

Ausgabe: 12.06.2018
Abgabe: 19.06.2018, 12 Uhr

Prof. Dr. Shaukat Khan
Prof. Dr. Götz S. Uhrig

Aufgabe 0: Verständnisfragen

0 Punkte

- 1) Geben Sie das Induktionsgesetz sowohl in differentieller, als auch in integraler Form an. Erklären Sie anschaulich die Bedeutung der auftretenden Terme. Begründen Sie kurz, warum auf einer Seite der Gleichung ein Minuszeichen stehen muss.
- 2) Skizzieren und erläutern Sie drei Filterschaltungen: einen Hochpass, einen Tiefpass und einen Bandpass.
- 3) Geben Sie die Eichtransformationen für die Potentiale $\Phi(\vec{r}, t)$ und $\vec{A}(\vec{r}, t)$ an. Zeigen Sie, dass die transformierten Potentiale die selben physikalischen Felder, also \vec{E} - und \vec{B} -Felder, liefern.
- 4) Erläutern Sie ohne Formeln die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Strom bei induktiven und kapazitiven Widerständen.

Aufgabe 1: Der fallende Ring

5 Punkte

Ein metallischer Ring mit der Masse m , der Fläche A und dem Widerstand R falle unter dem Einfluss der Schwerkraft mit der Beschleunigung $\vec{a} = g \cdot \vec{e}_z$ durch ein inhomogenes Magnetfeld $\vec{B}_{\text{ext}}(\vec{r}) = \beta z \vec{e}_x$. Nehmen Sie im Folgenden an, dass der Ring senkrecht zur x -Achse steht und sich nur in z -Richtung bewegen kann.

- (a) Erläutern Sie, welchen Einfluss das inhomogene Magnetfeld auf den Metallring hat. Erklären Sie kurz, unter welchen Voraussetzungen $\vec{B}_{\text{ges}} \approx \vec{B}_{\text{ext}}$ angenommen werden kann?
- (b) Berechnen Sie die induzierte Spannung und stellen Sie eine Energieerhaltungsgleichung für das System auf.
- (c) Bestimmen Sie durch Differenzieren der Energieerhaltungsgleichung die Bewegungsgleichung des Ringschwerpunkts.
- (d) Lösen Sie die Bewegungsgleichung für die Startbedingung $\dot{z}(0) = 0$. Berechnen Sie ebenfalls $\dot{z}(t)$ für den Grenzfall $t \rightarrow \infty$.

Aufgabe 2: Koaxialkabel

5 Punkte

Der Innenleiter einer Koaxialleitung habe einen Durchmesser von 1 mm. Der Zwischenraum zwischen Innen- und Außenleiter sei mit Polyethylen (Dielektrizitätszahl $\epsilon_r = 2,3$) gefüllt.

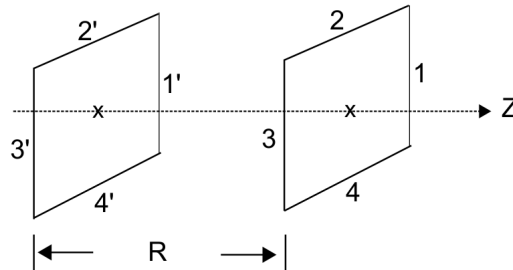
- (a) Wie groß muss der Innendurchmesser des Außenleiters sein, wenn der Wellenwiderstand (die Impedanz) der Leitung 200Ω betragen soll?
- (b) Wie groß ist in diesem Fall die Kapazität und die Induktivität pro Meter Kabellänge?
- (c) Wie groß ist die Phasengeschwindigkeit?

Aufgabe 3: Gegeninduktion

5 Punkte

Über das Induktionsgesetz kann ein induzierter Stromfluss mit der Veränderung des magnetischen Flusses verknüpft werden. Es ist somit auch möglich, dass sich zwei voneinander getrennte Stromkreise aufgrund der erzeugten magnetischen Felder gegenseitig beeinflussen. Dieser Effekt wird als Gegeninduktion bezeichnet und soll in dieser Aufgabe exemplarisch behandelt werden.

Betrachten Sie folgende Abbildung zweier paralleler quadratischer Leiterschleifen S und S' mit Kantenlänge l und Abstand R :



Berechnen Sie die Gegeninduktivität

$$L_{S,S'} = L_{S',S} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \oint_S d\vec{r} \oint_{S'} d\vec{r}' \cdot \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|} \quad (1)$$

und machen Sie sich dabei Symmetrieeigenschaften zu nutze. Für die auftretenden Integrale könnten folgende Koordinatentransformationen nützlich sein:

$$\xi := x - y \qquad \eta := \frac{1}{2}(x + y) \quad (2)$$

Aufgabe 4: Blindstromkompensation

5 Punkte

Eine Spule sei an einen Wechselstromgenerator angeschlossen, der eine Wechselspannung der Frequenz $f = 50 \text{ Hz}$ mit einer Amplitude von $U_0 = 100 \text{ V}$ liefert. Die Spule habe unter diesen Bedingungen einen Blindwiderstand von $X = 8 \Omega$ und die Impedanz betrage $Z = 10 \Omega$. Ignorieren Sie alle Leitungsverluste außerhalb der Spule.

- Berechnen Sie die Amplitude des Spulenstroms und die Phasenverschiebung zwischen Strom und angelegter Spannung.
- Mit der Spule soll ein Kondensator in Reihe geschaltet werden, um die Phasenverschiebung zu kompensieren. Wie groß muss die Kapazität des Kondensators sein, damit Strom und Spannung in Phase sind?
- Wie groß ist die Amplitude des Gesamtstroms nach der Korrektur?
- Wie groß ist die Amplitude der Spannung, die über dem Kondensator abfällt?