

# 第3学年 電気電子工学実験実習報告書

0 指導書の作成

実験日 令和4年04月28日(木)

班	学生番号	氏名
4	3314	城戸 貴博

共同実験者名

提出日			備考	評価
予定日 05/12				
提出日				

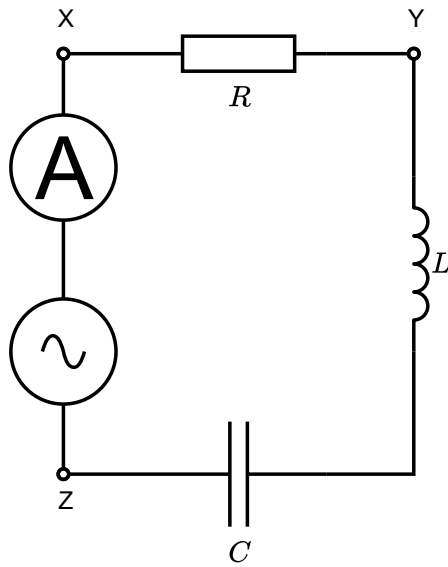


図 1: RLC 直列接続の回路

表 1: RLC 直列接続の素子値

素子	素子値
$R$	$100[\Omega]$
$L$	$4.7[\text{mH}]$
$C$	$10[\mu\text{F}]$

## 1 目的

## 2 原理

## 3 方法

### 3.1 RLC 直列接続

この実験では 図 1 の回路を用いて、RLC 直列接続の際のインピーダンスの軌跡を描く。交流電源にはファンクションジェネレータ (以下 FG) を用いる。表 1 はそれぞれ 図 1 の素子値である。以下は実験手順である。

- XY、XZ にオシロスコープを接続する。
- オシロスコープのトリガソースに波形 XY を設定する。
- FG の振幅を  $10[\text{V}]$  に設定する。
- FG の周波数を  $734[\text{Hz}]$  に設定し、XY、XZ の波形が一致していることを確認する。
- 周波数を増減させ、周波数ごとに以下の 2 つを記録する。
  1. 電流値を記録する。
  2. 波形 XY を基準とした波形 XZ の位相差を記録する。

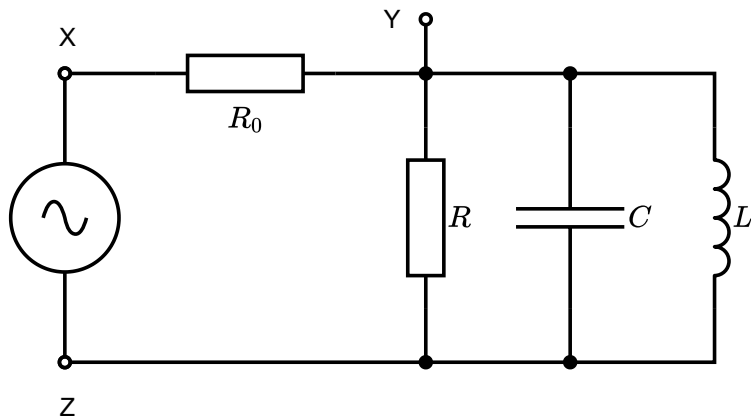


図 2: RLC 並列接続の回路

表 2: RLC 並列接続の素子値

素子	素子値
$R_0$	100[Ω]
$R$	100[Ω]
$L$	4.7[mH]
$C$	10[μF]

### 3.2 RLC 並列接続

この実験では 図 2 の回路を用いて、RLC 並列接続の際のインピーダンスの軌跡を描く。交流電源にはファンクションジェネレータ (以下 FG) を用いる。表 2 はそれぞれ 図 2 の素子値である。以下は実験手順である。

- XY、YZ にオシロスコープを接続する。
- オシロスコープのトリガソースに波形 XY を設定する。
- FG の振幅を 10[V] に設定する。
- FG の周波数を 734[Hz] に設定し、XY、YZ の波形が一致していることを確認する。
- 周波数を増減させ、周波数ごとに以下の 2 つを記録する。
  1. 波形 XY と YZ の  $V_m$  を記録する。
  2. 波形 XY を基準とした波形 YZ の位相差を記録する。

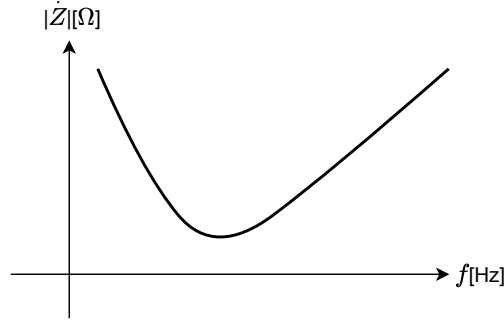


図 3: RLC 直列接続のインピーダンスの周波数特性

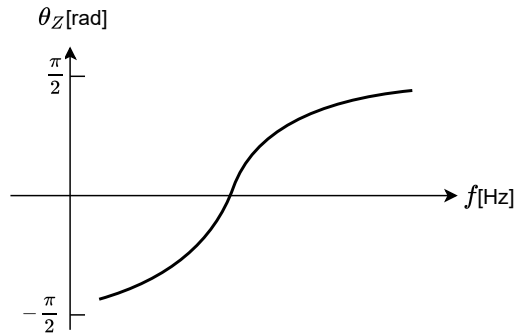


図 4: RLC 直列接続の偏角の周波数特性

## 4 結果

実験で得たデータをグラフにする。

### 4.1 RLC 直列接続

図 3 はインピーダンスの大きさと周波数の関係を示すグラフである。インピーダンスの大きさは式 (1) で求めることができる。

$$|\dot{Z}| = \frac{V_m}{I_m} \quad (1)$$

図 4 はインピーダンスの偏角と周波数の関係を示すグラフである。波形 XY は抵抗の電圧波形である。抵抗の偏角は 0 なので、波形 XY は回路内の電流と同位相である。よって、波形 XY の位相を  $\theta_i$ 、波形 XZ の位相を  $\theta_v$  とみることができる。波形 XY は基準なので  $\theta_i = 0$ 。インピーダンスの偏角は式 (2) で求めることができる。

$$\theta_Z = \theta_v - \theta_i = \theta_v \quad (2)$$

図 5 は RLC 直列接続の際のインピーダンスの軌跡を示すグラフである。

### 4.2 RLC 並列接続

図 6 はインピーダンスの大きさと周波数の関係を示すグラフである。インピーダンスの大きさは波形 XY、YZ の  $V_m$  から分圧則を考えて求める。図 7 はインピーダンスの偏角と周波数の関係を示すグラフである。図 8 は RLC 並列接続の際のインピーダンスの軌跡を示すグラフである。

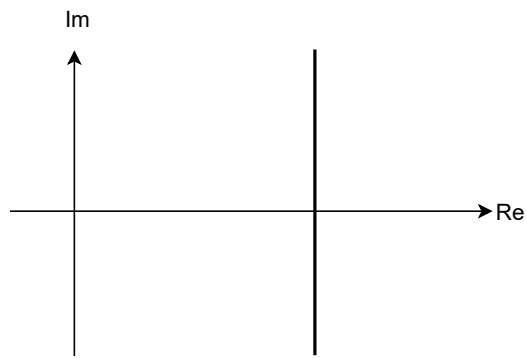


図 5: RLC 直列接続のインピーダンスの軌跡

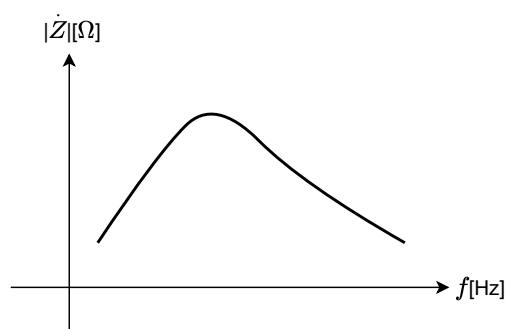


図 6: RLC 並列接続のインピーダンスの周波数特性

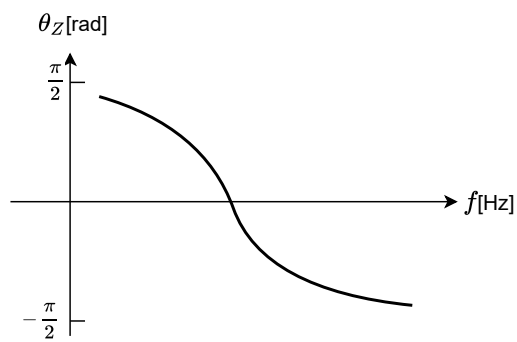


図 7: RLC 並列接続の偏角の周波数特性

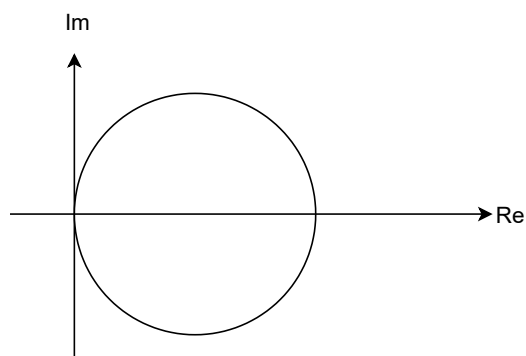


図 8: RLC 並列接続のインピーダンスの軌跡

## 5 考察

L,C がそれぞれ増加した時の共振周波数、偏角の周波数特性について、それぞれの変化を予測する。  
R,L,C を文字置きした式を示して予測せよ。

### 5.1 RLC 直列接続

- 回路のインピーダンスを R,L,C を用いて示せ
- L が増加した時の共振周波数、偏角の周波数特性の変化を予測せよ
- C が増加した時についても変化を予測せよ

### 5.2 RLC 並列接続

- 回路のインピーダンスを R,L,C を用いて示せ ( $R_0$  は測定のために置いているので無視すること)
- L が増加した時の共振周波数、偏角の周波数特性の変化を予測せよ
- C が増加した時についても変化を予測せよ

### 5.3 考察の答え

LC 共振周波数の式を式 (3) に示す。

$$\begin{aligned}0 &= j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \\0 &= j\omega L - j\frac{1}{\omega C} \\\frac{1}{\omega C} &= \omega L \\1 &= \omega^2 LC \\\omega^2 &= \frac{1}{LC} \\\omega &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\2\pi f &= \frac{1}{\sqrt{LC}} \\f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\end{aligned}\tag{3}$$

偏角の計算式を式 (4) に示す。R はインピーダンスの実部、X はインピーダンスの虚部である。

$$\theta_Z = \arctan\left(\frac{X}{R}\right)\tag{4}$$

### 5.3.1 RLC 直列接続

- 回路のインピーダンスを R,L,C を用いて示せ

$$\begin{aligned}
 \dot{Z} &= \dot{Z}_R + \dot{Z}_L + \dot{Z}_C \\
 &\begin{cases} \dot{Z}_R = R \\ \dot{Z}_L = j\omega L \\ \dot{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} \end{cases} \\
 &= R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \\
 &= R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)
 \end{aligned} \tag{5}$$

- L が増加した時の共振周波数、偏角の周波数特性の変化を予測せよ  
L が増加すると、式 (3) の分母が増加する。したがって、共振周波数は低下すると考えられる。  
式 (4) に式 (5) を代入すると、式 (6) を得ることができる。L が増加すると、 $\arctan$  の中が増加する。よって偏角は  $\frac{\pi}{2}$  に向かって大きくなると考えられる。

$$\theta_{\dot{Z}} = \arctan\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R}\right) \tag{6}$$

- C が増加した時についても変化を予測せよ  
C が増加すると、式 (3) の分母が増加する。したがって、共振周波数は低下すると考えられる。  
C が増加すると、 $\arctan$  の中が増加する。よって偏角は  $\arctan\left(\frac{\omega L}{R}\right)$  に向かって大きくなると考えられる。

### 5.3.2 RLC 並列接続

- 回路のインピーダンスを R,L,C を用いて示せ ( $R_0$  は測定のために置いているので無視すること)

$$\begin{aligned}
 \dot{Z} &= \frac{1}{\frac{1}{\dot{Z}_R} + \frac{1}{\dot{Z}_L} + \frac{1}{\dot{Z}_C}} \\
 &= \frac{\dot{Z}_R \dot{Z}_L}{\dot{Z}_L + \dot{Z}_R + \frac{\dot{Z}_R \dot{Z}_L}{\dot{Z}_C}} \\
 &\begin{cases} \dot{Z}_R = R \\ \dot{Z}_L = j\omega L \\ \dot{Z}_C = \frac{1}{j\omega C} \end{cases} \\
 &= \frac{j\omega LR}{j\omega L + R - \omega^2 RLC} \\
 &= \frac{j\omega LR}{R(1 - \omega^2 LC) + j\omega L} \\
 &= \frac{\omega^2 L^2 R + j\omega LR^2(1 - \omega^2 LC)}{R^2(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2} \\
 &= \frac{\omega^2 L^2 R}{R^2(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2} + j \frac{\omega LR^2(1 - \omega^2 LC)}{R^2(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2}
 \end{aligned} \tag{7}$$

- Lが増加した時の共振周波数、偏角の周波数特性の変化を予測せよ

Lが増加すると、式(3)の分母が増加する。したがって、共振周波数は低下すると考えられる。

式(4)に式(7)を代入すると、式(8)を得ることができる。Lが増加すると、 $\arctan$ の中が減少する。よって偏角は $-\arctan(\omega RC)$ に向かって小さくなると考えられる。

$$\begin{aligned}
 & \begin{cases} \text{式(7)の分母を}\alpha\text{とおく} \\ \alpha = R^2(1 - \omega^2 LC)^2 + \omega^2 L^2 \end{cases} \\
 \theta_{\dot{Z}} &= \arctan \left( \frac{\frac{\omega LR^2(1 - \omega^2 LC)}{\alpha}}{\frac{\omega^2 L^2 R}{\alpha}} \right) \\
 &= \arctan \left( \frac{R(1 - \omega^2 LC)}{\omega L} \right) \\
 &= \arctan \left( R \left( \frac{1}{\omega L} - \omega C \right) \right) \tag{8}
 \end{aligned}$$

- Cが増加した時についても変化を予測せよ

Cが増加すると、式(3)の分母が増加する。したがって、共振周波数は低下すると考えられる。

式(4)に式(7)を代入すると、式(8)を得ることができる。Cが増加すると、 $\arctan$ の中が減少する。よって偏角は $-\frac{\pi}{2}$ に向かって小さくなると考えられる。

## 5.4 狙い

LC混合回路における、L,Cが変化したときの偏角の変化に対する理解を深めてほしい

## 6 結論