電気回路

2511198 肥田幸久

2025 年 11 月 11 日作成

1　実験の目的

本実験では, 電気回路の中で起こる力学的な現象を観測し, 減衰振動の周波数やピーク電圧と時間の関係といった量を求めることを目的とする.

2　実験の原理

抵抗値が R の抵抗器の両端にかかる電圧を $V_R(t)$, 流れる電流を $I(t)$ とすると, オームの法則により次式が成り立つ.

$$V_R(t) = RI(t) \tag{1}$$

コンデンサは充電時間を除けば絶縁体である. コンデンサの静電容量を C とすると, ある時間にコンデンサに蓄えられている電荷 $q(t)$ とコンデンサの両端にかかる電圧 $V_C(t)$ の関係は次式で表される.

$$q(t) = CV_C(t) \tag{2}$$

電流とは単位時間あたりに流れる電荷の量であるため, 次式が成り立つ.

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt} \tag{3}$$

コイルは時間変化する電流に対して誘導起電力を発生させる. コイルの自己インダクタンスを L, ある時間にコイルを流れる電流を $I(t)$ とすると, 誘導起電力 $V_L(t)$ は次式で表される.

$$V_L(t) = -L\frac{dI(t)}{dt} \tag{4}$$

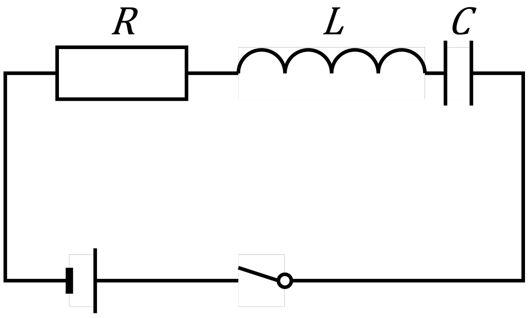

図 1: RLC 直列回路の模式図

図 1 の回路に電池をつないだ瞬間に回路を流れる電流を考える.

電池の起電力を V とし, ある時刻にコンデンサに蓄えられている電荷を $q(t)$, 抵抗値, インでクタンス, コンデンサの静電容量をそれぞれ R, L, C とすると, 回路に流れる電流 $I(t)$ は次式で表される.

$$V - L\frac{dI(t)}{dt} = RI(t) + \frac{q(t)}{C} \tag{5}$$

両辺を時間で微分し, 式 3 を用いて, $2\gamma = R/L$, $\omega_0^2 = 1/(LC)$ とおくと, 次式が得られる.

$$\frac{d^2I(t)}{dt^2} + 2\gamma\frac{dI(t)}{dt} + \omega_0^2 I(t) = 0 \tag{6}$$

この式は $I(t)$ を $x(t)$ と置き換えると, 減衰振動を表す微分方程式と同じ形になり, 解は γ と ω_0 の大小関係によって次の 3 通りに分類される.

(i) $\gamma < \omega_0$（減衰振動）

$$I(t) = e^{-\gamma t}(a\sin\omega_1 t + b\cos\omega_1 t) \tag{7}$$

(ii) $\gamma > \omega_0$（過減衰）

$$I(t) = e^{-\gamma t}(ae^{\omega_1 t} + be^{-\omega_1 t}) \tag{8}$$

(iii) $\gamma = \omega_0$（臨界減衰）

$$I(t) = e^{-\gamma t}(at + b) \tag{9}$$

ここで, a, b はいずれの場合も初期条件によって決まる定数, 角周波数 ω_1 は過減衰の場合 $\omega_1 = \sqrt{\gamma^2 - \omega_0^2}$, 減衰振動の場合 $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2}$ である. 実際に図 1 の回路を組み立て, 時間と電流の関係を観測すると, 減衰振動, 過減衰, 臨界減衰のいずれの現象も確認でき, 角周波数 ω_1 や抵抗係数 γ を求めることができる.

3 実験方法

4 実験結果

5 考察

6 まとめ

参考文献