

**Klausur in**  
**Grundlagen der Elektrotechnik für Maschinenbauer**  
**17.09.2007**

Bearbeitungszeit: 120 Minuten

7 Aufgaben

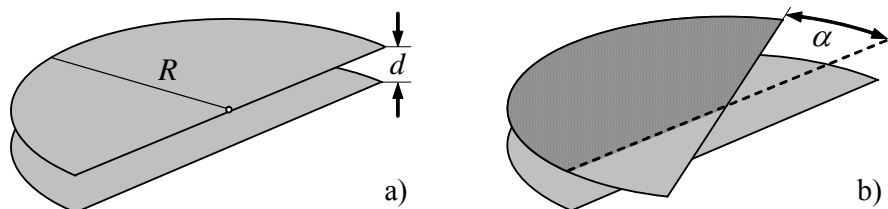
(100 Punkte)

Bei allen Aufgaben werden, wenn nicht anders angegeben, idealisierte Verhältnisse vorausgesetzt. Das heißt, Randeffekte und Streufelder können vernachlässigt werden, Materialabhängigkeiten können linear angenommen werden.

**Angabenblatt bitte mit Namen und Matrikelnummer versehen abgeben.**

**Aufgabe 1:**

(12 Punkte)



**Bild 1a,b:** Plattenkondensator

Im Bild 1a) sind zwei halbkreisförmige, parallel liegende Leiterplatten dargestellt. Die gesamte Anordnung befindet sich in Luft ( $\epsilon_r = 1$ ). Das elektrische Feld zwischen den Platten kann als homogen angenommen werden. Das Feld außerhalb der Platten wird vernachlässigt.

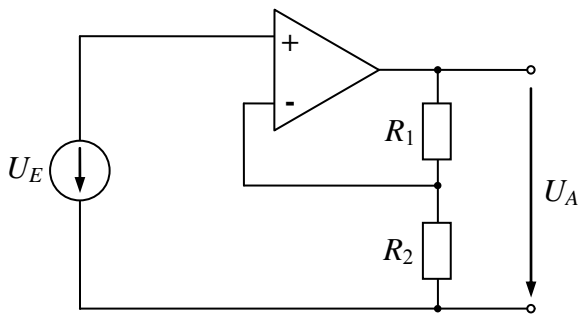
- a) Wie groß ist die Kapazität  $C$  dieses Kondensators in Abhängigkeit vom Abstand  $d$  und dem Radius  $R$ ? (3 Punkte)
- b) Sie messen zwischen den Platten eine Spannung  $U_0$ . Wie groß ist der Betrag der Flächenladungsdichte  $\sigma_0$  auf den Platten? (3 Punkte)

Die obere Platte wird nun, wie in Bild 1b) dargestellt, um den Winkel  $\alpha$  mit  $0 \leq \alpha < \pi$  gegenüber der unteren Platte verdreht. Es kann angenommen werden, dass nur im Raum zwischen den sich überlappenden Teilen der Platten ein elektrisches Feld vorhanden ist. Dieses Feld kann als homogen angenommen werden.

- c) Wie groß ist nun die Kapazität  $C(\alpha)$  in Abhängigkeit vom Winkel  $\alpha$ , dem Abstand  $d$  und dem Radius  $R$ ? (2 Punkte)
- d) Wie groß ist die Spannung  $U(\alpha)$  zwischen den Kondensatorplatten, wenn  $U(0) = U_0$  ist und beim Verdrehen die Gesamtladung konstant bleibt? (4 Punkte)

**Aufgabe 2:**

(11 Punkte)



**Bild 2:** OPV-Netzwerk

Gegeben ist die nebenstehende Operationsverstärkerschaltung mit einem idealen Operationsverstärker.

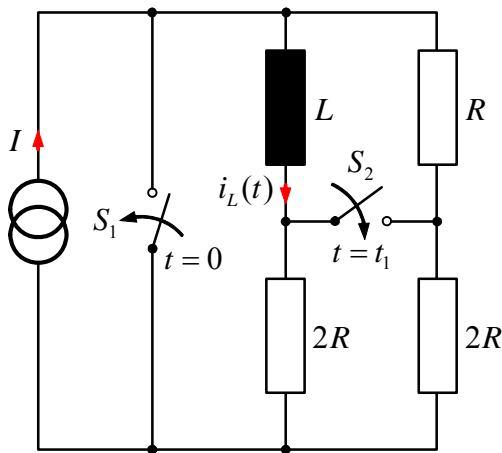
Die Eingangs- und Ausgangssignale liegen immer innerhalb des linearen Aussteuerbereiches des Operationsverstärkers.

Es gelte:  $R_1 = 2R$  ,  $R_2 = R$  .

- Welche Kopplung besitzt der Operationsverstärker? (1 Punkt)
- Bestimmen Sie die Ausgangsspannung  $U_A$  in Abhängigkeit von der Eingangsspannung  $U_E$  . (6 Punkte)
- Geben Sie die Ausgangsspannung für den Sonderfall  $R_2 \rightarrow \infty$  an. Wie wird diese Sonderform der Operationsverstärkerschaltung genannt? (4 Punkte)

**Aufgabe 3:**

(13 Punkte)



**Bild 3:** Netzwerk mit zwei Schaltern

Die beiden Schalter  $S_1$  und  $S_2$  des im Bild 3 dargestellten Netzwerks sind sehr lange Zeit geöffnet. Die Stromquelle  $I$  erzeugt einen idealen Gleichstrom. Zum Zeitpunkt  $t = 0$  wird der Schalter  $S_1$  geschlossen,  $S_2$  bleibt zunächst noch geöffnet.

- Berechnen Sie den Zeitverlauf des Stromes  $i_L(t)$  nach dem Schaltvorgang. (5 Punkte)
- Geben Sie den Zeitpunkt  $t = t_1$  an, zu dem der Strom  $i_L(t)$  auf ein Drittel seines Anfangswertes abgefallen ist. (3 Punkte)

Zum Zeitpunkt  $t = t_1$  wird nun Schalter  $S_2$  geschlossen.

- Ermitteln Sie den zeitlichen Verlauf von  $i_L(t)$  für  $t \geq t_1$ . (5 Punkte)

Name:	Matrikelnummer:
-------	-----------------

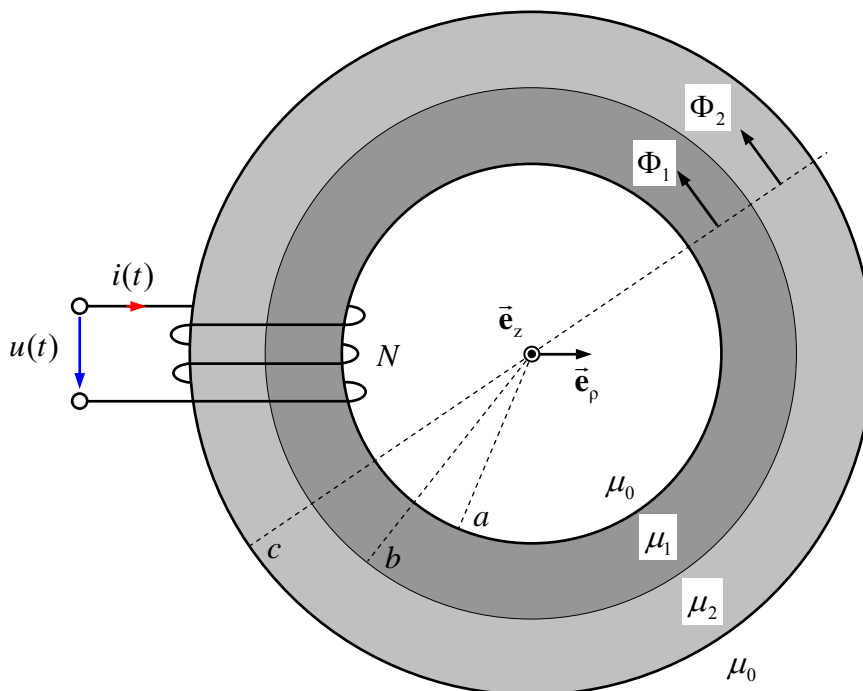
**Aufgabe 4:**

(19 Punkte)

Auf einem um die  $z$ -Achse des zylindrischen Koordinatensystems  $(\rho, \varphi, z)$  konzentrisch angeordneten ringförmigen Ferritkern mit rechteckförmigem Querschnitt (Dicke  $d$ ) ist eine Wicklung mit  $N$  Windungen aufgebracht, die vom Strom  $i(t)$  durchflossen werden. Der Ringkern besteht im Bereich 1 ( $a \leq \rho < b$ ) aus einem Material der Permeabilität  $\mu_1$  und im Bereich 2 ( $b \leq \rho \leq c$ ) aus einem Material der Permeabilität  $\mu_2$ .

Für die magnetische Feldstärke  $\vec{H}$  innerhalb des Ringkerns gilt:  $\vec{H} = H_\varphi(\rho)\vec{e}_\varphi$ .

Geben Sie die Ergebnisse in Abhängigkeit von den gegebenen geometrischen Größen an.



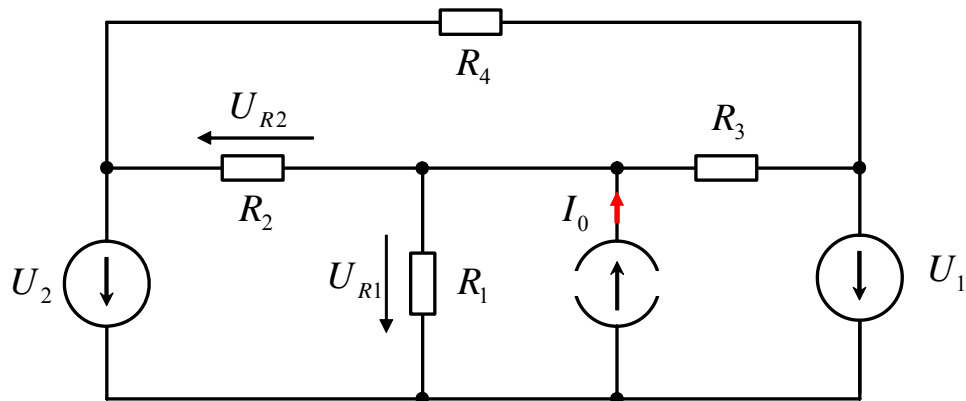
**Bild 4:** Ringkern mit rechteckförmigem Querschnitt (Dicke  $d$ ) und Wicklung

- Drücken Sie die magnetische Feldstärke  $\vec{H}$  durch den Strom  $i(t)$  aus. (6 Punkte)
- Ermitteln Sie die magnetische Flussdichte  $\vec{B}_1$  im Bereich 1 und  $\vec{B}_2$  im Bereich 2. (2 Punkte)
- Berechnen Sie die magnetischen Teilflüsse  $\Phi_1$  und  $\Phi_2$  aus der Abbildung für den Ringkern mit der Dicke  $d$ . (6 Punkte)
- Werten Sie das Induktionsgesetz in der Wicklung aus und geben Sie die Induktivität  $L$  der Spule an. (5 Punkte)

**Aufgabe 5:**

(13 Punkte)

Gegeben ist das Netzwerk im Bild 5, welches durch zwei ideale Gleichspannungsquellen  $U_1$  und  $U_2$ , sowie durch eine ideale Gleichstromquelle  $I_0$  erregt wird.

**Bild 5:** Widerstandsnetzwerk mit drei Quellen.

- Wie viele Knoten besitzt das Netzwerk insgesamt? Wählen Sie einen Bezugsknoten und nummerieren Sie die Knoten. (2 Punkte)
- Können Knoten, und wenn ja welche, über Hüllen zusammengefasst werden? (2 Punkte)
- Wie viele unabhängige Knotenpotentiale besitzt das Netzwerk? (2 Punkte)
- Berechnen Sie mit Hilfe des Knotenpotentialverfahrens die unabhängigen Knotenpotentiale in Abhängigkeit der gegebenen Größen. (3 Punkte)
- Berechnen Sie die Spannungen  $U_{R1}$  und  $U_{R2}$ . (2 Punkte)
- Welche Wirkleistung wird im Widerstand  $R_4$  umgesetzt? (2 Punkte)

**Hinweis:** Teilaufgabe f) kann unabhängig von den übrigen Teilaufgaben gelöst werden.

Name:	Matrikelnummer:
-------	-----------------

**Aufgabe 6:**

(16 Punkte)

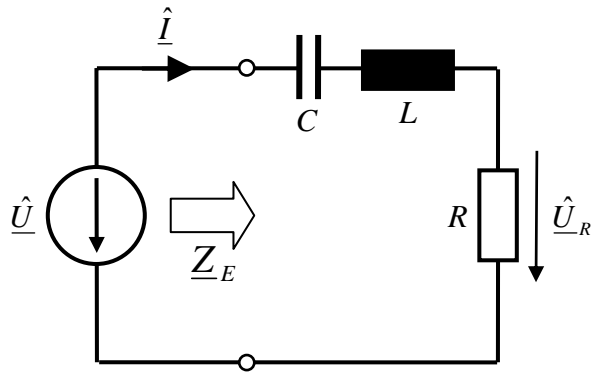
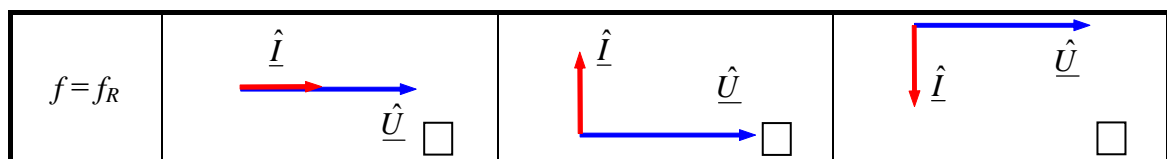


Bild 6a zeigt einen verlustbehafteten Schwingkreis bestehend aus einem Widerstand  $R$ , sowie der Kapazität  $C$  und der Induktivität  $L$ . Die Schaltung wird durch eine harmonische Spannungsquelle  $\hat{U}$  mit der Kreisfrequenz  $\omega$  erregt.

**Bild 6a:** Netzwerk mit sinusförmiger Erregung

- Bestimmen Sie die komplexe Eingangsimpedanz  $\underline{Z}_E$  in der Form  $\underline{Z}_E = \text{Re}\{\underline{Z}_E\} + j \cdot \text{Im}\{\underline{Z}_E\}$ . (3 Punkte)
- Bestimmen Sie diejenige Kreisfrequenz  $\omega_0 = 2\pi f_0$ , bei der sich der Imaginärteil von  $\underline{Z}_E$  zu Null ergibt. Welche Eingangsimpedanz  $\underline{Z}_E(\omega_0)$  verbleibt in diesem Fall? Welche Werte nimmt  $|\underline{Z}_E(\omega)|$  für  $\omega \rightarrow 0$  und  $\omega \rightarrow +\infty$  an? (4 Punkte)
- Berechnen Sie die komplexen Zeiger  $\hat{U}_R$  und  $\hat{I}$  in Abhängigkeit der gegebenen Größen  $\hat{U}$ ,  $R$ ,  $L$ ,  $C$  und  $\omega$ . (3 Punkte)
- Für diese Teilaufgabe gelte  $R = 3/2 \cdot \sqrt{L/C} = 1\Omega$  und  $|\hat{U}| = 1V$ . Berechnen Sie die im Widerstand  $R$  umgesetzte Wirkleistung bei der Frequenz  $f = 2f_0$ . (5 Punkte)
- Kreuzen Sie das gültige qualitative Zeigerdiagramm für  $\hat{U}$  und  $\hat{I}$  im Resonanzfall  $f = f_R$  des Schwingkreises an. (1 Punkt)



**Bild 6b:** Qualitative Zeigerdiagramme im Resonanzfall  $f = f_R$  des Schwingkreises

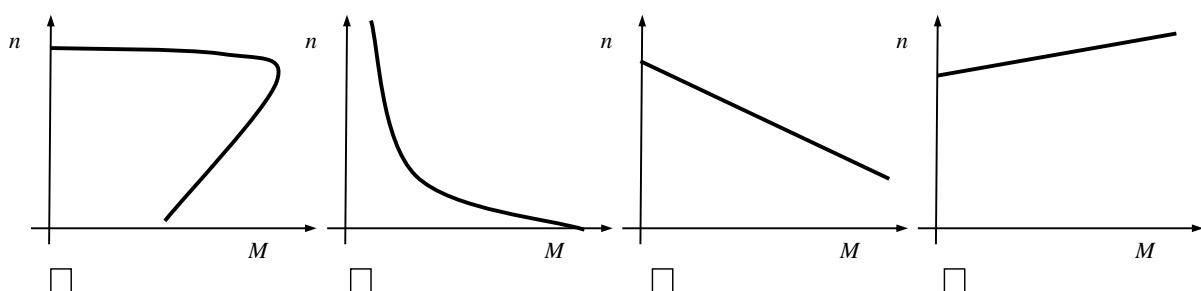
**Aufgabe 7:**

(16 Punkte)

Die Ankerwicklung eines fremderregten Gleichstrommotors liegt an konstanter Spannung  $U_A = 200\text{V}$ , der Strom in der Feldwicklung ist so gewählt, dass sich im Leerlauf die Drehzahl  $n_0 = 1600 \text{ min}^{-1}$  einstellt. Im Nennbetrieb wird der Motor mit dem Drehmoment  $M_N = 100 \text{ Nm}$  belastet. Dabei ergibt sich eine Drehzahl von  $n_N = 1500 \text{ min}^{-1}$ .

Im Folgenden sollen Reibungsverluste unberücksichtigt bleiben.

- a) Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für den Ankerkreis der fremderregten Gleichstrommaschine. (3 Punkte)
- b) Wie groß ist die abgegebene mechanische Leistung der Maschine im Nennbetrieb? (4 Punkte)
- c) Wie groß ist die vom Ankerkreis aufgenommene elektrische Leistung der Maschine im Nennbetrieb? (4 Punkte)
- d) Welchen Widerstandswert hat die Ankerwicklung dieser Maschine? (4 Punkte)
- e) Welches der gezeigten Drehzahl-Drehmoment Kennlinien gibt das Verhalten dieses Motors wieder? (1 Punkt)



Name:

Matrikelnummer: