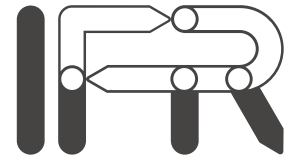


Institut für Regelungstechnik

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 22.03.2007

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: 13

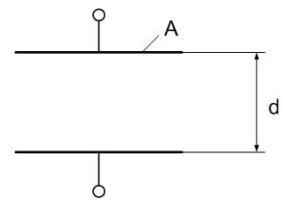
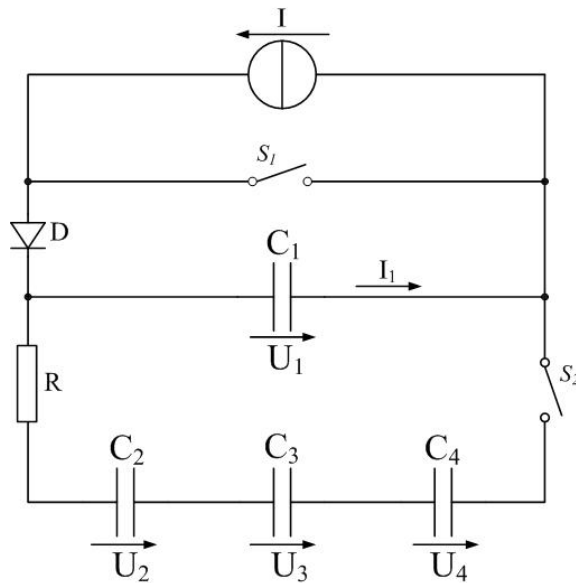


Bild 1

In dem gegebenen Netzwerk sind alle Kondensatoren entladen. Der Kondensator C_1 ist über die ideale Diode D und den Schalter S_1 an die Stromquelle I angeschlossen. Nach der Zeit $t_1 = 0,2s$ wird der Schalter S_1 geschlossen. Über dem Kondensator C_1 wird eine Spannung $U_1 = 200V$ gemessen.

- Berechnen Sie den Ladestrom I_1 , wenn C_1 als Luftkondensator nach Bild 1 mit einem Plattenabstand $d = 0,5mm$ und einer Fläche $A = 100mm^2$ realisiert wird. Es sei $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} As/Vm$.
- Berechnen Sie die im Netzwerk gespeicherte Energie W .

Nun wird der Schalter S_2 auch geschlossen.

Für das Netzwerk gilt: $C_1 = C$, $C_2 = C_3 = 8C$, $C_4 = 4C$

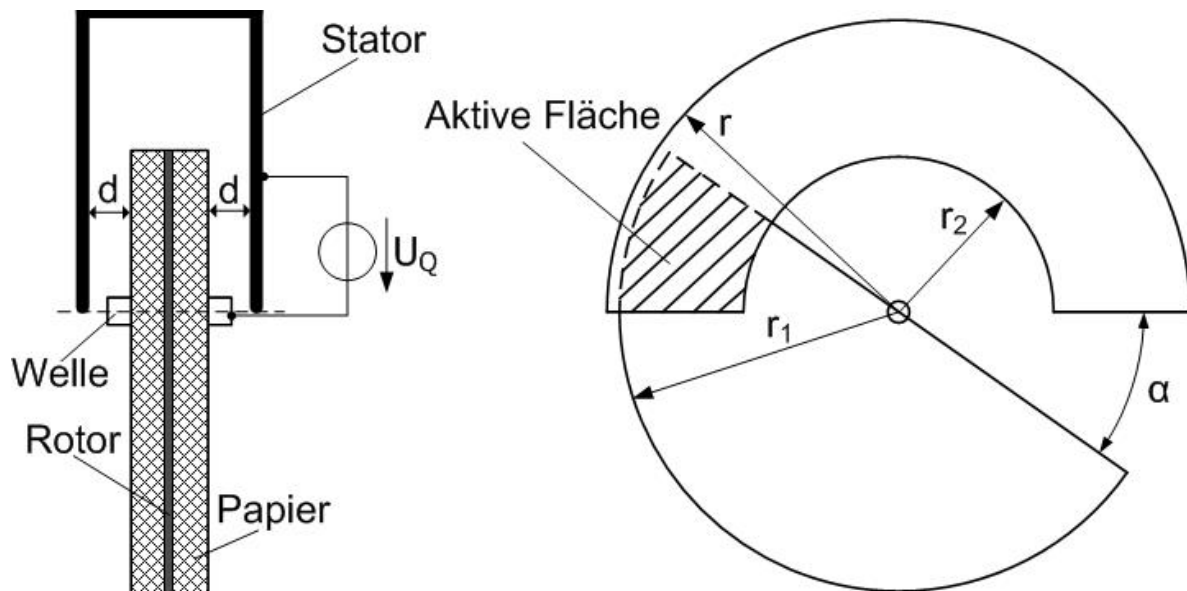
- Berechnen Sie die Gesamtkapazität C_{ges} des Netzwerkes, wenn R vernachlässigt wird.

Nach Abklingen des Einschwingvorganges:

- Berechnen Sie die Spannungen U_1 , U_2 , U_3 und U_4 .
- Berechnen Sie die im Netzwerk gespeicherte Energie W^* .
- Erklären Sie die Differenz der Energie $\Delta W = W - W^*$.

2 Kondensator

Punkte: 17



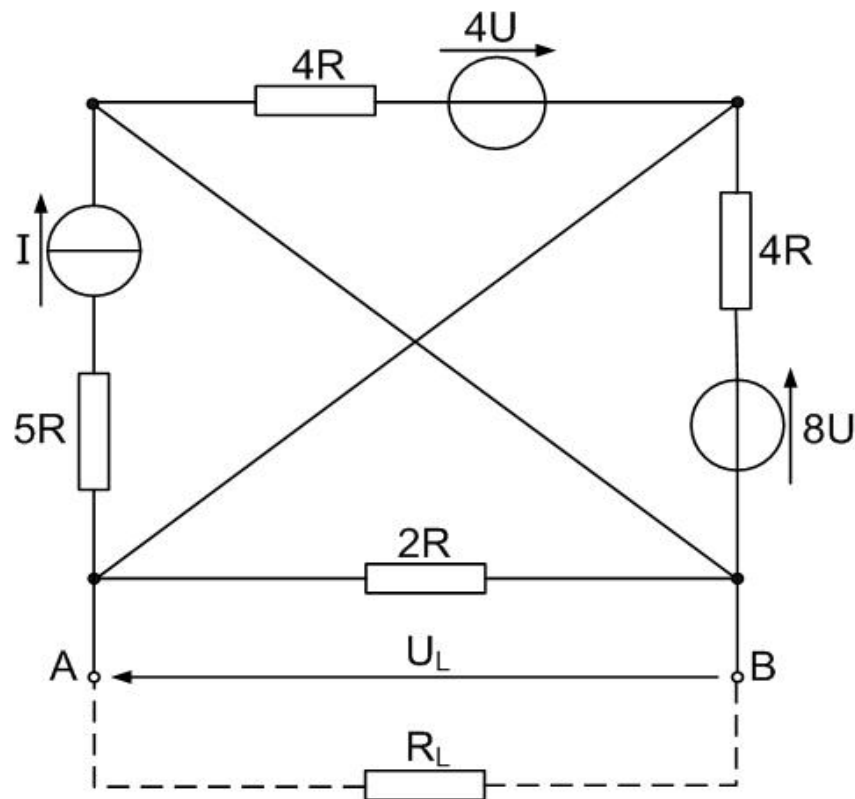
Zwischen zwei halbringförmigen Elektroden (Stator) ist eine halbkreisförmige Metallplatte (Rotor) angeordnet, die über eine Welle drehbar gelagert ist. Der Rotor ist beidseitig mit 1 mm dickem Papier ($\epsilon_r = 4$) beklebt. Die Anordnung befindet sich im Medium Luft. Randeffekte sind zu vernachlässigen.

Gegeben: $r = 4,1\text{ cm}$, $r_1 = 4\text{ cm}$, $r_2 = 2\text{ cm}$, $d = 1\text{ mm}$, $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12}\text{ As/Vm}$

- Für die gegebene Anordnung ist ein elektrisches Ersatzschaltbild zu zeichnen.
- Berechnen Sie die maximal mögliche Kapazität C_{\max} unter Berücksichtigung der aktiven Fläche.
- Berechnen Sie allgemein die Kapazität $C = f(\alpha)$ in Abhängigkeit vom Drehwinkel α für die Bereiche: 1) $0^\circ < \alpha < 180^\circ$, 2) $180^\circ < \alpha < 360^\circ$.
- Zeichnen Sie $C = f(\alpha)$ für $\alpha = 0 \dots 360^\circ$.
- Berechnen Sie die maximale Ladung Q_{\max} , mit der der Kondensator geladen werden kann, wenn die maximale Quellenspannung $U_Q = 500\text{ V}$ 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?

3 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 16



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

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

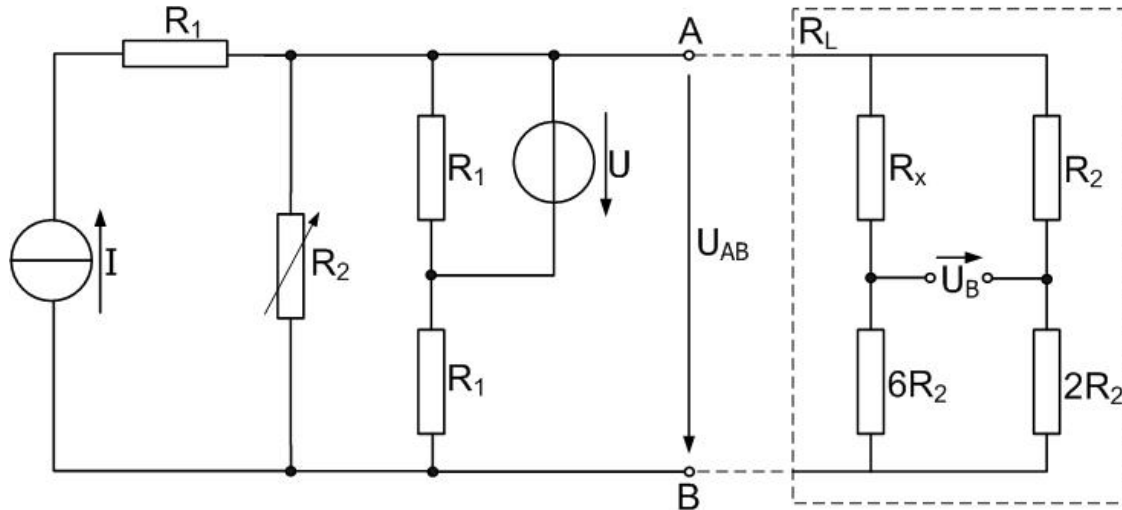
- Berechnen Sie den Innenwiderstand R_i der Ersatzquelle.
- Berechnen Sie allgemein die Leerlaufspannung U_L .

Das Netzwerk ist bei Leistungsanpassung durch R_L belastet.

- Geben Sie R_L und U_{AB} in Abhängigkeit von R und U an.
- Berechnen Sie die im Lastwiderstand R_L umgesetzte Leistung P_{RL} .
- Die Stromquelle I ist 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 den Quellen abgegebene Leistung P_Q .

4 Gleichstromnetzwerk

Punkte: 14



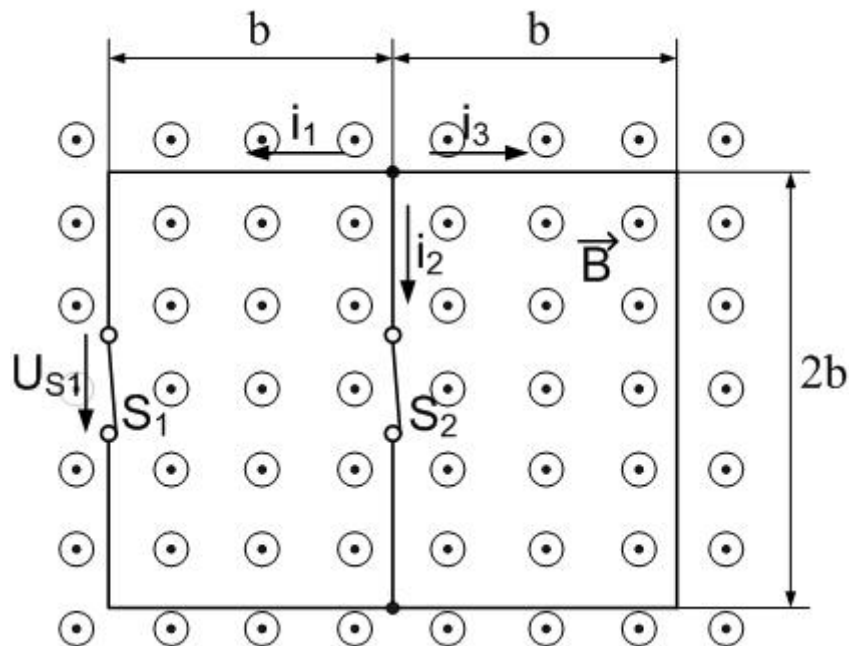
Der Lastwiderstand R_L ist bei dem gegebenen Netzwerk durch eine Brückenschaltung realisiert.

Gegeben: $R_1 = 20\Omega$, $U = 20\text{ V}$, $I = 1\text{ A}$

- Wie groß muss R_2 gewählt werden, damit die Klemmenspannung im Leerlauf $U_{AB} = 30\text{ V}$ beträgt.
 - Geben Sie die Spannung U_{AB} als Funktion des Widerstandes R_2 an.
 - Zeichnen Sie den Spannungsverlauf $U_{AB} = f(R_2)$ für R_2 gleich 0Ω bis 100Ω . Welchen Grenzwert erreicht die Spannung U_{AB} für $R_2 \rightarrow \infty$.
 - Geben Sie die Brückenabgleichbedingung an. Bestimmen Sie R_x so, dass die Brücke abgeglichen ist.
 - Für den in Fall a) berechneten Wert R_2 und den in Fall d) berechneten Wert R_x berechnen Sie die in der Brücke insgesamt umgesetzte Leistung P_L .
- Bemerkung: Falls Sie a) oder d) nicht gelöst haben, rechnen Sie weiter mit $R_2 = R_x = 20\Omega$.*

5 Induktion

Punkte: 14



Die dargestellte Leiterschleife aus dünnem Kupferdraht wird von einem homogenen Magnetfeld mit der Flussdichte $B(t) = B_0 (1 + \cos \omega t)$ senkrecht durchsetzt. Der Drahtabschnitt hat die Länge b und einen kreisförmigen Querschnitt mit dem Radius r . Der spezifische Widerstand des Kupfers ist ρ .

Durch die Schalter S_1 und S_2 können die Drähte der Anordnung unterbrochen werden.

a) Geben Sie den ohmschen Widerstand R von einem Drahtabschnitt an.

Berechnen Sie die Ströme $i_1(t)$, $i_2(t)$ und $i_3(t)$ wenn:

b) der Schalter S_1 geschlossen und der Schalter S_2 geöffnet ist.

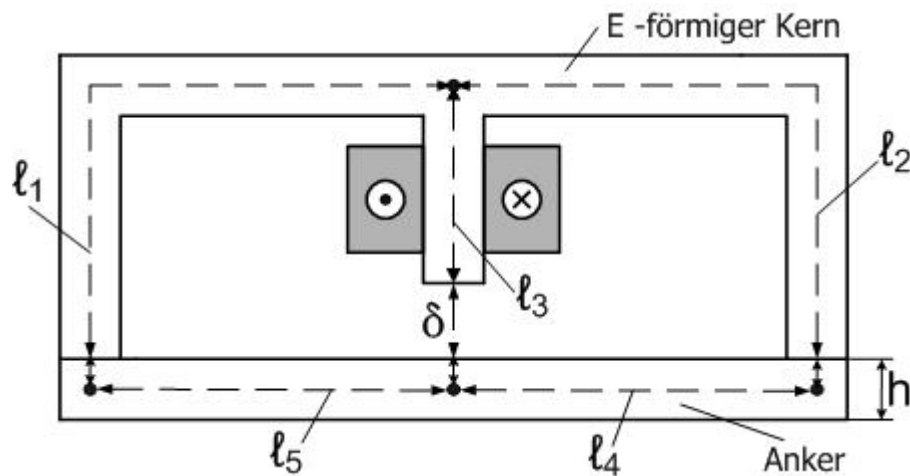
c) die Schalter S_1 und S_2 geschlossen sind.

d) der Schalter S_1 offen und der Schalter S_2 geschlossen ist.

e) Berechnen Sie für den Fall d) die Spannung U_{S1} über dem Schalter S_1 .

6 Magnetischer Kreis

Punkte: 16

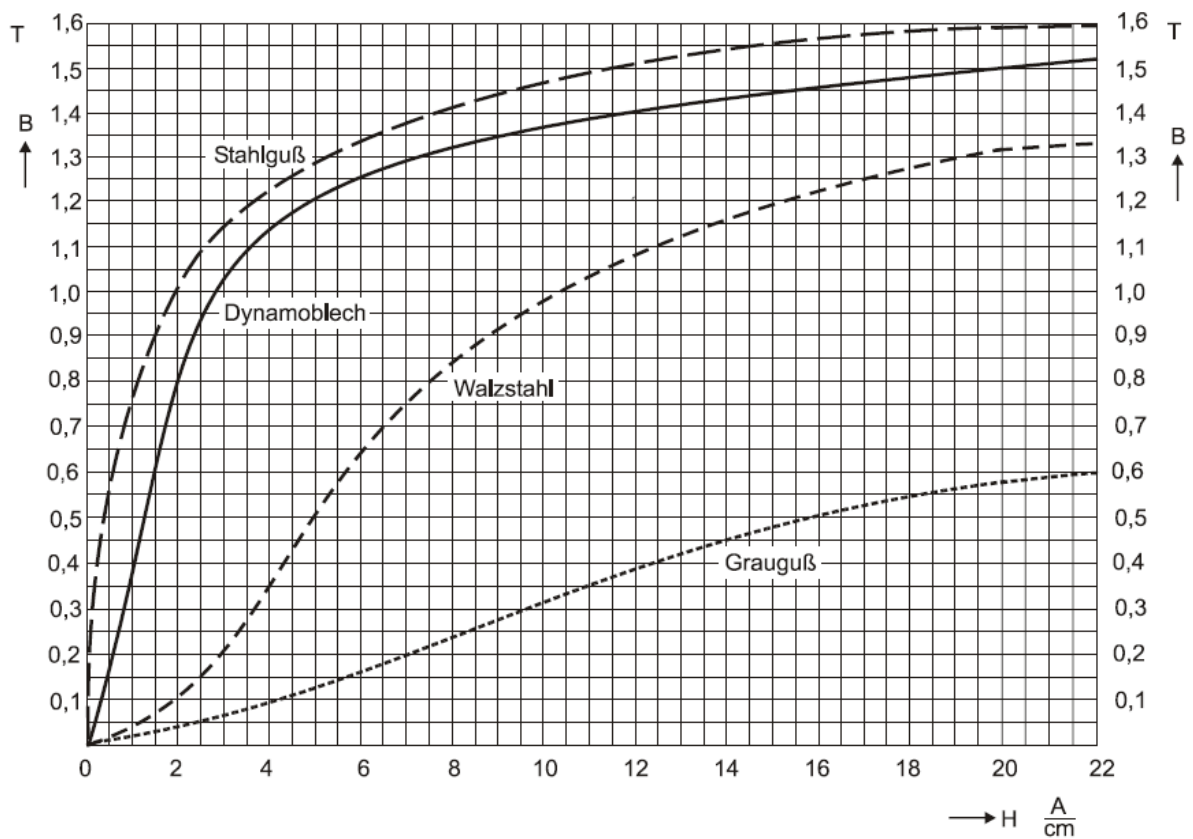
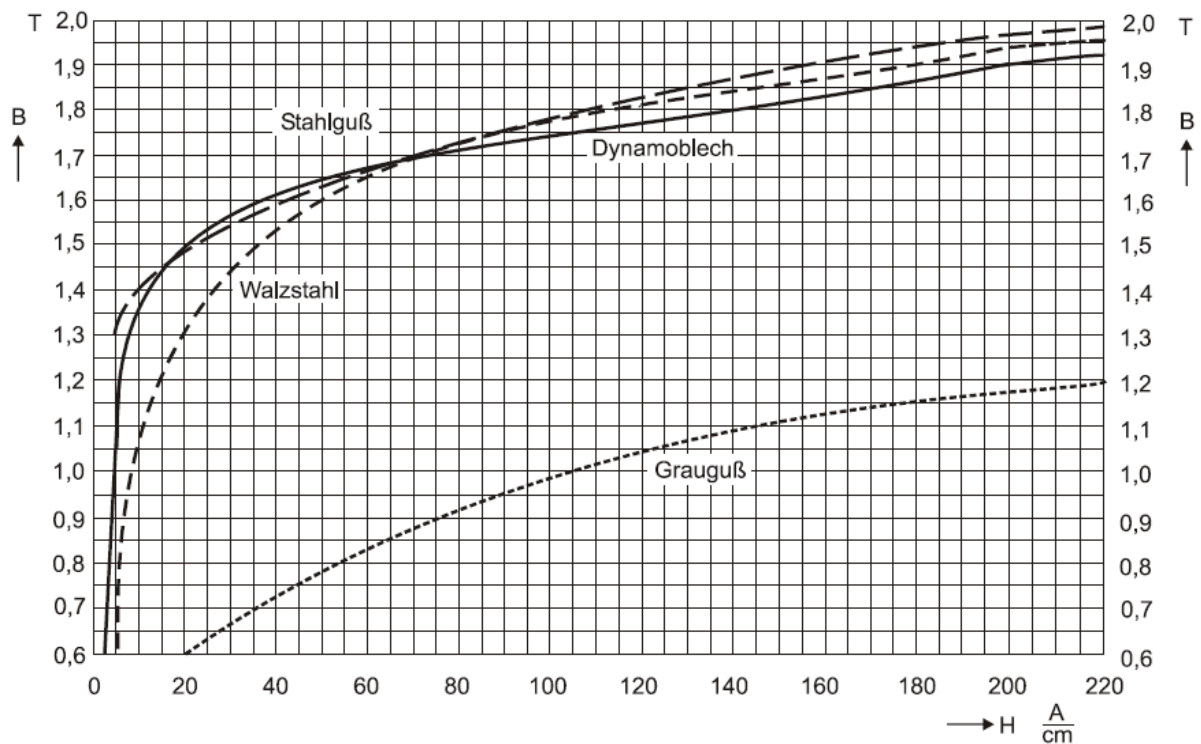


Der gegebene Elektromagnet besteht aus einem E – förmigen Kern aus Dynamoblech und einem Anker aus Walzstahl. Auf dem mittleren Schenkel ist eine Spule mit N Windungen montiert. Die Querschnittsfläche ist überall quadratisch mit der Seitenlänge h . Die im Luftspalt wirkende Kraft beträgt $F_L = 102\text{ N}$. Die Streuung in dem Luftspalt ist zu vernachlässigen.

Gegeben: $h = 10\text{ mm}$, $\ell_1 = \ell_2 = 160\text{ mm}$, $\ell_4 = \ell_5 = 80\text{ mm}$,
 $\ell_3 = 40\text{ mm}$, $\delta = 15\text{ mm}$, $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}\text{ H/m}$

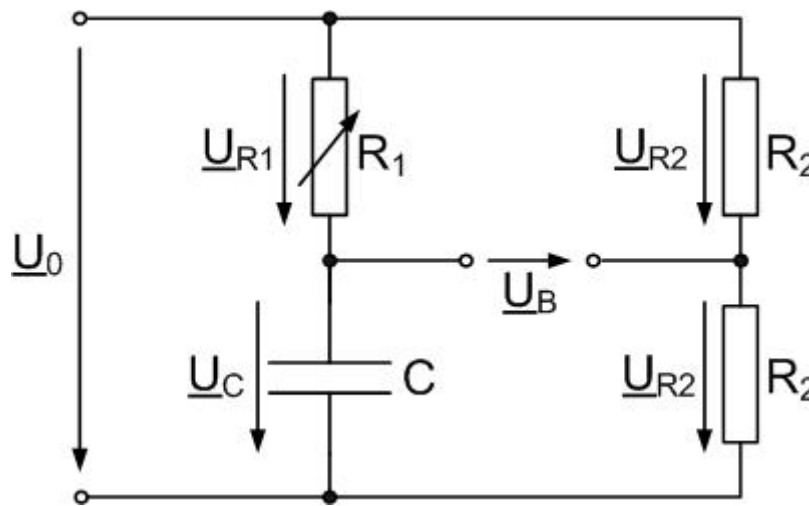
- Skizzieren Sie das vollständige Ersatzschaltbild des magnetischen Kreises und tragen Sie alle magnetischen Größen mit ihren Bezugsrichtungen ein.
- Berechnen Sie den magnetischen Fluss Φ_{ℓ_1} durch den linken Schenkel.
- Berechnen Sie die magnetische Spannung V_δ im Luftspalt.
- Berechnen Sie die magnetische Durchflutung Θ . (Die Magnetisierungskurven sind auf dem nächsten Blatt gegeben.)
- Berechnen Sie die erforderliche Windungszahl N , wenn die Wicklung aus einer Spannungsquelle $U = 220\text{ V}$ gespeist wird und der gesamte Wicklungswiderstand $R = 100\Omega$ beträgt.

Magnetisierungskurven von magnetisch weichen Werkstoffen



7 Komplexe Wechselstromrechnung

Punkte: 18



Bei der dargestellten Wechselspannungsbrücke kann durch Veränderung des Widerstandes R_1 die Phasenlage zwischen der Eingangsspannung \underline{U}_0 und der Brückendiagonalspannung \underline{U}_B eingestellt werden.

Gegeben: $\underline{U}_0 = 10 \text{ V} e^{j0}$, $C = 500 \cdot 10^{-9} \text{ F}$, $R_2 = 1 \cdot 10^3 \Omega$, $\omega = 2 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$

- Berechnen Sie allgemein und zahlenmäßig für $R_1 = 750 \Omega$ folgende Größen: \underline{U}_{R2} , \underline{U}_C , \underline{I}_2 und \underline{I}_1 . Die Zahlenwerte sind nach Betrag und Phase in Polarkoordinaten anzugeben.
- Das vollständige Zeigerdiagramm mit allen Strömen und Spannungen ist zu entwickeln (Maßstab: $1 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$, $1 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$). Die Größen \underline{U}_{R1} , \underline{U}_B und \underline{I}_0 sind nach Betrag und Phase anzugeben.
- Die in der Brücke umgesetzte Wirk-, Blind- und Scheinleistung ist zu berechnen.

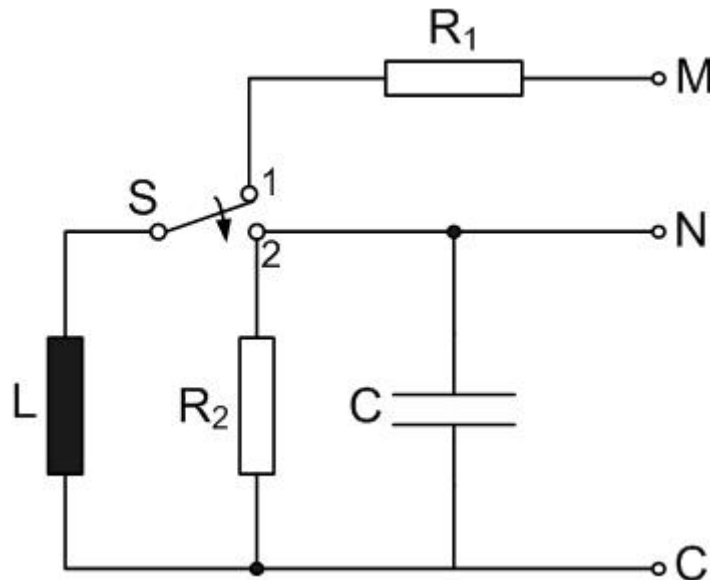
Der Widerstand R_1 soll von 0Ω bis ∞ verändert werden.

- Auf welcher gemeinsamen Kurve bewegen sich die Zeiger der Spannungen \underline{U}_C , \underline{U}_{R1} und \underline{U}_B ? Diese Kurve ist in das Zeigerdiagramm einzuzichnen.
- Über welchen Bereich verändert sich der Phasenwinkel φ_{0B} zwischen \underline{U}_0 und \underline{U}_B (\underline{U}_0 Bezugsgröße)?

8 Ortskurven

Punkte: 12

Gegeben ist folgendes Wechselstromnetzwerk:



Der Schalter S steht in Position 1.

- Berechnen Sie allgemein die Admittanz \underline{Y}_{MC} an den Klemmen M – C in Abhängigkeit von der Kreisfrequenz ω . Berechnen Sie die Grenzwerte für $\omega = 0\text{ s}^{-1}$ und $\omega \rightarrow \infty$.
- Zeichnen Sie die Ortskurve von \underline{Y}_{MC} und tragen Sie die berechneten Werte ein.

Der Schalter S wird in Position 2 umgeschaltet.

- Berechnen Sie allgemein die Impedanz \underline{Z}_{NC} an den Klemmen N – C in der Form $A + jB$.
- Um was für einen Schwingkreis handelt es sich hier? Geben Sie die Resonanzbedingung an und berechnen Sie die Resonanzfrequenz ω_0 .
- Berechnen Sie die Grenzwerte der Impedanz \underline{Z}_{NC} für $\omega = 0\text{ s}^{-1}$, $\omega = \omega_0$ und $\omega \rightarrow \infty$.
- Zeichnen Sie die Ortskurve von \underline{Z}_{NC} . Die Punkte für die Frequenzen nach e), sowie der kapazitive und induktive Bereich sind zu kennzeichnen.