Ferienkurs Experimentalphysik 2

Sommersemester 2015

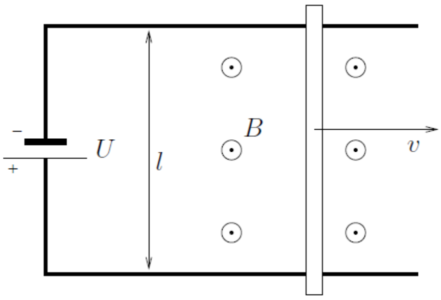
Gabriele Semino, Alexander Wolf, Thomas Maier

Übungsblatt 3

Zeitlich veränderliche Felder und elektromagnetische Schwingungen

Aufgabe 1: Lenz Beschleunigung

Ein Metalldraht mit Masse m und Widerstand R gleitet reibungsfrei auf zwei parallelen Metallschienen in einem zeitlich konstanten homogenen Magnetfeld B, so wie in der Abbildung dargestellt. Die Batterie liefert die konstante Spannung U.



a) Bestimmen Sie die im Draht induzierte Spannung und den Strom, wenn sich der Draht mit der Geschwindigkeit v entlang der Schienen bewegt.

b) Stellen Sie die Bewegungsgleichung für den Draht auf und bestimmen Sie $v(t)$, wenn der Draht anfänglich ruht. Was geschieht für $t \to \infty$?

c) Bestimmen Sie den Grenzwert des Stroms für $t \to \infty$.

Aufgabe 2: Differentialgleichungen von Schaltungen

Eine Wechselspannungsquelle liefert die Effektivspannung $U = 6$ V mit der Frequenz $\nu = 50$ Hz. Zunächst wird ein Kondensator der Kapazität C angeschlossen und es fließt ein Effektivstrom $I_1 = 96$ mA. Dann wird statt des Kondensators eine Spule mit Induktivität L und Ohmschen Widerstand R angeschlossen, der Effektivstrom beträgt dann $I_2 = 34$ mA. Schließlich werden Kondensator und Spule hintereinandergeschaltet und es fließen $I_3 = 46$ mA.

a) Setzen Sie die Spannung der Stromquelle in komplexer Form als $U(t) = \hat{U}e^{i\omega t}$ an und leiten Sie aus den Differentialgleichungen allgemein den Scheinwiderstand (d.h. den Absolutbetrag des komplexen Widerstandes) her von:

(a) einer Kapazität C,
(b) einer reinen Induktivität L,
(c) einer Spule mit L und R,
(d) einer Reihenschaltung aus einer Kapazität C und einer Spule mit L und R.

b) Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators sowie die Induktivität und den Ohmschen Widerstand der Spule aus den oben angegebenen experimentellen Werten.

Aufgabe 3: LC-Schwingkreis

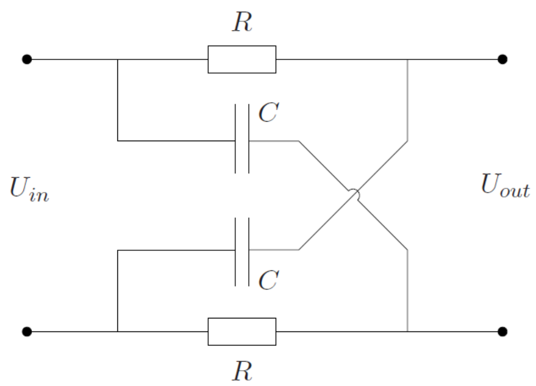
Gegeben sei ein LC-Schwingkreis, der mit einer Wechselspannung $U(t) = \hat{U}e^{iwt}$ angetrieben wird.

a) Stellen Sie die Differentialgleichung des Systems auf. Berechnen Sie die allgemeine Lösung mithilfe der Ansätze $Q_h(t) = A\sin(w_0 t) + B\cos(w_0 t)$ für den homogenen Teil und $Q_i(t) = \hat{Q}e^{iwt}$ für den inhomogenen Teil. Berechnen Sie aus Ihrer Lösung den Strom $I(t)$ als Funktion der Zeit im Schwingkreis.

b) Berechnen Sie nun nochmals den Strom $I(t)$ im Schwingkreis, jetzt direkt als komplexe Funktion mithilfe der Impedanz der Schaltung. Was fällt Ihnen auf im Vergleich zu a)?

Aufgabe 4: Allpass-Filter

In der folgenden Abbildung ist ein sogenannter Allpass-Filter dargestellt:



a) Berechnen Sie die Übertragungsfunktion $H(\omega) = \hat{U}_{out}/\hat{U}_{in}$.

Hinweis: Durch genaues Hinsehen erkennt man, dass die Schaltung auch in einer etwas einfacheren Form gezeichnet werden kann. Verwenden Sie den komplexen Ansatz $U_{\text{in}}(t) = \hat{U}_{\text{in}}e^{i\omega t}$ und rechnen Sie mit komplexen Widerständen, um die komplexen Amplituden $\hat{I}_1$ und $\hat{I}_2$ der Ströme $I_1(t) = \hat{I}_1 e^{i\omega t}$ und $I_2(t) = \hat{I}_2 e^{i\omega t}$ und daraus $\hat{U}_{\text{out}}$ zu bestimmen. Das Endergebnis lautet: $H(\omega) = (1 - i\omega RC)/(1 + i\omega RC)$.

b) Wie groß ist der Verstärkungsfaktor und die Phasenverschiebung als Funktionen von ω? Warum heißt die Schaltung 'Allpass-Filter'?