

**Ausgabe:** 31.05.2019  
**Abgabe:** bis 07.06.2019 12:00 Uhr  
**Briefkästen:** 247, 248, 249

Prof. Dr. D. Suter

### Aufgabe 1: Fallender Ring

6 Punkte

Ein nicht geschlossener metallischer Ring mit Masse  $m$ , Fläche  $A = \pi r_0^2$  und einem die beiden Enden verbindenden Widerstand  $R$  falle durch ein inhomogenes Magnetfeld  $\vec{B} = \beta z \vec{e}_x$ . Die Schwerebeschleunigung sei dabei  $\vec{g} = g \vec{e}_z$ . Der Ring sei nur in  $z$ -Richtung beweglich und die von ihm eingeschlossene Fläche sei senkrecht zur  $x$ -Achse bzw. der Flächennormalenvektor  $d\vec{A}$  sei parallel zur  $x$ -Achse.

- a) Berechnen Sie die zwischen den Enden induzierte Spannung  $U_{\text{ind}}$ . Parametrisieren Sie dazu die  $z$ -Koordinate der Flächenelemente des Rings über die Summe der Koordinate des Schwerpunkts und einer Koordinate der Parametrisierung eines Kreises und wählen Sie für die Integration ein geeignetes Koordinatensystem.

*Kontrollergebnis zum Weiterrechnen:*  $U_{\text{ind}} = -\beta A \dot{z}$

- b) Stellen Sie die Gleichung für die Energieerhaltung auf.

*Hinweis:* Berücksichtigen Sie dabei auch die Arbeit, welche sich aus der elektrischen Leistung ergibt.

- c) Stellen Sie durch Differenzieren der Gleichung für die Energieerhaltung eine Differentialgleichung für den Ringschwerpunkt in Abhängigkeit von  $\dot{z}$  und  $\ddot{z}$  auf. (Für die volle Punktzahl ist die Lösung der Differentialgleichung NICHT erforderlich!)

- d) *BONUS: (3 Punkte)* Lösen Sie die Differentialgleichung, um eine Gleichung für  $z(t)$  des Ringschwerpunktes zu erhalten. Bestimmen Sie abschließend die Konstanten mithilfe der Anfangsbedingungen  $z(t=0) = z_0$  und  $\dot{z}(t=0) = 0$ .

*Hinweis:* Denken Sie noch einmal an das Übungsblatt zu den Differentialgleichungen zurück. Verwenden Sie hier außerdem den Ansatz

$$y_{\text{inh}}(x) = y_{\text{hom}}(x) \cdot \int \frac{b}{y_{\text{hom}}(x)} dx$$

zur Lösung der inhomogenen Differentialgleichung, wobei  $b$  die Inhomogenität darstellt.

### Aufgabe 2: Induktion

4 Punkte

Durch einen Draht fließt ein Wechselstrom  $I = I_0 \sin \omega t$ . Wie groß ist die zwischen den Enden einer Spule mit  $N$  Windungen induzierte Spannung, ...

- a) ... wenn die  $N$  Windungen konzentrische Kreise um den Strom führenden Draht, der innerhalb der Spule senkrecht durch die Windungsfläche verläuft, bilden?

- b) ... wenn eine rechteckige flache Spule mit  $N$  Windungen die Seitenlängen  $a$  und  $b$  besitzt, wobei der Draht außerhalb der Spule parallel zu den Seiten mit Länge  $b$  im Abstand  $d$  bzw.  $d + a$  verläuft.

Betrachten Sie nun eine lange Spule der Länge  $l_1 = 20$  cm und Windungszahl  $N_1 = 2000$ , durch die ein konstanter Strom  $I_1 = 50$  A fließt. Im Inneren dieser Spule rotiert eine zweite Spule mit Windungszahl  $N_2 = 400$  und Windungsfläche  $A_2 = 6$  cm<sup>2</sup> mit der Frequenz  $f_2 = 100$  Hz. Die Rotationsachse steht dabei senkrecht zur Achse der langen Spule und parallel zur Windungsfläche  $A_2$ .

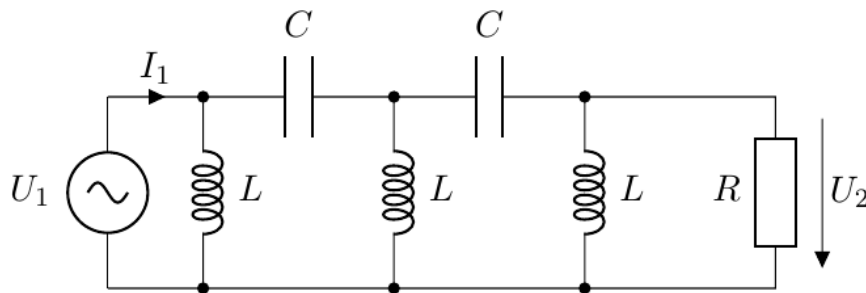
- c) Berechnen Sie den Maximalwert  $U_M$  der induzierten Wechselspannung.

*Hinweis: Verdeutlichen Sie sich bei allen Aufgabenteilen die geometrischen Beziehungen anhand einer Skizze!*

### Aufgabe 3: Impedanz

4 Punkte

Es soll die Gesamtimpedanz der unten stehenden Schaltung berechnet werden. Die Eingangsspannung sei  $U_1 = U_0 \cos(\omega t)$ , mit  $L = 0,1$  H,  $C = 100$   $\mu$ F,  $R = 50$   $\Omega$  und  $\omega = 300$  s<sup>-1</sup>.



- a) Zeichnen Sie ein Ersatzschaltbild der obigen Schaltung als eine Reihe von Parallelschaltungen.  
 b) Berechnen Sie die komplexen Impedanzen der einzelnen Schaltungsteile und daraus die gesamte komplexe Impedanz.

### Aufgabe 4: Kurzfragen: Magnetismus-Edition

3 Punkte

Beantworten Sie nachvollziehbar die folgenden Fragen. Es kann dazu hilfreich sein, das Skript zur Hilfe zu nehmen.

- a) Erklären Sie die Begriffe Diamagnetismus, Paramagnetismus und Ferromagnetismus und nennen Sie die charakterisierende Größe.  
 b) Skizzieren und markieren Sie eine Hysteresekurve und beschreiben Sie die beiden charakteristischen Größen genauer.  
 c) Erklären Sie das Curie-Weiß-Gesetz und dessen Bedeutung für die magnetische Suszeptibilität.

- d) Erläutern Sie das Phänomen der Weiß'schen Bezirke und skizzieren Sie den Einfluss eines schwachen (bzw. starken) externen Magnetfelds auf diese Bezirke.
- e) Was geschieht, wenn zwei parallele und in kleinem Abstand zueinander stehende Drähte in gleicher Richtung von einem Strom durchflossen werden? Was passiert, wenn man die Stromrichtung in einem der Drähte umkehrt?