

Ćwiczenie 10

Drgania tłumione w obwodzie RLC

Ćwiczenie wraz z instrukcją i konspektem opracowali W.Skowroński, S.Ziętek

Cel ćwiczenia

Obserwacja przebiegów zmian napięcia w obwodzie RLC. Pomiar parametrów rozwiązań równania różniczkowego modelującego dynamikę obwodu RLC.

Wymagane wiadomości teoretyczne

Równania Kirchhoffa, napięcie na oporniku, cewce i kondensatorze, rozwiązywanie jednorodnego równania różniczkowego drugiego rzędu, drgania tłumione, przebieg aperiodyczny, rezystancja krytyczna, współczynnik tłumienia, logarytmiczny dekrement tłumienia. Zasada działania oscyloskopu.

Wyposażenie stanowiska

Impulsowy układ zasilający z wbudowanym kondensatorem o pojemności $C = 680 \text{ nF}$, nastawowy opornik dekadowy, nastawowa cewka dekadowa, oscyloskop.

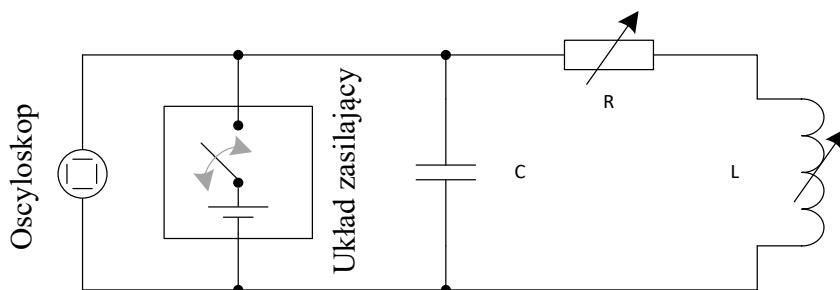
W ćwiczeniu obserwujemy przebieg zmian napięcia na naładowanym kondensatorze w szeregowym układzie RLC:

Zagadnienia do przedyskutowania:

- Podać wzory na napięcie na cewce, rezistorze i kondensatorze w zależności od ładunku zmiennego w czasie.
- Podać napięciowe równanie Kirchhoffa dla układu RLC.
- W jakiej postaci gromadzona jest energia w cewce i w kondensatorze?
- Narysować przykładowy przebieg periodyczny tłumiony. Narysować przykładowy przebieg aperiodyczny.

Wykonanie ćwiczenia

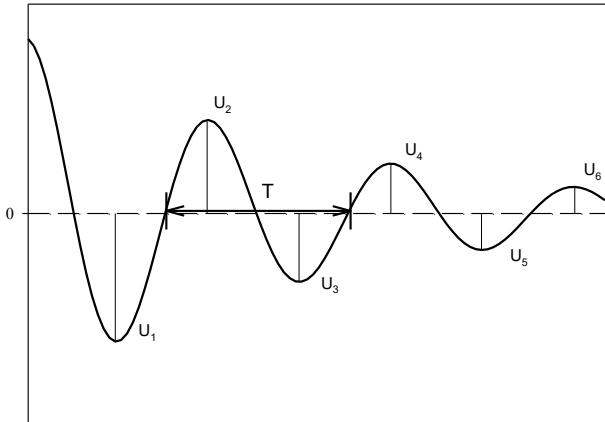
- Zestawić układ według podanego schematu z Rys. 1.:



Rys. 1. Schemat układu pomiarowego.

2. Włączyć oscyloskop oraz zasilanie skrzynki z układem ładującym kondensator.
3. Ustawić indukcyjność cewki L na wartość podaną przez prowadzącego ćwiczenia, wyzerować opornik dekadowy R .
4. Obserwować przebiegi gasnące, ustalając odpowiednią wartość podstawy czasu i wzmacnienia kanału Y oscyloskopu.
5. Odczytać z oscyloskopu okres T jak na Rys. 2. (w celu zwiększenia dokładności można odczytać kilka okresów i obliczyć wartość średnią). Wartość okresu wpisać do tabeli 1 konспектu.
6. W celu wyznaczenia logarytmicznego dekrementu tłumienia odczytać wartości napięcia dla kolejnych maksimów (lub minimów) przebiegu U_2, U_4, U_6 (lub U_1, U_3, U_5) – Rys. 2.

Rys. 2. Przebieg periodyczny tłumiony z zaznaczonymi minimami i maksimami.



7. Ustawić na oporniku dekadowym wartość rezystancji podaną przez prowadzącego ćwiczenia i powtórzyć pomiary z punktów 5 i 6.
8. Obserwować kształt przebiegu napięcia na oscyloskopie ustawiając coraz większe wartości R .
9. Ustalić wartość krytyczną rezystancji R_C , dla której przebieg staje się aperiodyczny (należy zwiększyć wzmacnienie Y jeśli drgania są silnie tłumione).
10. Powtórzyć pomiary z punktów 3 do 9, nastawiając inną wartość indukcyjności L podaną przez prowadzącego ćwiczenia.

Opracowanie wyników

1. Wyznaczyć współczynnik tłumienia β ze wzoru: $\beta = \ln(U_i/U_{i+2})/T$, na podstawie zmierzonych maksimów (minimów) sygnału (Rys.2).
2. Dla wyzerowanej dekadowej rezystancji R , obliczyć, dla każdej badanej wartości L , wartości rezystancji pasożytniczej cewki R_L , korzystając ze wzoru $\beta=R_L/2L$.
3. Korzystając z wyznaczonego eksperymentalnie okresu drgań T , obliczyć częstotliwość drgań $\omega_R = 2\pi/T$.
4. Dla drgań tłumionych, dla każdej rezystancji R (uwzględniając rezystancję cewki R_L wyznaczoną w punkcie 2) i dla każdej wartości L obliczyć pojemność kondensatora, korzystając z teoretycznych zależności: $\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ oraz $\sigma_R = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$

5. Obliczyć niepewność β ,
6. Dla przebiegu aperiodycznego porównać zmierzoną (z uwzględnieniem rezystancji cewki) wartość rezystancji krytycznej R_c z wartością teoretyczną obliczoną ze wzoru:

$$R_{CT} = 2\sqrt{L/C}.$$

Literatura

1. D. Halliday, R. Resnick, *Fizyka*. Tom II, PWN, Warszawa 1984.
2. *Pracownia Fizyczna Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej AGH*. Część I, wydanie trzecie, pod redakcją Andrzeja Zięby, Kraków 2002. Skrypty uczelniane SU 1642, str. 156.