

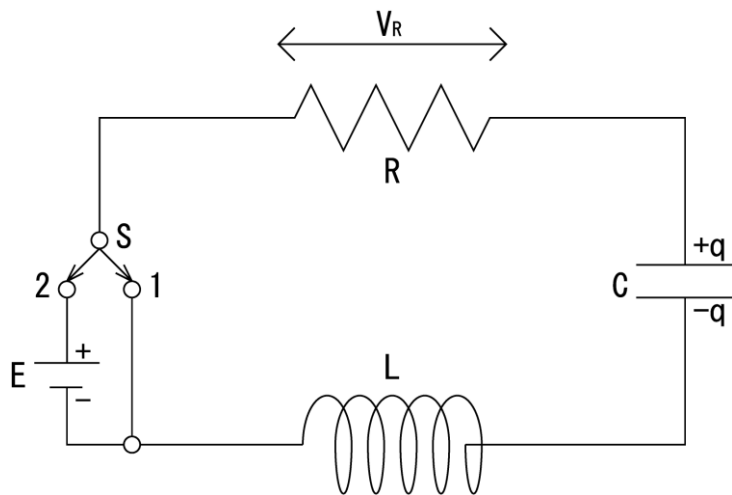
システム基礎科学実験 I

電気振動

実験日 : 平成16年6月8・10日
グループ : F
学籍番号 : 40413
氏名 : 諸町大地
共同実験者 : 本間大士・三瓶雅迪

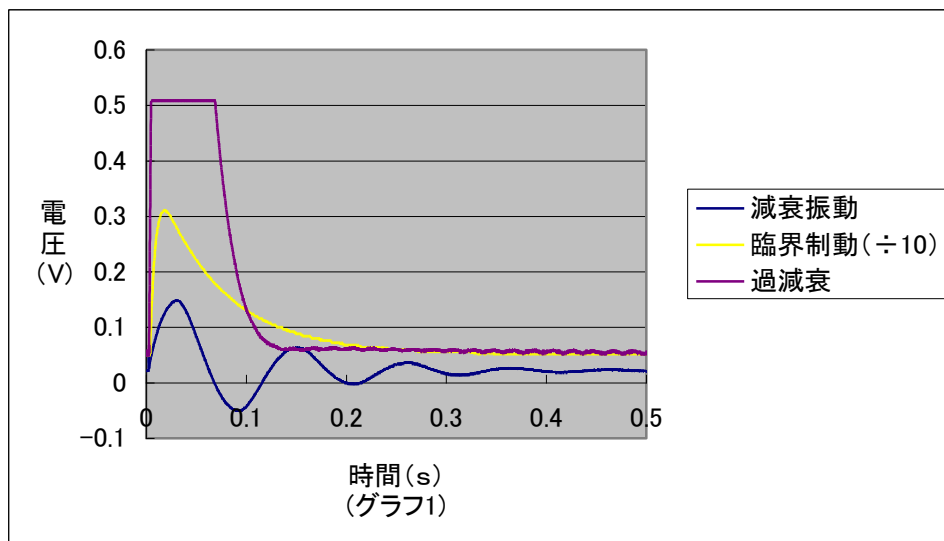
(1) 減衰振動

方法: まず、図 1 のように回路を組み立てた。そして、スイッチ S を 2 の側にし、コンデンサー C を充電し、次にスイッチを 1 の側に切り替え、電気振動を起こした。この時の可変抵抗にかかる電圧 V_R の振動波形を観察した。可変抵抗の値 R を変えながら、これを繰り返し、その中から、減衰振動・臨界制動・過減衰の 3 種類の波形を取り込み、保存した。



(図1)

結果: 保存した減衰振動($R=37\ \Omega$)・臨界制動($R=1.09\text{k}\ \Omega$)・過減衰($R=2.593\text{k}\ \Omega$)の電圧波形をグラフ 1 に示す。ただし、グラフの関係上、臨界制動のみ電圧を 10 分の 1 にして表示している。



考察：可変抵抗の値が小さいときには減衰振動が起こるが、抵抗値を大きくしていくと、ある一定値を超えたところからは過減衰となることがわかった。そしてその境目を臨界制動と呼ぶことを理解した。ただし、どの振動においても、振動開始時、及び、安定時において電圧が 0 になっていないことには理解をできなかった。グラウンドをきちんとセットしていなかったのであろうか。

設問 1

$$m = \frac{R}{2\sqrt{\frac{L}{C}}} \text{ に } \begin{cases} R = 1090 + 124.3(\Omega) \\ C = 22 \times 10^{-6} \\ L = 10(H) \end{cases} \text{ を代入すると } m = 0.9 \text{ となった。臨界制動としては}$$

少々小さい値である。もし、 $m=1$ とするならば、 $R = 1090 + 260(\Omega)$ ほどでなくてはならない。回路内の内部抵抗を考えてもここまではならないはずである。むしろ、見ただ目で臨界制動としたが、これが少しずれている可能性を示唆している。グラフやデータでは振動を起こしているようには見えないが、実際にはものすごく小さい振幅で振動しているのかもしれない。

設問 2

実測データの周期は約 0.108 (s) であり、 $\omega_n = 58$ となる。一方、理論値は

$$\omega_n = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \text{ に、 } \begin{cases} R = 37 + 124.3(\Omega) \\ C = 22 \times 10^{-6} \\ L = 10(H) \end{cases} \text{ を代入し、 } \omega_n = 67 \text{ を得る。この差はあまりに}$$

大きいように感じる。しかし、周期の長さは、振動の山と山とのおおよその時間間隔を測り平均したもので、振動の山がはっきりとしていなかったことから、 $0.120(s) \cdot 0.111(s) \cdot 0.934(s)$ と、かなりの幅があった。サンプリング数が少ないことから、平均してもたいした精度が得られそうにない。もし、 $0.934(s)$ を周期として採用すれば、 $\omega_n = 67.4$ を得ることになる。よって、測定値と理論値の間にはそれほど差はないといえる。

(2) 直列共振回路

(i) 波形のゆがみの観測

方法：実験プリント図 9 のように回路を組み、周波数を 1Hz~25Hz の範囲で変化させながら、 $E \cdot V_L \cdot V_C \cdot V_R$ の波形を観測した。

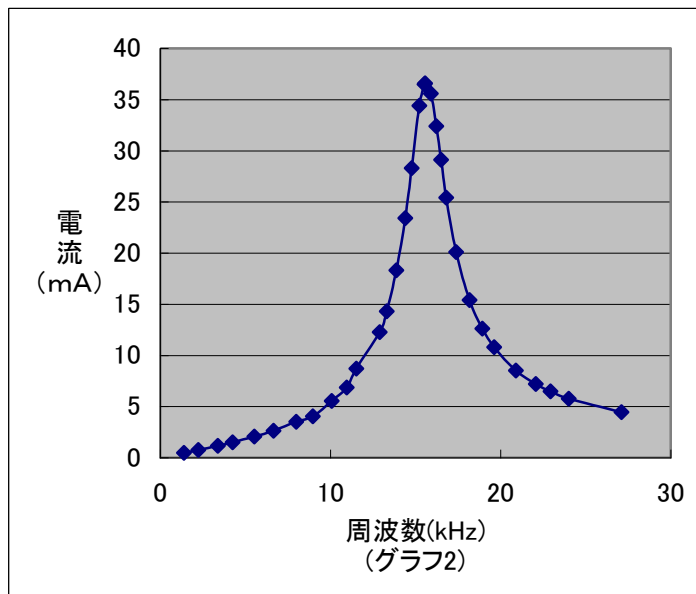
結果：特にゆがみと思われるような波形は観測されなかった。

考察：波形がグニャリと曲がるような波形は観測できず、また、特に、波形をゆがめるような原因を思いつかなかった。

(ii) I-F 共振曲線($E=0.5$)

方法：周波数を変えながら V_R を測定した。

結果：測定データより得られた I－F 共振曲線をグラフ 2 に示す。



考察： $f = 15.56$ (kHz) で電流は最大となり $I = 36.6$ (mA)となった。このときの $V_L \cdot V_C$ の値はともにおよそ 3.3 V ほどであった。また、 $f = 15.52$ で $I = 36.5$ (mA)であったことから、 15.55 Hz が極大となると思われる。このグラフの形は、共振現象に特徴的であり、この現象が共振であることを示している。

設問 a

実験プリント(5)式より、 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 15.92$ (kHz)となり、実測値にほぼ等しい。

設問 b

実験プリント(6)式より、

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{f_0}{f_2 - f_1} = \frac{15.56}{16.82 - 14.58} = 6.95$$

実験プリント(7)式より、

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{10} \sqrt{\frac{1 \times 10^{-3}}{0.1 \times 10^{-6}}} = 10$$

実験プリント(8)式より、

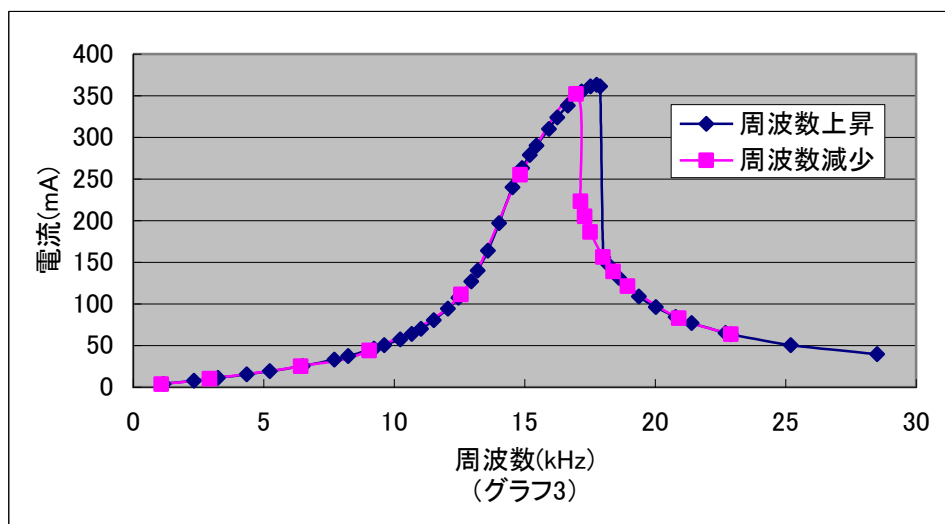
$$Q = \frac{V_L}{E} = \frac{3.3}{0.5} = 6.6$$

となる。本来同じものを示す値が、異なることはおかしいが、それぞれが誤差を含んでいるため、仕方ないことである。ただ、ともに実験データを元にした(6)・(8)式による値は比較的近く、信頼が置ける。(7)式は理論値であり、元となる各回路定数に問題があると思われる。

(iii) I-F 共振曲線($E=5$)

方法： $E=5V$ とし、(ii)と同様の計測を行なった。ただし、周波数を上げていく側と、下げていく側の二度の計測を行なった。

結果：I-F 共振曲線はグラフ 3 のようになった。



考察：I-F 共振曲線は 17kHz 付近のみ、なんと行きと帰りで別の道を通っている。17kHz 付近では周波数 f に対し電流 I が二通りの値を示せることになる。つまり、 I は f の関数ではない。そしてその部分ではグラフが断崖絶壁のようになっており、値が急に飛んでいるのがわかる。グラフ 2 と比べてみてもその違いは歴然としている。グラフ 2 の頂上付近をグラフの右方向に押し曲げたようなグラフとも言える。