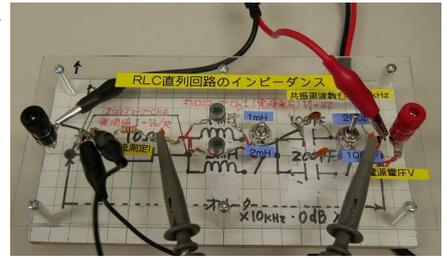


# 【実験（探究）】RLC 直列回路のインピーダンスと共振（実験書・データ）

【目的】RLC 直列回路を流れる電流が周波数のある条件で極値（共振周波数）をもつことを調べる。

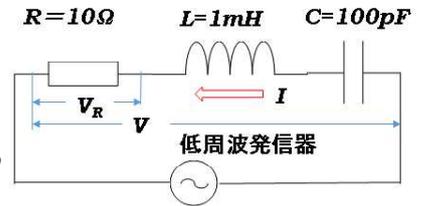
【準備】抵抗 ( $R = 10\Omega$ ), コイル ( $L = 0.001H$ ), コンデンサー ( $C = 100pF$ ), 導線, オシロスコープ (2 現象) またはデジタルマルチメーター, 低周波発振器



## 【実験方法】

### 1 実験装置

図のように抵抗  $R$  ( $10 [\Omega]$ ), コイル  $L$  ( $0.001H$ ), コンデンサー  $C$  ( $100pF$ ) を用い, 直列 RLC 回路を作り, 電源として低周波発振器をつなぐ。



### 2 実験

あらかじめ, 回路の固有周波数  $f_0$  [Hz] を式  $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$  で計算する。 $f_0$  の含まれる周波数帯で測定する。

$$f_0 = \text{【① } 503 \times 10^3 \text{】 Hz}$$

低周波発振器には `FREQ.RANGE` で調整する。

③ オシロスコープの `Ch1` からのプローブ端子を低周波発振器からの出力端子につなぎ, 回路全体にかかる電圧  $V$  の波形をオシロスコープに表示させる。オシロスコープの `Ch2` からのプローブ端子を抵抗  $R$  につなぎ, 抵抗にかかる電圧  $V_R$  を表示させる。

[注意] オシロスコープは電圧の変化を測定する装置なので, 回路に直列に入れないこと。

④ 低周波発振器のダイヤルを低い値から高い値に少しずつ変化させながら, `Ch1` と `Ch2` の最大電圧 (オシロスコープで表示される振幅の最大値) を読み取って記録する。

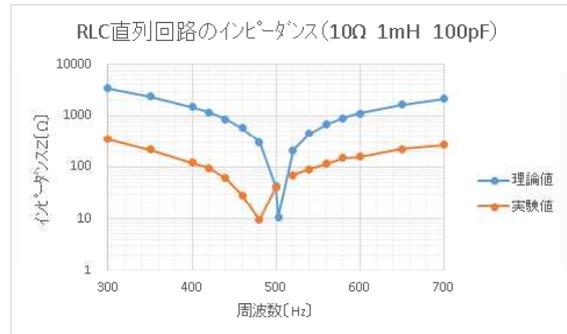
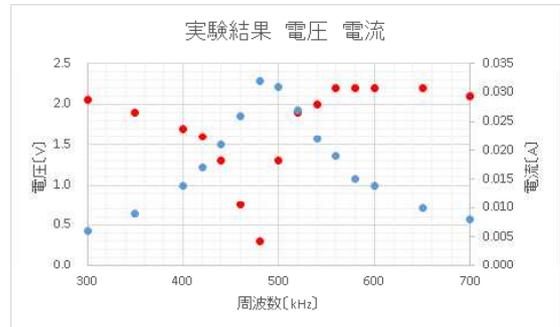
### 【結果】

① インピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ] を求める。回路を流れる電流  $I$  [A] は, `Ch2` の電圧  $V_R$  を抵抗  $R$  の抵抗値 ( $R = 10 [\Omega]$ ) で割ったものであると考え,  $Z = V/I$  とする。) )

② 横軸に周波数  $f$  [Hz], 縦軸に電圧  $V$  と電流  $I$  を同時にとったグラフを描く。

$R = 10\Omega$  の場合

周波数 $f$ [Hz]	電圧 $V$ [V]	電圧 $V_R$ [V]	電流 $I$ [A]	インピーダンス $Z$ [ $\Omega$ ]
300	2.05	0.06	0.006	341.7
350	1.90	0.09	0.009	211.1
400	1.70	0.14	0.014	121.4
420	1.60	0.17	0.017	94.1
440	1.30	0.21	0.021	61.9
460	0.75	0.26	0.026	28.8
480	0.30	0.32	0.032	9.4
500	1.30	0.31	0.031	41.9
520	1.90	0.27	0.027	70.4
540	2.00	0.22	0.022	90.9
560	2.20	0.19	0.019	115.8
580	2.20	0.15	0.015	146.7
600	2.20	0.14	0.014	157.1
650	2.20	0.10	0.010	220.0
700	2.10	0.08	0.008	262.5



### 【考察】

① インピーダンス  $Z$  を  $Z = V/I$  の式で求め, インピーダンス  $Z$  を縦軸に, 周波数  $f$  を横軸にとったグラフを作り, 極値となる周波数 (固有周波数という) とインピーダンスの変化の関係について考察する。

② コンデンサーを  $200pF$  にしたり, コイルを  $0.002H$  にしたりすると固有周波数はどのように変わるだろうか, 予測してやってみよう。

講座 ( ) ( ) 年 ( ) 組 ( ) 席 名前	共同実験者
( ) 月 ( ) 日 ( ) 曜 ( ) 限 気温 ( ) °C 気圧 ( ) hPa 湿度 ( ) %	

## 【実験】 RLC 直列回路の共振（レポート）

【目的】 RLC 直列回路を流れる電流が周波数のある条件で極値（共振周波数）をもつことを調べる。

【理論】 図の RLC 直列回路において、コイルのインピーダンス  $Z$  [Ω] は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - (1/(\omega C)))^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

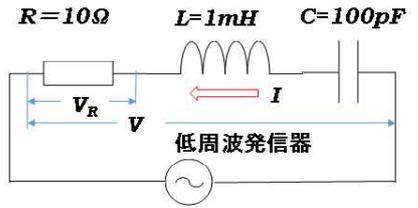
である。

オシロスコープの *Ch1* に表示された波形（RLC 回路全体の電圧波形）の振幅を  $V$  とし、*Ch2* で読み取った抵抗にかかる電圧を  $V_R$  とすると、回路を流れる電流  $I$  は、 $I = V_R / R$

と考えられるので、インピーダンス  $Z$  は、 $Z = V / I$  で求めることができる。

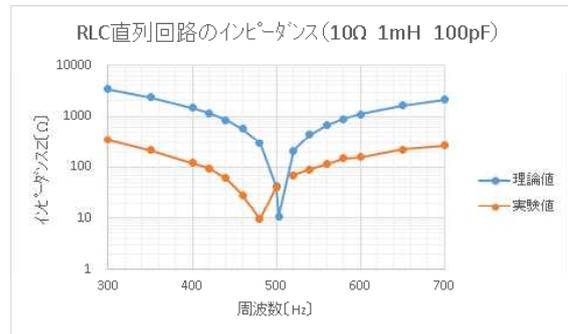
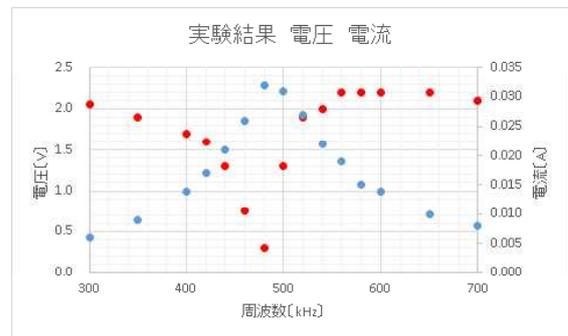
交流ではインピーダンス  $Z$  は、 $\textcircled{1}$  より周波数  $f$  ( $\omega = 2\pi f$ ) による。インピーダンスは、 $\omega L - (1/(\omega C)) = 0$ 、すなわち  $f = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$  のとき、最小になり、電流が最大になる。

実験では、 $R = 10 \Omega$ 、 $L = 0.001\text{H}$ 、 $C = 100 \times 10^{-12} \text{F}$  を使ったので  $f = [\textcircled{2} \text{ 503kHz}]$  で、インピーダンスが最小になることが予測される。



### 【実験結果とグラフ】

周波数f[Hz]	電圧V[V]	電圧V <sub>R</sub> [V]	電流I[A]	インピーダンスZ[Ω]
300	2.05	0.06	0.006	341.7
350	1.90	0.09	0.009	211.1
400	1.70	0.14	0.014	121.4
420	1.60	0.17	0.017	94.1
440	1.30	0.21	0.021	61.9
460	0.75	0.26	0.026	28.8
480	0.30	0.32	0.032	9.4
500	1.30	0.31	0.031	41.9
520	1.90	0.27	0.027	70.4
540	2.00	0.22	0.022	90.9
560	2.20	0.19	0.019	115.8
580	2.20	0.15	0.015	146.7
600	2.20	0.14	0.014	157.1
650	2.20	0.10	0.010	220.0
700	2.10	0.08	0.008	262.5



### 【考察】

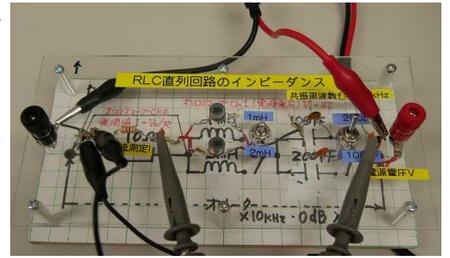
実験結果は、 $f_0 = 4.8 \times 10^5 \text{Hz}$  付近で極値を示した。理論値よりも 4.6%ほど低い値であった。  
 <参考・解説> 実際の RLC メーターで測定してみると、 $R = 9.67 \Omega$ 、 $L = 0.975\text{mH}$ 、 $C = 102\text{pF}$  であった。 $f_0 = 505\text{kHz}$  という計算になる。極値におけるインピーダンス  $Z$  は、 $Z = R = 9.67 \Omega$  で実験値  $9.4 \Omega$  に近い値であったが、共振周波数を離れると  $V$ 、 $V_R$  とともに有効数字が 1 桁となり、理論値と一致しにくい。10 倍ぐらい変わってくるので、よくご存じの方がおられればご意見をいただきたい。コイルのインダクタンスやコンデンサーの電気容量を 2 倍にすると、共振周波数は  $480\text{kHz} \times 1/\sqrt{2} = 340\text{kHz}$ 、両方とも 2 倍にすると  $480\text{kHz} \times 1/2 = 240\text{kHz}$  となり、低周波発信器がデジタルではないので、ダイヤル上であるがよく観察できる。

講座 ( ) ( ) 年 ( ) 組 ( ) 席 名前	共同実験者
( ) 月 ( ) 日 ( ) 曜 ( ) 限 気温 ( ) °C	気圧 ( ) hPa 湿度 ( ) %

# 【実験（探究）】RLC 直列回路のインピーダンスと共振（実験書）

【目的】RLC 直列回路を流れる電流が周波数のある条件で極値（共振周波数）をもつことを調べる。

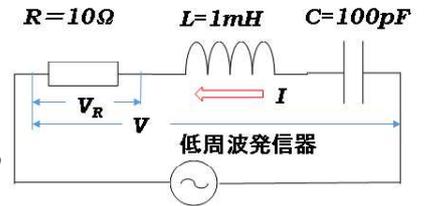
【準備】抵抗 ( $R = 10\Omega$ )、コイル ( $L = 0.001H$ )、コンデンサー ( $C = 100pF$ )、導線、オシロスコープ（2現象）またはデジタルマルチメーター、低周波発振器



## 【実験方法】

### 1 実験装置

図のように抵抗  $R$  ( $10 [\Omega]$ )、コイル  $L$  ( $0.001H$ )、コンデンサー  $C$  ( $100pF$ ) を用い、直列 RLC 回路を作り、電源として低周波発振器をつなぐ。



### 2 実験

あらかじめ、回路の固有周波数  $f_0$  [Hz] を式  $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$  で計算する。 $f_0$  の含まれる周波数帯で測定する。

$$f_0 = \text{【①】 Hz}$$

低周波発振器には `FREQ.RANGE` で調整する。

③ オシロスコープの `Ch1` からのプローブ端子を低周波発振器からの出力端子につなぎ、回路全体にかかる電圧  $V$  の波形をオシロスコープに表示させる。オシロスコープの `Ch2` からのプローブ端子を抵抗  $R$  につなぎ、抵抗にかかる電圧  $V_R$  を表示させる。

【注意】オシロスコープは電圧の変化を測定する装置なので、回路に直列に入れないこと。

④ 低周波発振器のダイヤルを低い値から高い値に少しずつ変化させながら、`Ch1` と `Ch2` の最大電圧（オシロスコープで表示される振幅の最大値）を読み取って記録する。

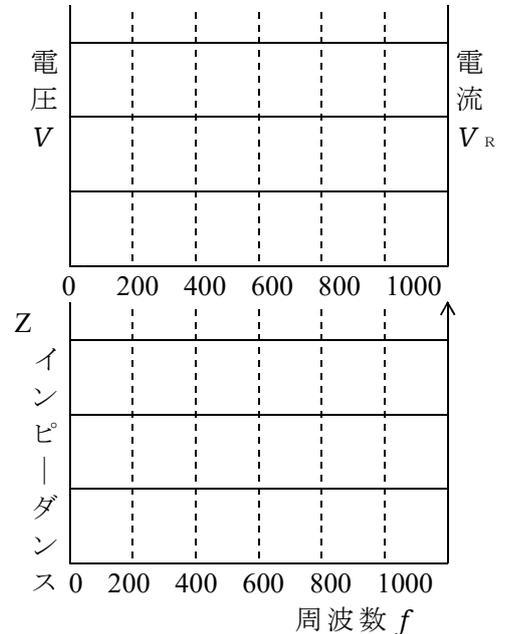
### 【結果】

① インピーダンス  $Z$  [ $\Omega$ ] を求める。回路を流れる電流  $I$  [A] は、`Ch2` の電圧  $V_R$  を抵抗  $R$  の抵抗値 ( $R = 10 [\Omega]$ ) で割ったものであると考え、 $Z = V/I$  とする。）

② 横軸に周波数  $f$  [Hz]、縦軸に電圧  $V$  と電流  $I$  を同時にとったグラフを描く。

$R = 10\Omega$  の場合

周波数 $f$	電圧 $V$	電圧 $V_R$	電流 $I$	インピーダンス $Z$
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				
550				
600				
650				
700				
750				
800				
850				
900				



### 【考察】

① インピーダンス  $Z$  を  $Z = V/I$  の式で求め、インピーダンス  $Z$  を縦軸に、周波数  $f$  を横軸にとったグラフを作り、極値となる周波数（固有周波数という）とインピーダンスの変化の関係について考察する。

② コンデンサーを  $200pF$  にしたり、コイルを  $0.002H$  にしたりすると固有周波数はどのように変わるだろうか、予測してやってみよう。

講座 ( ) ( ) 年 ( ) 組 ( ) 席 名前	共同実験者
( ) 月 ( ) 日 ( ) 曜 ( ) 限 気温 ( ) $^{\circ}C$ 気圧 ( ) hPa 湿度 ( ) %	

## 【実験】RLC 直列回路の共振（レポート）

【目的】RLC 直列回路を流れる電流が周波数のある条件で極値（共振周波数）をもつことを調べる。

【理論】図の RLC 直列回路において、コイルのインピーダンス  $Z$  [Ω] は、

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - (1/(\omega C)))^2} \quad \dots \textcircled{1}$$

である。

オシロスコープの *Ch1* に表示された波形（RLC 回路全体の電圧波形）の振幅を  $V$  とし、*Ch2* で読み取った抵抗にかかる電圧を  $V_R$  とすると、回路を流れる電流  $I$  は、 $I = V_R / R$

と考えられるので、インピーダンス  $Z$  は、 $Z = V/I$  で求めることができる。

交流ではインピーダンス  $Z$  は、 $\textcircled{1}$  より周波数  $f$  ( $\omega = 2\pi f$ ) による。インピーダンスは、 $\omega L - (1/(\omega C)) = 0$ 、すなわち  $f = 1 / 2\pi \sqrt{LC}$  のとき、最小になり、電流が最大になる。

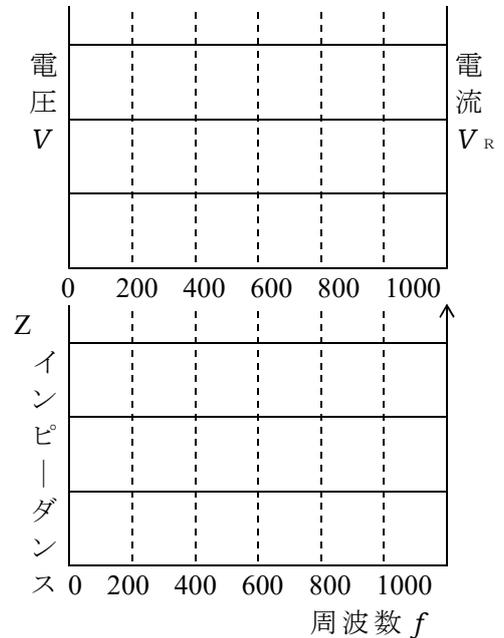
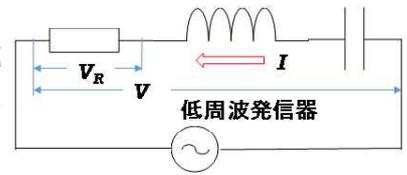
実験では、 $R = 10 \Omega$ 、 $L = 0.001\text{H}$ 、 $C = 100 \times 10^{-13} \text{F}$  を使ったので  $f = [\textcircled{2}]$  で、インピーダンスが最小になることが予測される。

### 【実験結果とグラフ】

$R = [ \quad ] \Omega$

周波数 $f$	電圧 $V$	電圧 $V_R$	電流 $I$	インピーダンス $Z$
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				
550				
600				
650				
700				
750				
800				
850				
900				

$R=10\Omega$      $L=1\text{mH}$      $C=100\text{pF}$



### 【考察】

講座 ( ) ( ) 年 ( ) 組 ( ) 席 名前	共同実験者
( ) 月 ( ) 日 ( ) 曜 ( ) 限 気温 ( ) °C 気圧 ( ) hPa 湿度 ( ) %	