• prawo Faraday'a; • indukcyjność L, • obwód LR, • obwód LC, • obwód RLC, • drgania wymuszone w obwodzie RLC, rezonans; • prąd przemienny, moc prądu, transformator; • prawa elektromagnetyzmu Maxwella, fale elektromagnetyczne

1. Prąd przemienny. Kołowa ramka o promieniu r_o i n zwojach obraca sie z częstotliwością f herców w jednorodnym polu magnetycznym B. Oś obrotu pokrywa się ze średnicą ramki i jest prostopadła do linii pola magnetycznego. Dany jest opór ramki R. Oblicz siłę elektromotoryczną $\varepsilon(t)$ i natężenie indukowanego w ramce prądu $i(t)$ (stosuj prawo Faradaya). Dane: $r_o = 5$ cm, $n = 300$, $f = 50$ obr/s, $B = 0.2$ T, $R = 20\ \Omega$.

2. Obwód RLC, złożony z oporu R, cewki o indukcyjności L i kondensatora o pojemności C zawiera dodatkowo siłę elektromotoryczną o przemiennym napięciu $\varepsilon(t) = \varepsilon_o \sin \omega t$.
   a) Pokaż (z prawa Kirchoffa), że równanie opisujące prąd $i(t)$ płynący w obwodzie ma postać:
   $$L\frac{di}{dt} + R\,i + \frac{1}{C}\,q(t) = \varepsilon_o \sin \omega t.$$
   Jest to równanie drgań wymuszonych. Rozwiązanie tego równania pokazuje, że prąd w obwodzie, wymuszony przez taką okresową siłę elektromotoryczną ma tę samą częstość kołową ω zmian w czasie, tzn. $i(t) = i_m \sin(\omega t + \varphi)$, ale jest przesunięty w fazie o φ. Wielkość i_m jest amplitudą natężenia (jego największą wartością) i zależy od częstości wymuszającej ω następująco:
   $$i_m = \frac{\varepsilon_o}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}},$$
   a przesunięcie fazowe wyraża się wzorem $\tan\varphi = -\dfrac{\omega L - \dfrac{1}{\omega C}}{R}$.
   b) Sprawdź, że gdy częstość siły elektromotorycznej jest równa częstości drgań własnych układu LC, tzn. $\omega = \omega_o = 1/\sqrt{LC}$, to amplituda prądu jest maksymalna (rezonans!) i wynosi $i_m = \varepsilon_o/R$.

3. Typową częstotliwością dla prądu wytwarzanego przez generator prądu przemiennego w elektrowni jest $\nu = 50$ Hz. Jaka jest częstość kołowa ω i w jakich jednostkach się ją wyraża?

4. W obwodzie RLC, gdzie $R = 20\ \Omega$, $C = 20\ \mu$F, i $L = 1$ H obliczyć dla jakiej częstości wymuszającej ω obwód będzie w rezonansie i jaka będzie amplituda prądu i_m? Ile wyniesie i_m dla częstości dwa razy większej od częstości rezonansowej?

5. Dla danych dotyczących obwodu z poprzedniego zadania oblicz dla obu przypadków częstości: a) ε_{sk}, b) i_{sk}, c) φ, d) współczynnik mocy $\cos\varphi$, e) moc średnią $P_r = \varepsilon_{sk} i_{sk} \cos\varphi$.

6. Transformator ma 500 zwojów w uzwojeniu pierwotnym i 10 we wtórnym. Jakie jest napięcie $U_{2,sk}$ na otwartym uzwojeniu wtórnym, jeśli dla pierwotnego uzwojenia $U_{1,sk}$ wynosi 120 V.

7. Równania Maxwella:
   $$\varepsilon_o \oint_S \vec{E}\cdot d\vec{s} = q, \quad \text{prawo Gaussa dla elektryczności}$$
   $$\oint_S \vec{B}\cdot d\vec{s} = 0, \quad \text{prawo Gaussa dla magnetyzmu}$$
   $$\oint_C \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}, \quad \text{prawo indukcji Faradaya}$$
   $$\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_o\left(i + \varepsilon_o\frac{d\Phi_E}{dt}\right), \quad \text{rozszerzone prawo Ampere'a.}$$
   Nazwij każdy symbol, wyraź każde równanie słownie i opisz sens fizyczny każdego.

8. Zapisz równania Maxwella dla próżni (brak ładunków i prądów).

9. Jak wyraża się prędkość światła c przez stałe ε_o i μ_o?

10. Do jakich części widma elektromagnetycznego (nazwij) należy promieniowanie o częstotliwości a) 10 kHz, b) 10^{20} kHz, o długości fali c) 500 nm, d) 10 km, e) 0.5 nm ?

11. Na jaką długość fali nastawiony jest radioodbiornik, jeśli obwód anteny składa się z indukcyjności 1.5 mH i pojemności 450 pF?