

I 目的

電気回路上で起こる減衰振動や共振を実際に観測し現象を理解する。

II 原理

抵抗における電位差 V は、抵抗値を R 、流れる電流を I とすると、 $V = RI$ となる。

コンデンサーの容量を C とおいたとき、コンデンサーの両端の電圧を V とすると、蓄えられる電荷 q は $q = CV$ となる。電流 I と電荷 q の関係は $I = \frac{dq}{dt}$ である。

コイルのインダクタンスを L 、流れる電流を I とすると、コイルによる誘導起電力 V は、 $V = -L \frac{dI}{dt}$ となる。

電流や電圧などに関するこれらの基本的な原理に基づき、コイル、コンデンサー、抵抗を組み合わせることで CR 回路や LCR 回路を組み、減衰振動や過減衰を観測する。

III 方法

i 時定数の測定

- 1 コンデンサーを 1 つ選び LCR メーターで容量 C を測り、その値を記録した。
- 2 このコンデンサーと任意の抵抗を用いて CR 回路を組み、矩形波を与えて時定数を測定した。
- 3 測定した時定数と、計算(時定数 = $C \times R$)によって求めた時定数の理論値を比較した。

ii 減衰振動と過減衰の観測

- 1 パッケージに入っているコイルのインダクタンス L を LCR メーターで、抵抗 R をテスターで測定した。
- 2 $10\text{k}\Omega$ で臨界減衰($\gamma = \omega_0$)となるようにコンデンサーの容量 C を計算した。
- 3 計算値に最も近いコンデンサーを 1 つ選び、LCR メーターで容量を測定し、記録した。
- 4 任意の抵抗を選び、テキストの図 5.6(a)の通りに回路を組み、オシロスコープを最適に調整した上で、表示された波形を等倍でグラフ用紙に写しとった。
- 5 抵抗を変えて III.ii.4 を何度か繰り返した。

以下は実験未了の為省略。

IV 実験結果

i 時定数の測定

オシロスコープに表示させた波形のスケッチを図 1 としてレポート末尾に添付した。

コンデンサーの容量 C : $1530.7 \mu\text{F}$

抵抗の値 R : $10.086 \text{ k}\Omega$

測定した時定数 : $0.92 [\text{Div}] \times 20 [\mu\text{s}] = 18.4 \mu\text{s}$

時定数(理論値) : $\tau = CR = 1530.7 \times 10^{-6} \times 10.086 \times 10^3 = 15.4 \mu\text{s}$

理論値と実験値の誤差 : $+19.2\%$

ii 減衰振動と過減衰の観測

1 共通事項

コイルのインダクタンス L : 100.81 mH

コイルの抵抗 R : 99.54Ω

コンデンサーの容量 C : 242.2 nF

2 測定 1

オシロスコープに表示させた波形のスケッチを図 2 としてレポート末尾に添付した。

抵抗の値 R : 507.4Ω

$$\text{測定した周波数} : f = \frac{1}{T} = \frac{1}{4.84 [\text{Div}] \times 20 [\mu\text{s}]} = 10330 \text{ 1/s}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{100.81 \times 10^{-3} \times 2.067 \times 10^{-9}}} = 69275 \text{ rad}$$

$$\gamma = \frac{R}{2L} = \frac{507.4 + 99.54}{2 \times 100.81 \times 10^{-3}} = 3010 \text{ rad}$$

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \gamma^2} = \sqrt{69275^2 + 3010^2} = 69340 \text{ rad}$$

$$f = \frac{\omega_1}{2\pi} = \frac{69340}{2 \times 3.1415} = 11036 \text{ 1/s}$$

周波数の誤差：-6.40%

3 測定 2

オシロスコープに表示させた波形のスケッチを図 3 としてレポート末尾に添付した。

抵抗の値 R : 51.05k ω

4 測定 3

オシロスコープに表示させた波形のスケッチを図 4 としてレポート末尾に添付した。

抵抗の値 R : 10.080k ω

5 測定 4

オシロスコープに表示させた波形のスケッチを図 5 としてレポート末尾に添付した。

抵抗の値 R : 5.084k ω

V 考察

i 時定数の計測

III.i より時定数の理論値は15.4 μs である。また、時定数の実験値は18.4 μs であった。

後者は前者に対して+19.2%の誤差をもっている。

そこで、この誤差の原因を考察していく。

時定数を測定する際、信号の最大と最小の間を約 5cm に調節し、その信号をある横線より上に 3.16cm、下に 1.84cm 存在するように位置を調整した。そして、最大の箇所を好きな縦線に合わせ、グラフが先ほど決めた横線を横切った箇所を読むことで時定数を求めた。だが、これらの 5cm、3.16cm、1.84cm といった値はすべて目でおおよそその値を読み取っているうえ、位置を調節してもオシロスコープの画面上での表示位置が勝手に移動してしまう程度の代物だったため、

ii 減衰振動と過減衰の観測

レポート末尾に添付した波形のスケッチは抵抗が小さいほうから順番に図 2、図 5、図 4 そして図 3 である。

その順番で見比べると、波形が最初の段階から収束してほぼ直線となるまでにかかる時間、つまり横向きの距離がだんだんと小さくなっている。同じことを意味するが、収束するまでに見える振動の回数が図 2 では 10 回程度だが、図 5 では 3 回、図 4 では 1/2 回、図 3 に至っては 1/4 回というよりほぼ直線のように収束している。

これによって、使用する抵抗の値を大きくするほど、収束するまでにかかる時間が伸び、収束するまでに振動する回数が減ることがわかった。

以下は実験未了のため省略。

VI 感想

実験がまともに進められなかったのはこの実験が初めてだ。

コンデンサーやコイル、抵抗の値を計算して回路を作成するのに手間取ってしまった。

周囲を見回しても、以前に実験を行ったことのある人のサポートを全面的に受けていた人以外では実験が最後まで終わった人はいなかったようだ。

予習不足といわれてしまうとそれまでだが、基礎科学実験 B と異なり基礎科学実験 A のテキストは予習の段階で手順が分かり辛くかいてあるように思う。実際に機器を目の前にしてようやく操作方法が理解できるというのが一番早い。ときによっては、試行錯誤を繰り返した挙句、なんとか測定したい値を得ることができるなど全体的に放任でゆったりとした雰囲気がある。

事前に実験操作を経験者に聞くことが実験遂行に必要な条件に感じられた。とはいえ、終わってしまったことを悔いてもいたしかたないので、次週、最後の実験を全力で取り組むことで今回の反省を生かしたい。