Prof. Dr. M. Wegener / Priv.-Doz. Dr. A. Naber
Übungen zur Klassischen Experimentalphysik II (Elektrodynamik), SS 2019

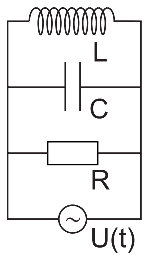
ÜBUNGSAUFGABEN (VIII)

(Besprechung Mittwoch, 26.6.19)

Aufgabe 1: (5 Punkte)

In der nebenstehenden Schaltung liege eine Spannung $U(t) = U_0 \cos(\omega t)$ mit der Amplitude $U_0 = 5\,\mathrm{V}$ und der Frequenz $f = \omega/2\pi = 10\,\mathrm{kHz}$ an.

a) Verwenden Sie die komplexen Widerstände Z_C, Z_L und Z_R von Kapazität, Induktivität und ohmschem Widerstand zur Berechnung der Ströme $I_C(t)$, $I_L(t)$ und $I_R(t)$ durch die entsprechenden Bauelemente. Erläutern Sie die physikalischen Ursachen der Phasenverschiebungen.

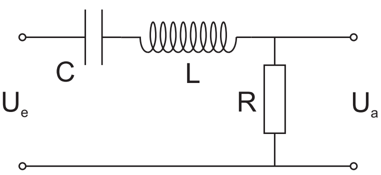


b) Dimensionieren Sie L und R derart, dass alle Stromamplituden bei einer Kapazität von $C = 1\,\mu\mathrm{F}$ gleich groß werden. Tragen Sie dann in einem Diagramm Spannung und Ströme im Zeitintervall von 0 bis 0.1 ms auf. Wie groß ist der Gesamtstrom?

Aufgabe 2: (6 Punkte)

In der gezeigten Schaltung ist die am Widerstand R abgegriffene Ausgangsspannung U_a abhängig von der Eingangsspannung U_e und deren Winkelfrequenz ω. Das Verhältnis dieser Spannungen ist die (komplexe) Übertragungsfunktion $A(\omega)$ mit Amplitude $|A|$ und Phasenverschiebung φ,

$$A(\omega) = \frac{U_a}{U_e} = |A(\omega)|\, \mathrm{e}^{i\varphi(\omega)}$$



Berechnen Sie für die Schaltung die Amplitude $|A|$ und die Phase φ in Abhängigkeit von ω und diskutieren Sie ihr Verhalten für $\omega \to 0$ und $\omega \to \infty$. Zeichnen Sie anschließend beide Größen als Funktion von ω. Für welchen elektrotechnischen Zweck kann die Schaltung eingesetzt werden?

Aufgabe 3: (5 Punkte)

In der Vorlesung wurde für den statischen Fall (Gleichstrom) der ohmsche Widerstand R_0 eines Drahtes mit Länge l und Querschnittsfläche A für ein Modell mit Reibungskraft $F_D = -\gamma v$ abgeleitet. Analog dazu soll der Widerstand $R(\omega)$ für ein elektrisches Wechselfeld $E = E_0 \exp(i\omega t)$ mit Winkelfrequenz ω bestimmt werden.

a) Zeigen Sie, dass der Widerstand von der Form $R(\omega) = R_0 + i\omega\, L_k$ ist und dass L_k („kinetische Induktivität“) gegeben ist durch $L_k = ml/(nq^2 A)$ mit Masse m, Anzahldichte n und Ladung q für die Elektronen.

b) Berechnen Sie die kinetische Energie E_{kin} der Elektronen im Leiter als Funktion des Stroms I und zeigen Sie, dass $E_{\mathrm{kin}} = L_k I^2/2$.

c) Für welchen Durchmesser d eines Drahtes aus Kupfer ($n_{\mathrm{Cu}} = 8.5 \cdot 10^{22}\,\mathrm{cm}^{-3}$) ist der Betrag von L_k pro Leiterlänge l größer als die vom Durchmesser unabhängige magnetische Induktivität im Inneren des Drahtes $L_i/l = \mu_0/8\pi$?