

3 kHz



--  
--

-----  
-----

実験項目	実験 B 2 回路製作・測定基礎 (LCR 直列回路)		
校名 科名	熊本高等専門学校 人間情報システム工学科		
学年 番号	3 年 42 号		
氏名	山口惺司		
班名 回数	4 班 2 回目		
実験年月日	2023 年 5 月 11 日 木曜 天候 曇り 気温 25℃ 湿度 39%		
建物 部屋名	3 号棟 1 階 HI 実験室		
共同実験者名	山内玲奈		

科目担任	実験指導者	

## 1. 実験の目的

L, C, R を直列に接続した回路はある周波数で電圧と電流の位相差が 0 となり、いわゆる共振と呼ばれる現象を起こす。この時の電流の値、各素子の端子電圧と電流の位相差の関係、インピーダンスの特性等を電圧及び電流波形から観測し、共振現象を理論的かつ実験的に理解する。

## 2. 実験の原理

図 3.1 の LCR 直列回路において、インピーダンス  $Z$  は

$$Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \quad (1)$$

であるので、リアクタンス  $X$  は

$$X = \omega L - \frac{1}{\omega C} \quad (2)$$

となる。周波数を 0 から  $\infty$  まで変化させたとき、 $X=0$  となる点が存在し、このとき  $Z$  は最小となり、電流  $i$  は最大となる。この状態を共振といい、このときの周波数を共振周波数  $f_0$  という。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

## 3. 実験回路

図 1 LCR 直列回路

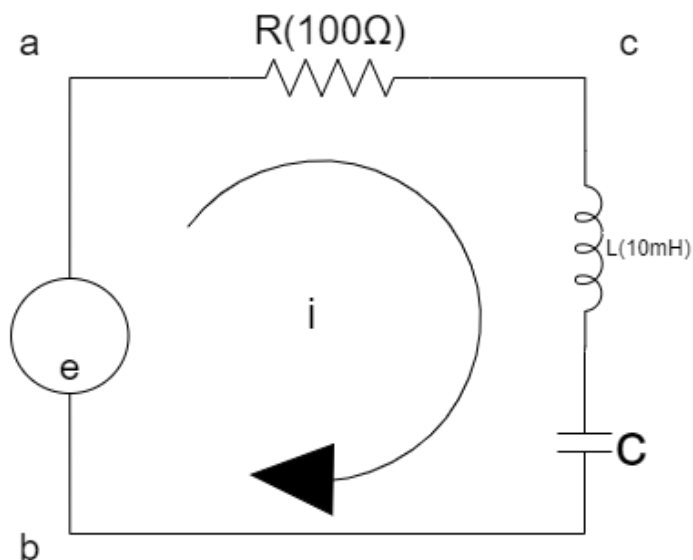


表 1 使用器具

図中の記号	名称	型番
E	低周波発振器	AG-204D
R	ダイヤル型抵抗器	B141-44
L	固定誘導器	B158-8
C	ディケードキャパシタ	B198-12
その他	オシロスコープ	TBS1064

## 4. 実験内容

1. 共振周波数 $f_0 = 5\text{kHz}$ になるような  $C$  (理論値) を算出する. この  $C$  を用いて, 図 3.1 の LCR 回路を組む. 理論値では共振周波数がずれることがあるので, 発振器の周波数を変えながらオシロスコープで  $V_{ab}$  と  $V_{ac}$  の波形を観察し, 共振周波数(測定値) を求める.
2. ディケードキャパシタを操作し, 共振周波数 $f_0$ が  $5\text{kHz}$  になるような  $C$  (測定値) を測定する.
3. 共振周波数  $5\text{kHz}$  の前後  $0.5\text{kHz}$  おきに  $5 \pm 2\text{kHz}$  ( $3\text{kHz} \sim 7\text{kHz}$ ) まで,  $V_{ab}$  を一定 ( $2\text{Vp-p}$ ) に保ちながら発振器の周波数を変え, オシロスコープの波形から  $V_{ab}$  と  $V_{ac}$  の波形を観測し,  $V_{ab}$  と  $V_{ac}$  の p-p 値及び位相差  $\theta$  を読み取り記録する. 周波数  $3\text{kHz}$ ,  $5\text{kHz}$ ,  $7\text{kHz}$  については,  $V_{ab}$  と  $V_{ac}$  の波形を写しとり, それぞれのベクトル図を描く. 波形はオシロスコープのモニタの写真を撮る, データを USB メモリなどで保存する,
4. これらの結果を参考に, 周波数  $f$  と電流  $i$  の関係 ( $f$ - $i$  の特性) と, 周波数  $f$  と位相差  $\theta$  の関係 ( $f$ - $\theta$  の特性) をグラフに描く.

## 5. 実験結果

### 実験 1

$f_0 = 5\text{kHz}$ ,  $L = 10\text{mH}$  とあり、実験の原理 より(3)式に代入すると、

$$5 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{10 \times 10^{-3} \times C}}$$

となり、これを計算すると  $C = 0.103 \mu\text{F}$  (理論値) となる。

この  $C$  を用いて図 1 の LCR 回路を組むと共振周波数(測定値)  $f_0$  は  $4.9\text{kHz}$  となった。

### 実験 2

共振周波数  $f_0$  が  $5\text{kHz}$  になるように設定すると  $C = 0.0947 \mu\text{F}$  となった。

### 実験 3

実験 2 で求めた値を使用して実験した。

実験の結果を表 2 に示す。

また、周波数が  $3\text{kHz}$ ,  $5\text{kHz}$  (共振周波数),  $7\text{kHz}$  の時の波形とベクトル図を図 2~7 に示す。

注：本実験ではオシロスコープの CH2 を基準に位相差を出しているのですが、本来の実験と比べて位相差の正負が反転しています。

表 2 共振周波数  $5\text{kHz} \pm 2\text{kHz}$  の時の  $V_{ab}$  と  $V_{ac}$  の p-p 値と位相差及び電流

周波数( $5 \pm 2\text{kHz}$ )	$V_{ab}$ の p-p 値(V)	$V_{ac}$ の p-p 値 (V)	位相差 $\theta$ (°)	電流 I(mA)
+2.0	2.0	0.82	-60.2	8.2
+1.5	2.0	0.98	-55.0	9.8
+1.0	2.0	1.24	-44.2	12.4
+0.5	2.0	1.60	-28.1	16
$\pm 0$	2.0	1.84	6.12	18.4
-0.5	2.0	1.52	35.2	15.2
-1.0	2.0	1.09	55.8	10.9
-1.5	2.0	0.75	67.7	7.5
-2.0	2.0	0.57	73.8	5.7

図 2 周波数 3kHz

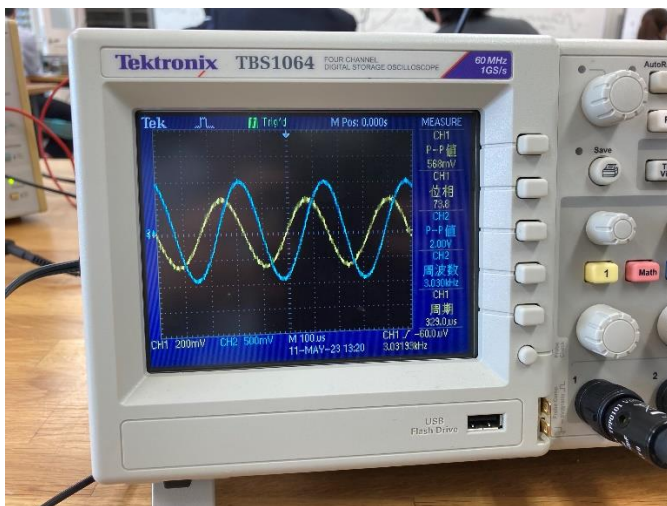


図 3 周波数 3kHz の時のベクトル図

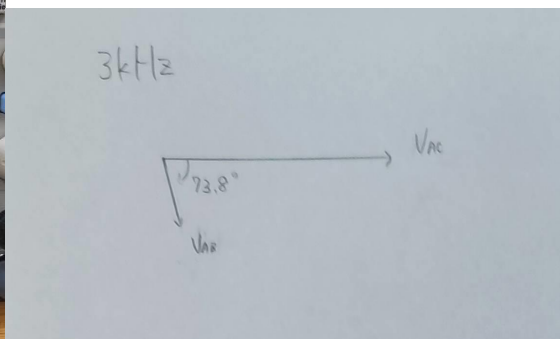


図 4 周波数 5kHz(共振周波数)

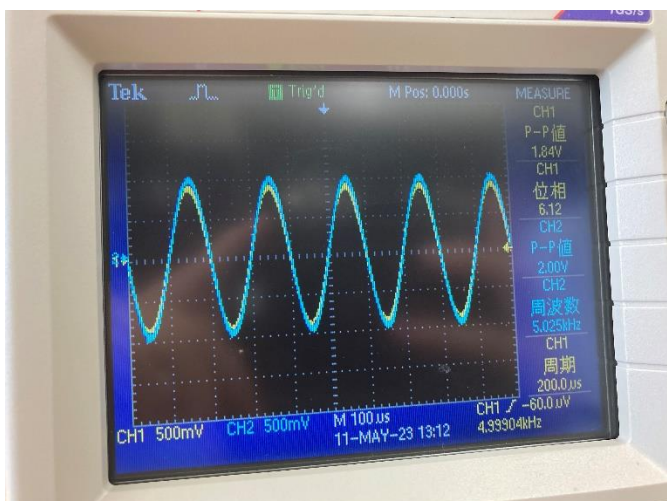


図 5 周波数 5kHz の時のベクトル図

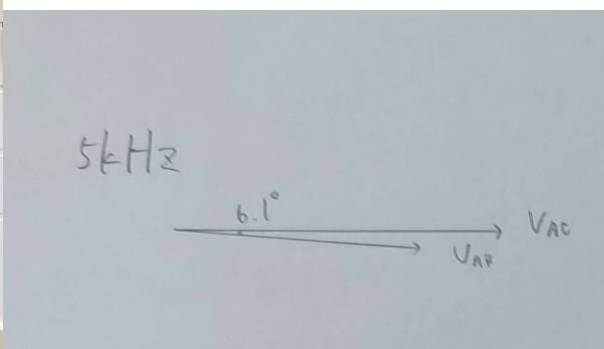


図6 周波数 7kHz

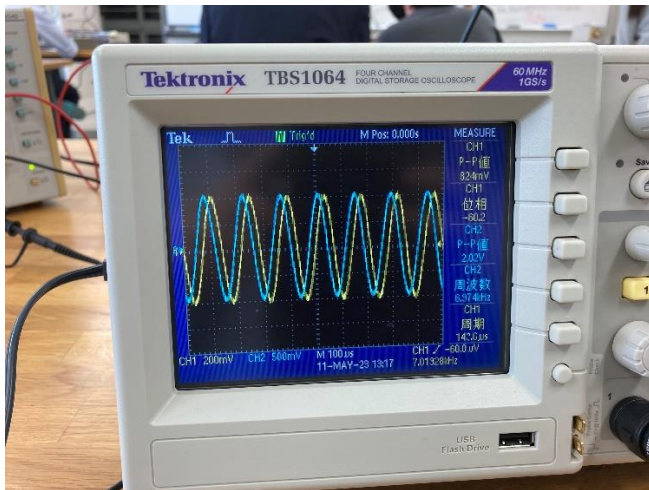
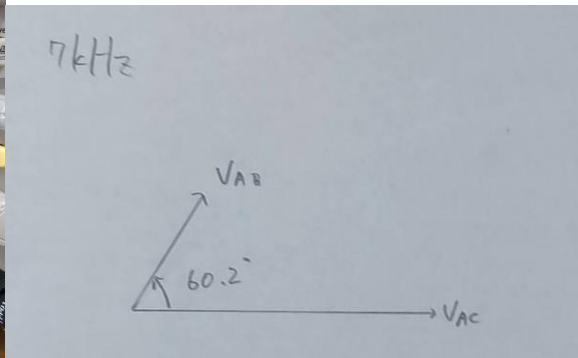


図7 周波数 7kHz の時のベクトル図



#### 実験 4

これらの結果を参考に、周波数  $f$  と電流  $i$  の関係 ( $f$ - $i$  の特性) と、周波数  $f$  と位相差  $\theta$  の関係 ( $f$ - $\theta$  の特性) を図 8,9 に描く。

図8 周波数  $f$  と電流  $I$  の関係( $f$ - $i$  の特性)

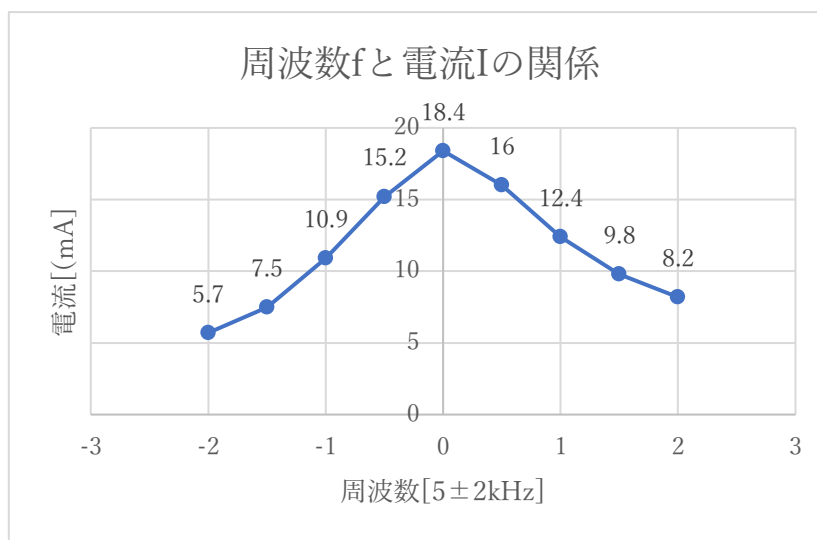
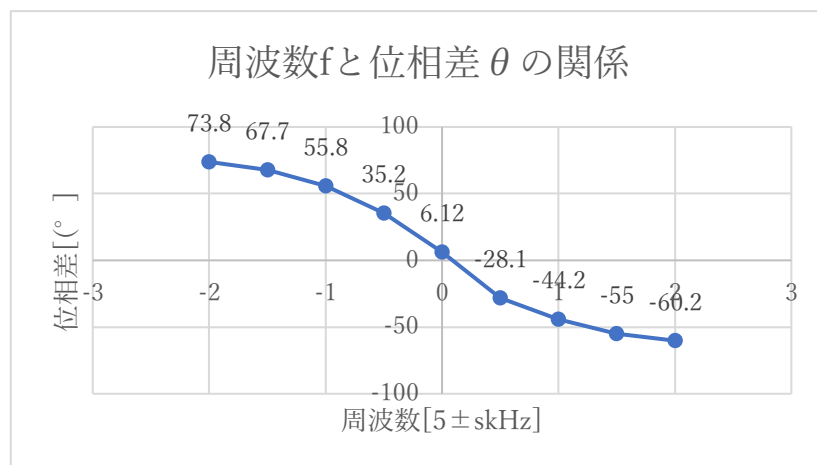


図9 周波数  $f$  と位相差  $\theta$  の関係( $f$ - $\theta$  の特性)



## 6. 考察

### ・実験 1,2 について

実験 1 で求めた周波数 5kHz、 $L=10\text{mH}$  の時の  $C$  の理論値が  $0.103\mu\text{F}$  で、実験 2 で実際に測定して求めた  $C$  の計測値が  $0.0947\mu\text{F}$  と誤差が  $0.0083\mu\text{F}$  となり誤差率 8.8%とあまり正確な値とは言えない。このような結果になった原因は、オシロスコープの周波数を読み取る時に値が常に動いていたため、正確に値を読めなかったのではと考える。

### ・実験 3,4 について

共振周波数 5kHz の時の位相差は  $0^\circ$  になるはずが  $6.12^\circ$  になっている理由は、実験 2 で求めた  $C$  の値は使用しているためだと思われる。

また、実験原理通り周波数が共振状態にある時に電流は  $18.4\text{mA}$  と最大になっている。

## 7. 研究課題

1. 共振周波数の前後における周波数  $f$  と電流  $i$  の関係及び  $f-i$  の特性について調べよ。理論上はどのような数式になるか。どのようなグラフになるかなど。

LCR 直列回路の電流  $I$  を求める式は

$$I = \frac{E}{Z} \text{ であり、 } Z = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) \text{ である。}$$

そのため、 $(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = 0$  の時共振状態になるため、 $Z=R$  で最小になり、 $I$  は最大になる。

また、グラフは共振状態の時に  $I$  は最大値となり、共振周波数から離れるにつれて小さくなっていくグラフとなる。

2. 共振周波数の前後における周波数  $f$  と位相差  $\theta$  の関係及び  $f-\theta$  の特性について調べよ。理論上はどのような数式になるか。どのようなグラフになるかなど。

$X_L < X_C$  の時も  $X_L > X_C$  の時も位相差  $\theta$  は

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{X_L - X_C}{R} \right)$$

$X_L = X_C$  のとき共振状態にあるため  $\theta = 0$  となる。

また、グラフは  $\arctan$  の形になると考えられる。

## 8. 感想

少し実験のミスがあったが、ペアと協力して実験をすることができた。

授業で習ったところを実験することで復習になり、とてもよかった。