischen Widerstände des Ersatzschaltbildes sind allgemein unter der Annahme $0 < \delta \ll r_m$ zu berechnen. Wie wirkt sich die Annahme aus, dass der aus reinem Eisen bestehende Teil des Eisenringkerns eine ideale Permeabilität $\mu_{r Fe} \rightarrow \infty$ aufweist?

Im Folgenden wird die Streuung vernachlässigt ($\sigma = 0$).

Gegeben sind folgende Zahlenwerte:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am}, \quad \mu_{r Dyn} = 3000, \quad \mu_{r Fe} \rightarrow \infty, \quad \delta = 2,5 \text{ mm}, \quad r_m = 0,3 \text{ m}, \quad (r_a - r_i) = 2 \text{ cm}$$

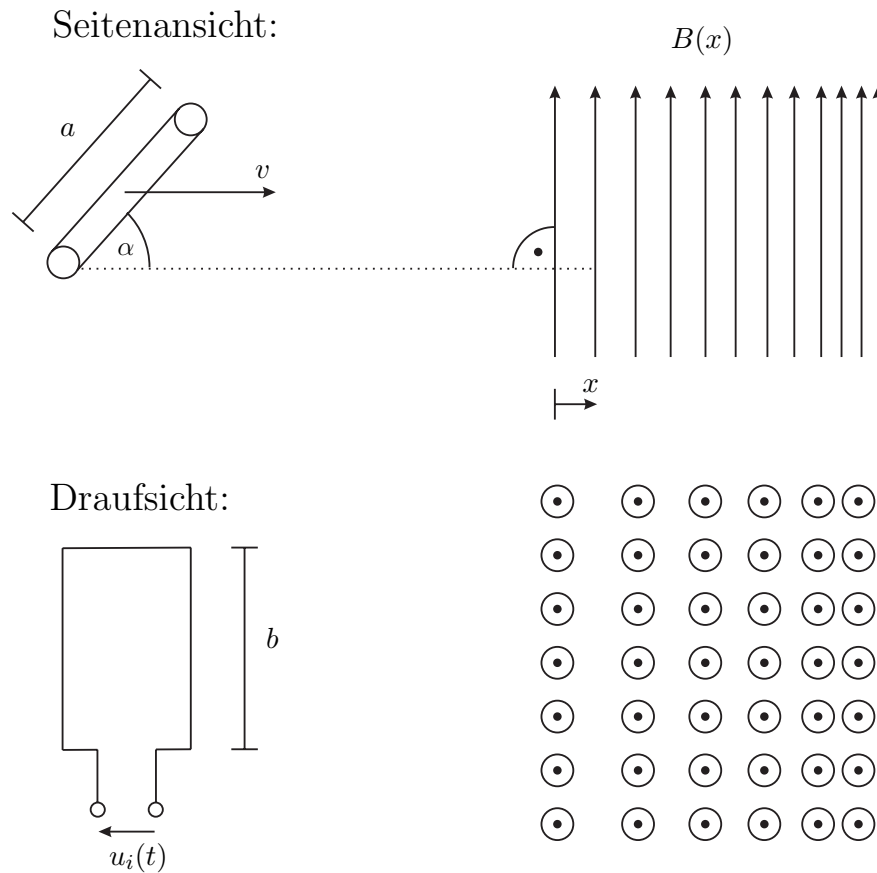
- c) Der magnetische Ersatzwiderstand $R_{m\,ges}$, der vom Gesamtfluss Φ_{ges} durchsetzt wird, ist zu berechnen.
- d) Die Induktivitäten L_1 und L_2 der Primär- und Sekundärspule sind für $N_1 = 1000$ und $N_2 = 50$ zu berechnen.
- e) Der Kopplungsfaktor k ist anzugeben, sowie die Gegeninduktivität M zu berechnen.

An die Primärspule wird ein Wechselstrom mit einem Effektivwert $I_1 = 0,2\text{ A}$ und $f = (\frac{50}{\pi})\text{ Hz}$ angelegt. Die Sekundärseite wird im Leerlauf betrieben. Sämtliche Zuleitungswiderstände sowie Magnetisierungsverluste sind zu vernachlässigen.

- f) Die Amplitude der sekundärseitigen Leerlaufspannung $u_2(t)$ ist zu bestimmen.
- g) Die Leistung der Primärseite ist zu berechnen. Um welche Art von Leistung handelt es sich?
- h) Wie groß müsste ein sekundärseitig angelegter Wechselstrom I_2 sein, um eine Flusskompensation ($\Phi_{ges} = 0$) im Transformator zu bewirken? Wie groß ist dann die Spannung auf der Primärseite?

6 Induktion

Punkte: 10



Eine rechteckige Leiterschleife mit den Seitenlängen a und b bewegt sich mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel α in ein inhomogenes Magnetfeld mit folgendem Funktionsverlauf:

$$B(x) = \begin{cases} 0 & , \text{ für } x < 0 \\ kx & , \text{ für } x \geq 0 \end{cases}$$

Zur Zeit $t = 0$ tritt die Leiterschleife bei $x = 0$ mit der vorderen Seite, die die Länge b hat, in das Magnetfeld ein.

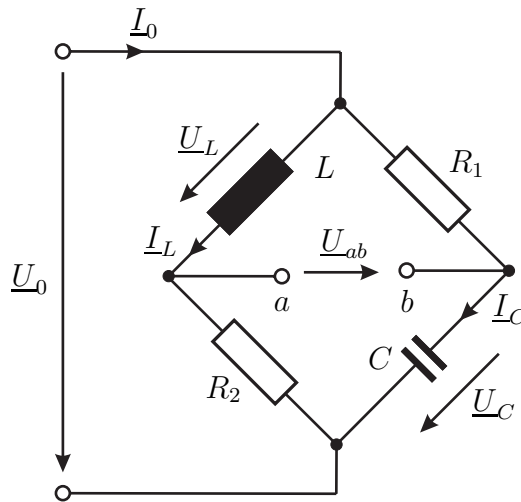
- a) Der Fluss $\Phi(x)$ durch die Leiterschleife ist für folgende Wegabschnitte allgemein zu berechnen:
- Von $x = 0$ bis zum vollen Eintauchen der Leiterschleife in das Magnetfeld.
 - Für die weitere Bewegung der Leiterschleife, nachdem sie voll in das Magnetfeld eingetaucht ist.

- b) Der zeitliche Verlauf der in der Leiterschleife induzierten Spannung $u_i(t)$ ist für die in a) angegebenen Wegabschnitte allgemein zu ermitteln. Begründen Sie dabei kurz Ihre Wahl des Vorzeichens.
- c) Für folgende Werte ist $u_i(t)$ zu berechnen und von $t = 0\text{ s}$ bis $t = 0,3\text{ s}$ zu skizzieren:

$$k = 1 \frac{T}{m}, \quad v = \sqrt{2} \frac{m}{s}, \quad a = 0,1\text{ m}, \quad b = 0,4\text{ m}, \quad \alpha = 45^\circ$$

7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 16



Gegeben ist obige Wechselstromschaltung, die bei einer Frequenz $f = 100 \text{ Hz}$ betrieben wird, mit folgenden Größen:

$$R_2 = 48 \, \Omega, \quad C = 248 \, \mu\text{F}, \quad X_L = 28 \, \Omega, \quad |I_L| = 0,25 \text{ A}, \quad |U_C| = 5,5 \text{ V}$$

- Die Induktivität L , sowie die Beträge der Spannung U_L und der Stromstärke I_C sind zu berechnen.
- Mit Hilfe eines vollständigen Zeigerdiagramms sind folgende Größen zu bestimmen:

$$|U_0|, \quad |U_{ab}|, \quad |I_0|, \quad \phi_0 = \angle(U_0, I_0), \quad R_1$$

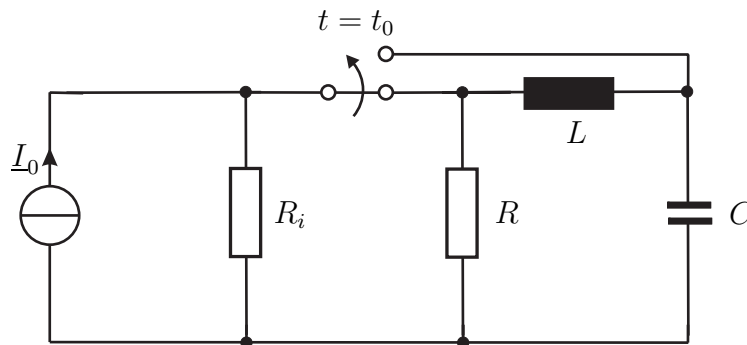
Maßstab: $1 \text{ V} \hat{=} 1 \text{ cm}$ und $0,1 \text{ A} \hat{=} 1 \text{ cm}$

Hinweis: Bezugsrichtung Zeiger U_L

- Es ist anzugeben und zu begründen, ob die Quelle U_0 induktiv oder kapazitiv belastet wird.
- Durch eine Parallelschaltung eines Bauelements zur Quelle kann der Leistungsfaktor dieser verändert werden. Welches Bauelement muss eingesetzt werden, um den Leistungsfaktor der Quelle auf $\cos \varphi = 1$ (Abgabe reiner Wirkleistung) einzustellen? Bestimmen Sie mit Hilfe des Zeigerdiagramms in b) den zu kompensierenden Blindstrom und berechnen Sie die Größe des entsprechenden Bauelements.
- Für welchen Wert L^* ist die Brücke abgeglichen, d.h. $|U_{ab}| = 0 \text{ V}$? (Hinweis: unabhängig vom Zeigerdiagramm lösbar)

8 Ortskurven

Punkte: 9



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

- a) Die Lastadmittanz \underline{Y} der idealen Stromquelle \underline{I}_0 ist zu berechnen.

Zum Zeitpunkt $t = t_0$ wird der Schalter umgelegt. Weiterhin wird der Widerstand R überbrückt, so dass $R = 0\Omega$ gilt. Nachfolgende Betrachtungen gelten im eingeschwungenen Zustand.

- b) Die neue Lastadmittanz \underline{Y}_{t_0} der idealen Stromquelle \underline{I}_0 ist zu berechnen.
- c) Um welche Art von Schaltung handelt es sich? Die Resonanzbedingung dieser Schaltung, sowie die Resonanzfrequenz ω_0 sind anzugeben.
- d) Die Beträge von \underline{Y}_{t_0} sind für die Frequenzen $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$ und $\omega = \infty$ anzugeben.
- e) Die Ortskurve von \underline{Y}_{t_0} ist zu zeichnen. Die Punkte für die Frequenzen nach d) sowie der induktive und kapazitive Bereich sind zu kennzeichnen.
- f) Die Resonanzfrequenz ω_0 und die Güte Q der Schaltung sind für folgende Zahlenwerte zu berechnen:

$$R = 400 \Omega, \quad L = 100 \text{ mH}, \quad C = 900 \text{ nF}$$