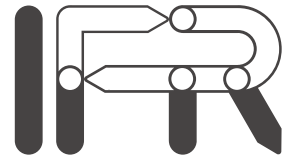


Institut für Regelungstechnik

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

27.08.2007

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

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

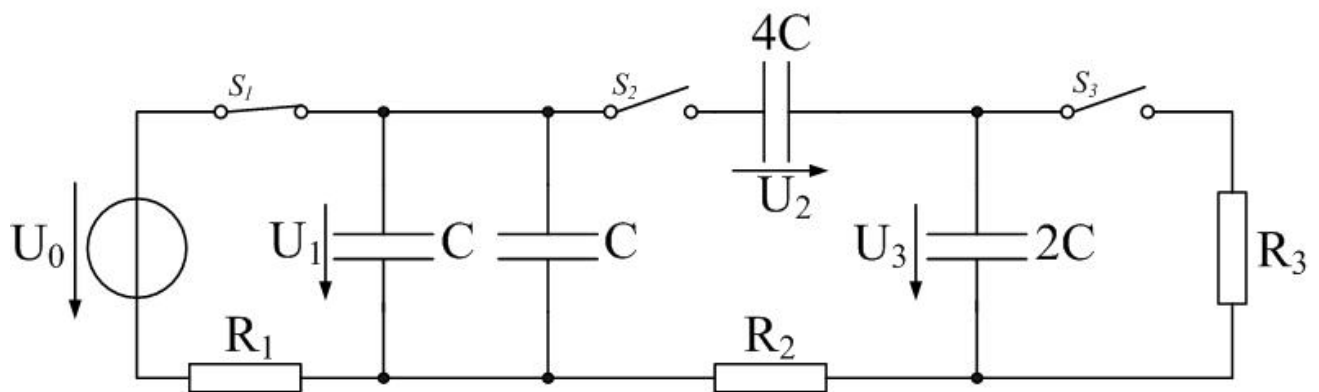
Für **jede Aufgabe** ein **neues Blatt** verwenden.

Keine Rückseiten beschreiben.

Keine roten Stifte verwenden.

1 Kondensatornetzwerk

Punkte: 16



Vor dem Anschluss der Spannungsquelle U_0 an das Netzwerk sind alle Kondensatoren ladungsfrei und alle Schalter geöffnet. Der Schalter S_1 wird geschlossen und wieder geöffnet, wenn der Spannungsabfall am R_1 5 V beträgt.

Gegeben: $R_1 = 100\Omega$, $U_0 = 200\text{ V}$.

- a) Berechnen Sie allgemein und zahlenmäßig die Spannung U_1 , die Gesamtladung Q_{Ges1} und den Gesamtenergieinhalt W_1 im Netzwerk, wenn $C = 3\mu\text{F}$ gilt.

Nun wird der Schalter S_2 geschlossen. Die Schalter S_1 und S_3 bleiben geöffnet und das Abklingen des Einschwingvorganges abgewartet.

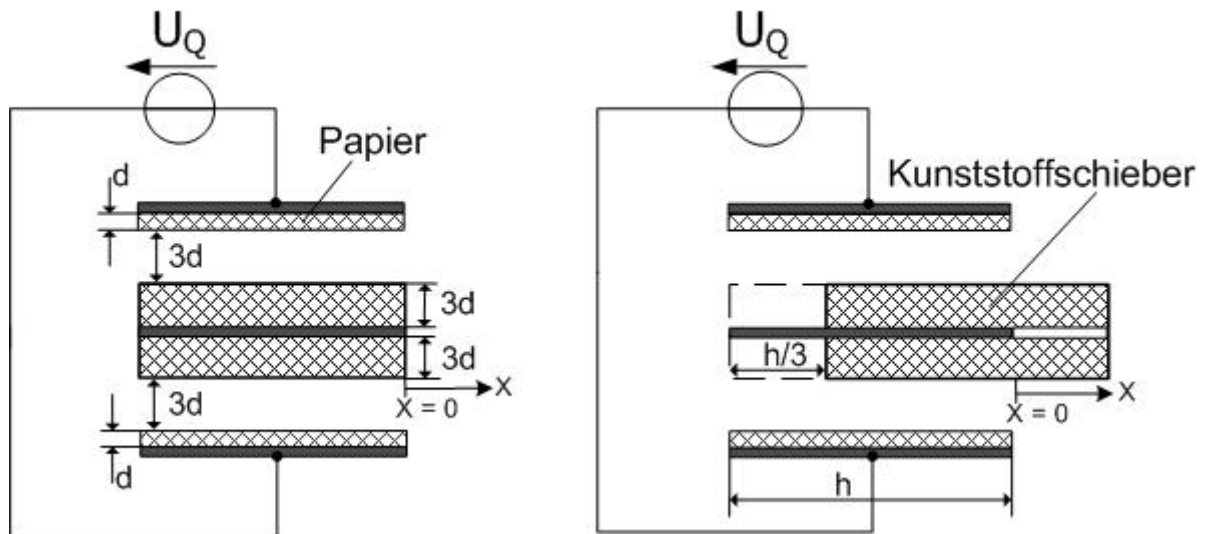
- b) Berechnen Sie die Spannungen U_1 , U_2 , U_3 und den Energieinhalt W_2 im Netzwerk. Der Widerstand R_2 ist zu vernachlässigen.
- c) Die Energiedifferenz $\Delta W = W_1 - W_2$ ist allgemein zu bestimmen und kurz zu erläutern.

Der Schalter S_2 wird geöffnet und S_3 wird geschlossen.

- d) Geben Sie eine allgemeine Gleichung für den zeitlichen Verlauf des Stromes $i_{R_3}(t)$ durch den Widerstand R_3 .
- e) Berechnen Sie den Strom $i_{R_3}(t)$ für die Zeit $t = 0,1\text{ ms}$, $t = 5\text{ ms}$ und $t \rightarrow \infty$. Dabei gilt $R_3 = 1\text{ k}\Omega$. Skizzieren Sie den Verlauf maßstäblich.

2 Kondensator

Punkte: 19



Auf der mittleren Platte des dargestellten Plattenkondensators ist ein Kunststoffschieber ($\epsilon_{r1} = 4$) aufgebracht. Die äußeren Platten sind mit Papier ($\epsilon_{r2} = 2$) beklebt. Alle Platten haben die Fläche $b \cdot h$. Die Anordnung befindet sich im Medium Luft, Randeffekte sind zu vernachlässigen.

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

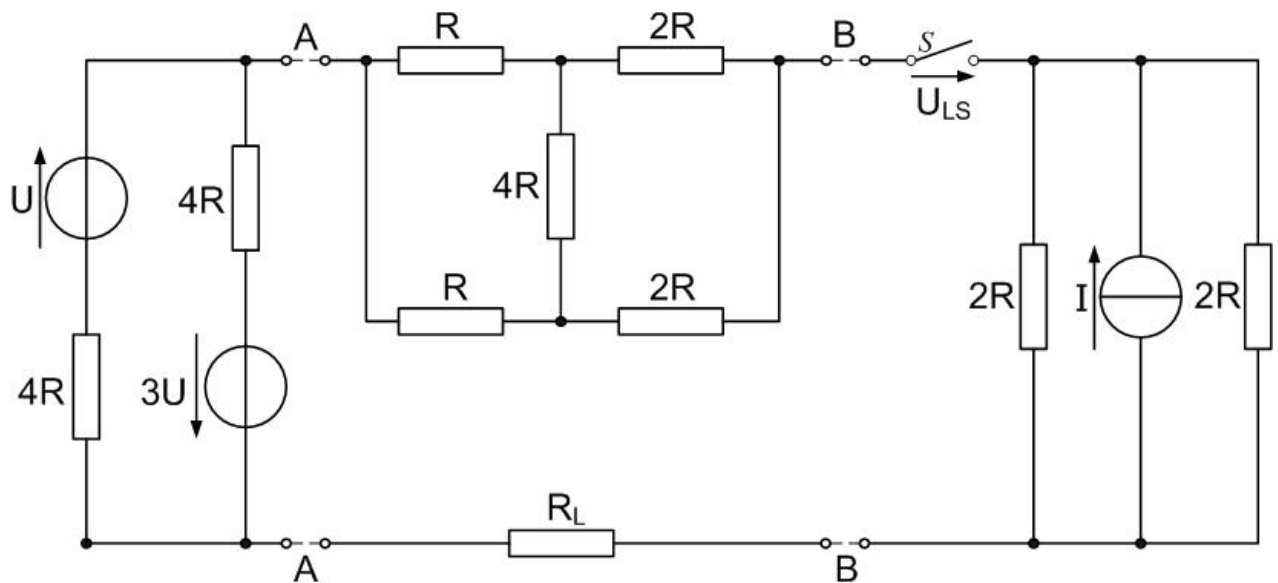
- Für die gegebene Anordnung (*linke Skizze*) ist ein elektrisches Ersatzschaltbild zu zeichnen.
- In welcher Schieberstellung x_0 ist die Kapazität des Plattenkondensators maximal? Berechnen Sie diese Kapazität C_{\max} .
- Berechnen Sie die Gesamtladung Q der Kondensatoranordnung, wenn die Anordnung mit der Gleichspannungsquelle $U_Q = 500\text{ V}$ gespeist wird.

Der Schieber befindet sich in der Stellung $x = h/3$. (*rechte Skizze*)

- Zeichnen Sie ein elektrisches Ersatzschaltbild für diese Anordnung.
- Berechnen Sie allgemein die Kapazität in Abhängigkeit der Schieberstellung $C = f(x)$.
- Zeichnen Sie $C = f(x)$ für $x = 0 \dots h$.

3 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 16



Das Netzwerk wird bezüglich der gezeichneten Klemmen in vier Teilen betrachtet.

Gegeben: $I = \frac{3U}{R}$

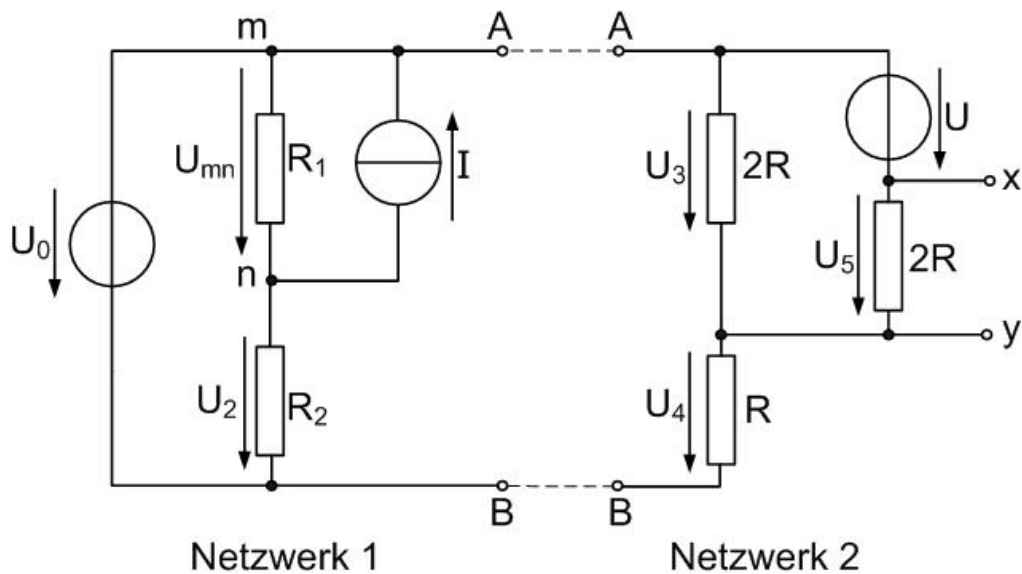
- Stellen Sie jeden Teil des Netzwerkes mit seiner Ersatzschaltung dar. Geben Sie alle Ersatzgrößen an.
(Hinweis: Verwenden Sie Ersatzspannungsquellen mit Innenwiderstand und beachten Sie die Brückenwiderstandsverhältnisse.)
- Zeichnen Sie das vollständige Ersatzschaltbild bestehend aus den vier Ersatzteilnetzwerken und tragen Sie die Spannungs- und Stromrichtungen ein.
- Berechnen Sie allgemein die Leerlaufspannung U_{LS} über dem geöffneten Schalter S.

Der Schalter S wird geschlossen. Das Netzwerk ist bei Leistungsanpassung durch R_L belastet.

- Geben Sie R_L in Abhängigkeit von R an.
- Berechnen Sie die im Lastwiderstand R_L umgesetzte Leistung P_{RL} .

4 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 13



Die gegebenen Netzwerke 1 und 2 können an den Klemmen A und B verbunden werden.

Gegeben: $R_1 = 20\Omega$, $R_2 = 30\Omega$, $U_0 = 20\text{V}$, $I = 0,2\text{A}$

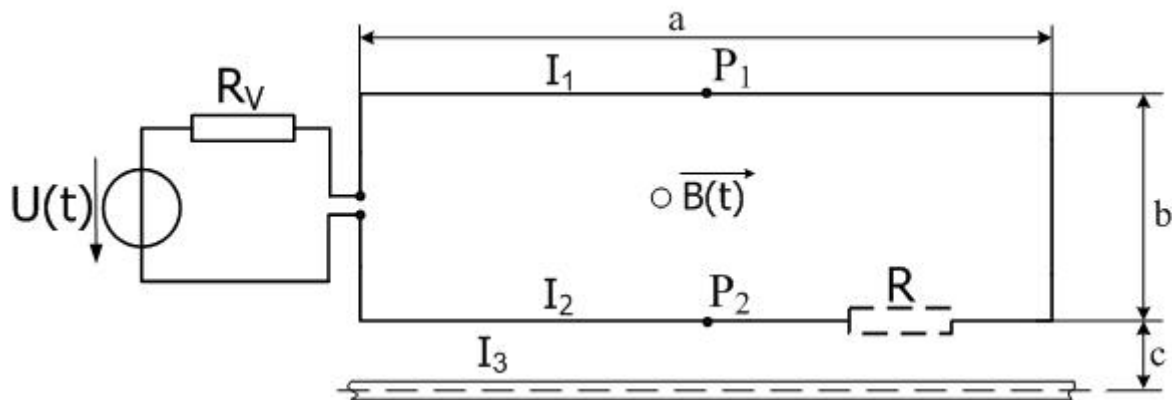
- a) Berechnen Sie für das Netzwerk 1 allgemein die Spannung U_{mn} zwischen den Knoten m und n, bei offenen Klemmen A-B.

Die Netzwerke 1 und 2 sind an den Klemmen A und B zusammengeschlossen.

- b) Berechnen Sie U_2 zahlenmäßig.
- c) Berechnen Sie allgemein die Spannung U_5 .
(Hinweis: Verwenden Sie das Maschenstromverfahren.)
- d) Bezüglich der Klemmen X, Y in Netzwerk 2 ist das Gesamtnetzwerk in eine Ersatzspannungsquelle mit der Leerlaufspannung U_{Lxy} und dem Innenwiderstand R_i umzuwandeln. Berechnen Sie allgemein U_{Lxy} und R_i .

5 Induktion

Punkte: 14



Die Wechselspannungsquelle $U(t)$ speist eine ebene, rechteckige Leiterschleife mit den Abmessungen a , b über einen Vorwiderstand R_V . Im Ersatzschaltbild repräsentiert R den Schleifenwiderstand, wobei der Schleifenleiter eine spezifische Leitfähigkeit κ und die Querschnittsfläche A besitzt. Parallel zu den langen Seiten der Leiterschleife liegt im Abstand c ein Starkstromleiter, der vom Strom $I_3(t)$ durchflossen wird.

Gegeben: $U(t) = 500 \cdot \sin(\omega t) \text{ V}$, $R_V = 2500R$, $A = 3,44 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$, $a = 6 \text{ m}$,
 $b = 4 \text{ m}$, $\kappa = 58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$, $I_3 = 10 \text{ A}$, $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ H/m}$

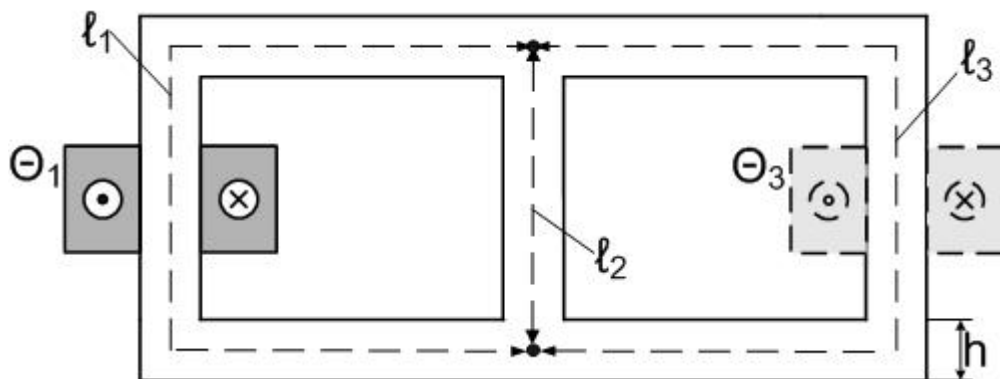
- Berechnen Sie den Widerstand R des Schleifenleiters.
- Berechnen Sie die Ströme I_1 und I_2 . Kennzeichnen Sie die Stromrichtungen.
- Berechnen Sie den notwendigen Abstand c zum Starkstromleiter, so dass die auf den Punkt P_2 wirkende magnetische Kraft $F_3 \leq 5 \cdot 10^{-5} \text{ N}$ ist.
- Kennzeichnen Sie die Richtung des Stromes I_3 , so dass sich das Leiterpaar (I_3, I_2) abstößt. Berechnen Sie allgemein die resultierende magnetische Kraft F_M die in Folge dieser Ströme auf den Punkt P_1 wirkt.

Im Folgenden wird der Abstand des Starkstromleiters vergrößert, so dass $c \gg b$ gilt. Das Magnetfeld im Bereich der Leiterschleife kann durch $B(t) = B_0 \cdot (1 + \cos \omega t)$ angenähert werden.

- Berechnen Sie allgemein die in der Schleife induzierte Spannung U_i unter Zuhilfenahme obiger Annäherung für das Magnetfeld. Kennzeichnen Sie die Richtung von U_i und $B(t)$.

6 Magnetischer Kreis

Punkte: 18



Die gegebene Anordnung mit drei Schenkeln ist aus Walzstahl aufgebaut. Auf dem linken Schenkel ist eine Spule mit Durchflutung Θ_1 montiert. Zunächst ist die Wicklung auf Schenkel 3 nicht beströmt, d.h. $\Theta_3 = 0A$. Die Querschnittsfläche ist überall quadratisch mit der Kantenlänge h . Die Streuung kann vernachlässigt werden.

Gegeben: $h = 10mm$, $\ell_1 = \ell_3 = 240mm$, $\ell_2 = 80mm$

(Die Magnetisierungskurven sind auf dem nächsten Blatt gegeben.)

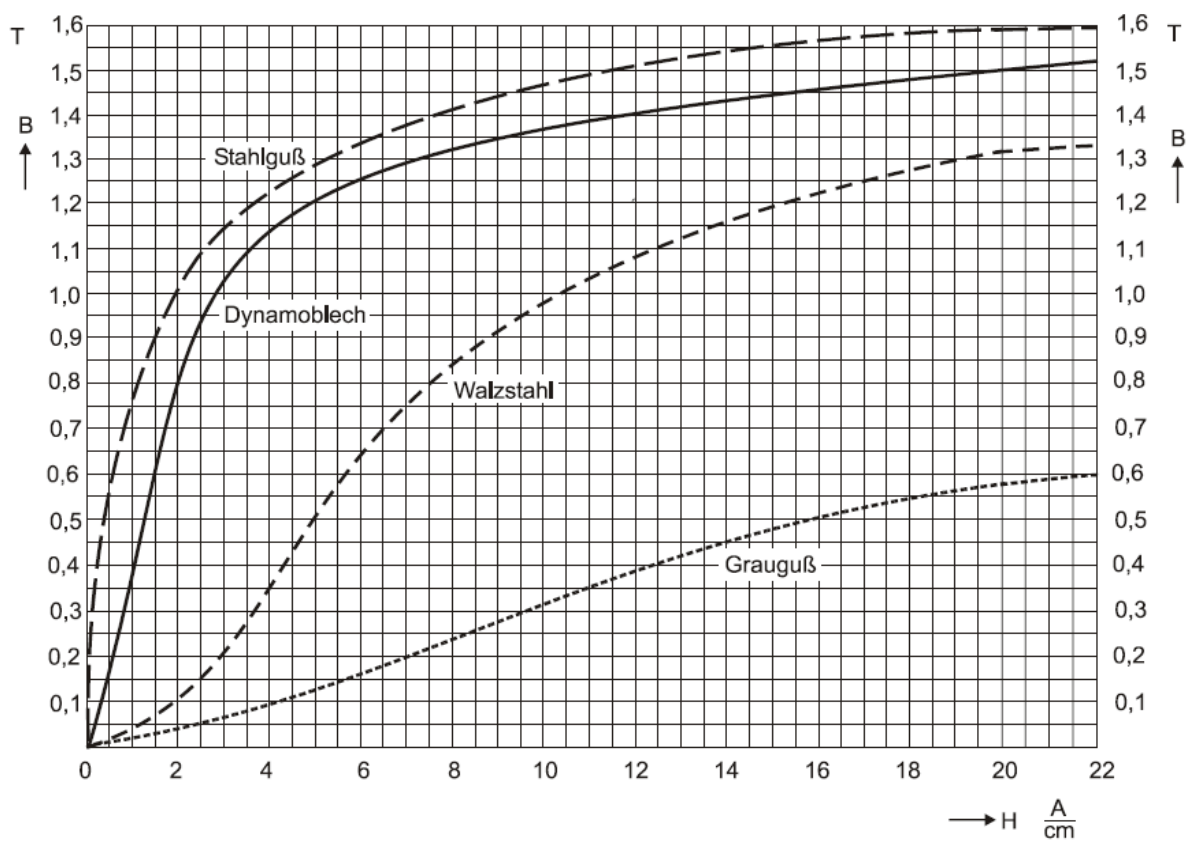
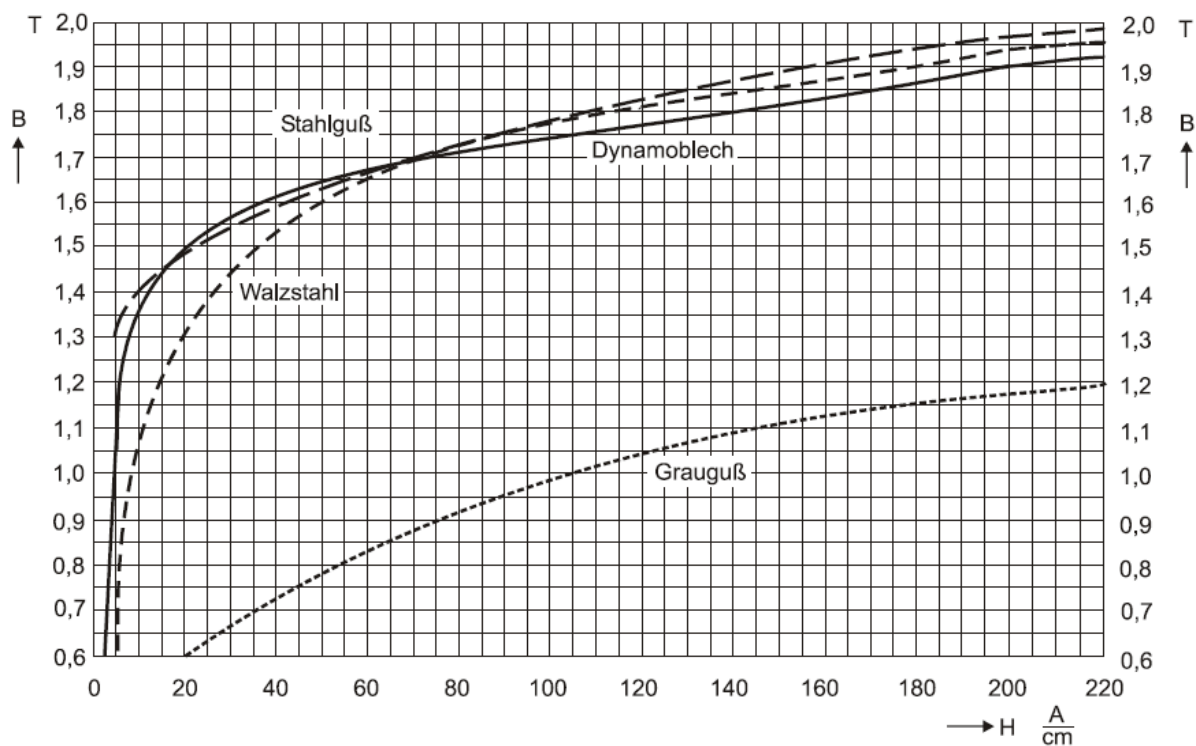
Der magnetische Fluss im mittleren Schenkel beträgt $\Phi_2 = 0,1mWb$.

- Berechnen Sie die magnetischen Flüsse Φ_1 und Φ_3 , die in den Schenkeln 1 und 3 wirken.
- Berechnen Sie die dazu notwendige Durchflutung Θ_1 in der Wicklung des Schenkels 1.
- Berechnen Sie die magnetischen Widerstände R_m bezüglich der mittleren Linien ℓ_i in allen drei Teilen des magnetischen Kreises.

Nun wird die Wicklung auf dem Schenkel 3 beströmt, wobei eine Durchflutung $\Theta_3 = 150A$ aufgebracht wird (*gestrichelt gezeigt*).

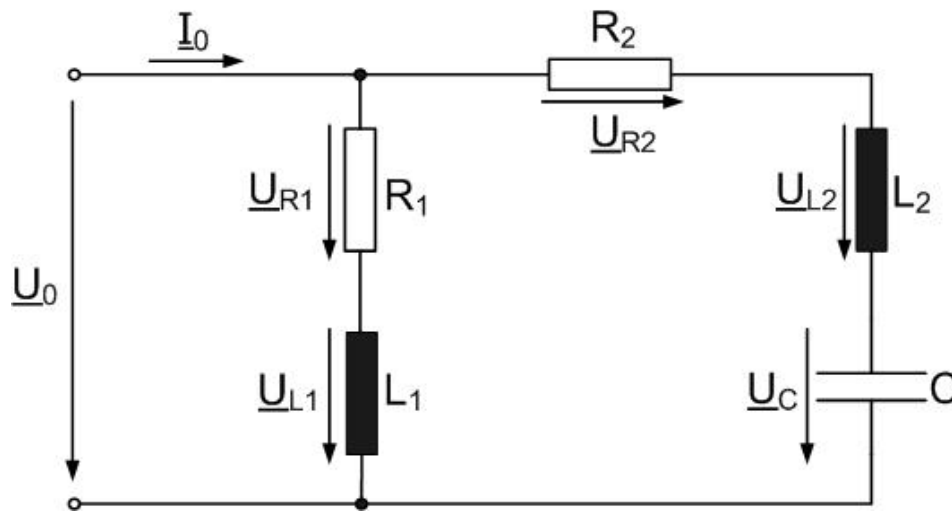
- Skizzieren Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und tragen Sie alle magnetischen Größen mit ihren Bezugsrichtungen ein.
- Berechnen Sie die notwendige Durchflutung Θ_1'' auf Schenkel 1, damit im mittleren Schenkel wieder $\Phi_2 = 0,10mWb$ herrscht.

Magnetisierungskurven von magnetisch weichen Werkstoffen



7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 20



Das dargestellte Wechselspannungsnetzwerk wird von der Netzspannung \underline{U}_0 mit der Kreisfrequenz ω gespeist.

Gegeben: $\underline{U}_0 = 100 \text{ V e}^{j0}$, $\omega = 2 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 50 \Omega$,
 $L_1 = 400 \text{ mH}$, $L_2 = 100 \text{ mH}$, $C = 1 \mu\text{F}$

- Berechnen Sie allgemein und zahlenmäßig für die gegebenen Werte die Ströme \underline{I}_1 , \underline{I}_2 , und \underline{I}_0 nach Betrag und Phase.
- Berechnen Sie alle im Netzwerk angegebenen Spannungen nach Betrag und Phase.
- Das vollständige Zeigerdiagramm mit allen Strömen und Spannungen ist zu entwickeln (Maßstab: $10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$, $50 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$).
- Die vom Netzwerk aufgenommene Wirkleistung P_0 , Blindleistung Q_0 , sowie die Scheinleistung S_0 sind zu berechnen.

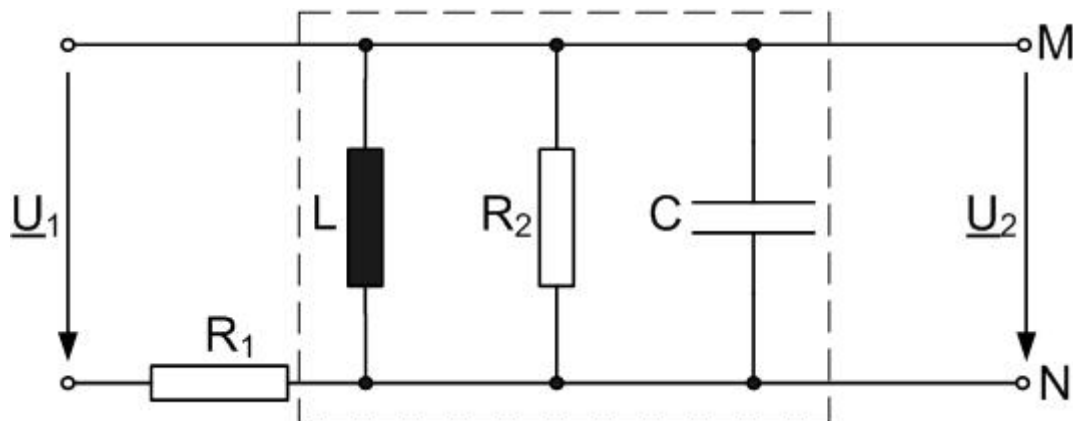
Der Leistungsfaktor des Netzwerkes soll mittels eines parallel zu den Eingangsklemmen geschalteten Bauelementes auf $\cos \varphi = 0,9$ angehoben werden.

- Zeichnen Sie diesen Betriebsfall in das Zeigerdiagramm ein und entnehmen Sie die zur Berechnung des Bauelementes erforderlichen Werte.
- Geben Sie die Größe und Art des Bauelementes sowie den neuen Gesamtstrom \underline{I}_0'' an.

8 Ortskurven

Punkte: 12

Ein Parallelschwingkreis mit Vorwiderstand R_1 wird von einer Spannung \underline{U}_1 mit konstanter Amplitude und Frequenz ω gespeist.



Gegeben: $\underline{U}_1 = 100 \text{ V e}^{j0}$, $R_1 = 50 \Omega$, $R_2 = 500 \Omega$, $L = 10 \text{ mH}$, $C = 1 \mu\text{F}$.

- Berechnen Sie die Resonanzfrequenz ω_0 und die Kreisgüte Q des Schwingkreises, wenn keine Spannungsquelle angeschlossen ist (*offene Klemmen*).
- Berechnen Sie allgemein die Admittanz \underline{Y} an den Klemmen M – N in der Form $A + jB$, wenn keine Spannungsquelle angeschlossen ist (*offene Klemmen*).
- Die Ortskurve von $|\underline{Y}|$ ist zu zeichnen. Die Punkte für $\omega = 0$, $\omega = \omega_0$, $\omega \rightarrow \infty$ sind zu berechnen und auf der Ortskurve zu markieren. Kennzeichnen Sie den kapazitiven und induktiven Bereich.
- Geben Sie den allgemeinen komplexen Ausdruck für das Spannungsverhältnis $\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1}$ in Abhängigkeit von der Kreisfrequenz ω an.
- Skizzieren Sie den Verlauf von $\left| \frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_1} \right| = f(\omega)$.