Alexey Ustinov, Hannes Rotzinger Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Übungen/Lösungen zur Klassischen Experimentalphysik II SS 2017

Übungsblatt 11 · Besprechung am 12. Juli 2017

Aufgabe 36: *(3.5 Punkte)*

(a) Die DGL lautet für $t > 0$:

$$L \cdot \dot{I} + R \cdot I(t) = U_0$$

(b) Division der DGL durch L führt auf

$$\dot{I}(t) + \frac{R}{L} I(t) = \frac{U_0}{L}$$

Lösung der homogenen DGL

$$\dot{I}(t) + \frac{R}{L} I(t) = 0$$

ist offensichtlich $I_{hom} = A \cdot e^{Rt/L}$. Nun brauch man eine beliebige partikuläre Lösung von der inhomogenen DGL, die mit $I_{part}(t) = const. = \frac{U_0}{R}$ gefunden werden kann. Die allgemeine Lösung ist dann

$$I(t) = I_{hom}(t) + I_{part} = A \cdot e^{Rt/L} + \frac{U_0}{R}$$

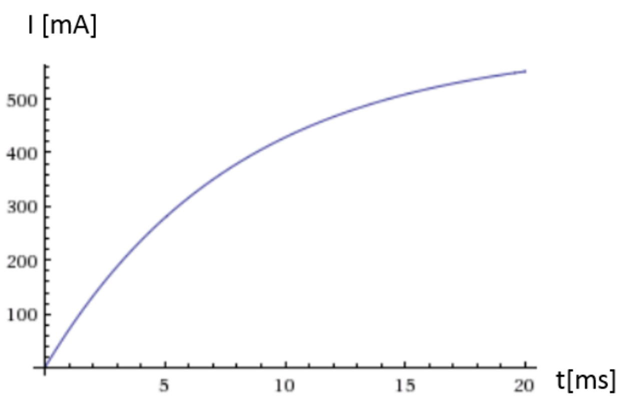
Mit den Anfangesbedingunen $I(t = 0) = 0$ lässt sich mit $A = -\frac{U_0}{R}$ erfüllen. Damit finden sich die gesuchte Funktion

$$I(t) = \frac{U_0}{R} \left(1 - e^{Rt/L}\right) = I_s(1 - e^{-t/\tau})$$

mit

$$I_s = \frac{U_0}{R} = 600\,\mathrm{mA}$$

$$\tau = \frac{L}{R} = 8\mathrm{ms}$$

(c) 

Aufgabe 37: *(4 Punkte)*

(a) Die Impedanz der Schaltung ist $Z = R + Z_{par}$. Darin ist die Impedanz der Parallelschaltung von C mit der Reihenschaltung von L mit dem Lastwiderstand R_L. Für diese Impedanz gilt:

$$\frac{1}{Z_{par}} = \frac{1}{-iX_c} + \frac{1}{R_L + iX_L} = \frac{R_L + i(X_L - X_C)}{X_C X_L - iR_L X_C}$$

und daher

$$Z_{par} = \frac{X_C X_L - iR_L X_C}{R_L + i(X_L - X_C)}$$

Wird der Bruch mit $R_L - i(X_L - X_C)$ erweitert, ergibt dies

$$Z_{par} = \frac{R_L X_C^2}{R_L^2 + (X_L - X_C)^2} - i\frac{X_c[R_L^2 + X_L(X_L - X_C)]}{R_L^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Wird der Schalter geschlossen, dann ist L überbrückt, so dass $X_L = 0$ ist. Der Blindwiderstand des Kondesators ist

$$X_C = \frac{1}{2\pi\nu C} = 2\,\mathrm{k}\Omega$$

Mit den Blindwiderständen ergibt sich

$$Z_{par} = 30\,\Omega - i(0.45\,\Omega)$$

$$Z = R + Z_{par} = 10\,\Omega + Z_{par} = 40\,\Omega - i(0.45\,\Omega)$$
$$|Z| = \sqrt{(40\,\Omega)^2 + (0.45\,\Omega)^2} = 40\,\Omega$$

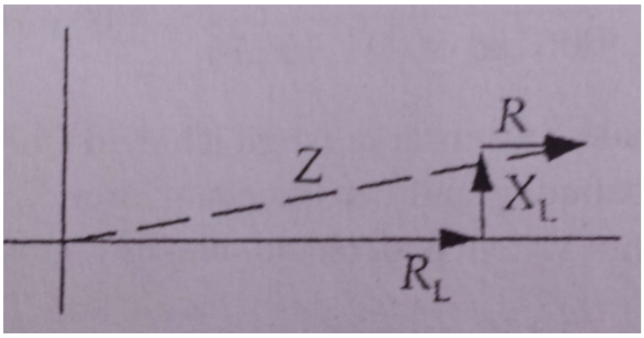
(b) Bei geöffnetem Schalter befindet sich die Spule im Stromkreis:

$$X_L = \omega_L = 2\pi\nu Ł = 9.4\,\Omega$$

$$Z_{par} = 30.3\,\Omega + i(9.01\,\Omega)$$
$$Z = 40,3\,\Omega + i(9.0\,\Omega)$$
$$|Z| = 41.3\,\Omega$$

Für die Phase erhalten wir

$$\delta = \arctan\frac{X}{R} = 12.6^o$$



(c) Bei geschlossenem Schalter gilt gemäß der Kirhchhoff'schen Maschenregel für die Schleife mit der Spannungsquelle, dem Widerstand R und dem Lastwiderstand R_L:

$$U - RI - U_{R_L} = 0$$

Damit ist der Spannungsabfall am Lastwiderstand $U_{R_L} = U - RI$. Mit $I = \frac{U}{Z}$ wird daraus

$$U_{R_L} = U - \frac{UR}{Z} = \left(1 - \frac{R}{|Z|}\right) U_{max} \cos\left(\omega t - \delta\right)$$

daher Z_{par}, Z und $|Z|$ wie in (a). Für die Phase erhält man

$$\delta = \arctan \frac{X}{R} = -0.6^o$$

und dem Spannungsabfall am Lastwiderstand

$$U_{R_L} = 75\,\mathrm{V} \cos\left(20/\mathrm{s} \cdot \pi t - \delta\right)$$

(d) Bei geöffnetem Schalter gilt

$$U - RI - X_L I - U_{R_L} = 0$$

und für den Spannungsabfall am Lastwiderstand

$$U_{R_L} = U - I(R + X_L) = \left(1 - \frac{R + X_L}{|Z|}\right) U_{max} \cos\left(\omega t - \delta\right)$$

somit

$$Z_{par} = 30\,\Omega + i(9.0\,\Omega)$$
$$Z = 40,3\,\Omega + i(9,0\,\Omega)$$
$$|Z| = 41,3\,\Omega$$

Für die Phase erhalten wir

$$\delta = \arctan \frac{im(Z)}{re(Z)} = 12,6^o$$

Daraus ergibt sich für den Spannungsabfall am Lastenwiderstand

$$U_{R_L} = 53\,\mathrm{V} \cos(20/\mathrm{s} \cdot \pi t - 12,6^o)$$

Aufgabe 38: *(2.5 Punkte)* Für den Verschiebungsstrom gilt:

$$I_v = \epsilon_0 \dot{\Phi_{el}}$$

mit $\Phi = E \cdot A$ und $E = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$

$$I_v \frac{\partial}{\partial t} \epsilon_0 \frac{QA}{\epsilon_0 A}$$
$$I_v = \frac{\partial Q}{\partial t} = I$$

Der Verschiebungsstrom ist also gleich dem zeitabhängigen Entladestrom:

$$I_v = I = -\frac{1}{RC} C V_0 e^{-t/RC}$$