

## RLC 회로 임피던스 측정 실험

### 1. 목적

저항, 유도기, 축전기로 구성된 교류회로에서 교류 전압의 주파수에 따라 변화하는 유도기와 축전기의 리액턴스를 측정하고 전체 회로의 임피던스를 측정한다.

### 2. 이론

전류가 일정한 방향으로 흐르는 직류회로와는 달리, 교류회로의 전류는 시간에 따라 흐르는 방향이 바뀐다. 이러한 전류의 방향 변화는 반복되어 일어나는데 60Hz의 교류회로의 경우 1초에 120번의 방향 변화가 일어난다.

교류 회로에 사인파형의 교류 기전력을 가한다고 하자. 교류 기전력과 이 때 흐르는 교류 전류는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \varepsilon(t) &= \varepsilon_{\max} \sin \omega t \\ I(t) &= I_{\max} \sin(\omega t + \phi) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서  $\varepsilon_{\max}$ 와  $I_{\max}$ 는 각각 최대전압과 최대전류이며,  $t$ 는 시간, 각진동수  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$  (주파수  $f$ ),  $\phi$ 는 초기 위상이다. 이와 같은 교류 기전력을 저항  $R$ , 유도기  $L$ , 축전기  $C$ 가 직렬로 연결된 회로에 가하는 경우를 고려한다. 이 회로에서 저항, 유도기, 축전기 각각에 걸리는 전압  $V_R$ ,  $V_L$ ,  $V_C$ 는

$$\begin{aligned} V_R(t) &= RI(t) \\ V_L(t) &= L \frac{dI(t)}{dt} \\ V_C(t) &= \frac{Q(t)}{C} = \frac{1}{C} \int I(t) dt \end{aligned} \quad (2)$$

이다. 이 교류회로에 키르히호프 규칙을 적용하면,

$$\varepsilon(t) = V_R(t) + V_L(t) + V_C(t) = RI(t) + L \frac{dI(t)}{dt} + \frac{1}{C} \int I(t) dt \quad (3)$$

이 성립한다. 한편, 식 (1)의 전류  $I(t)$ 를 식 (2)에 대입하면

$$V_R(t) = RI_{\max} \sin(\omega t + \phi) \quad (4)$$

$$V_L(t) = \omega L I_{\max} \cos(\omega t + \phi)$$

$$V_C(t) = -\frac{I_{\max}}{\omega C} \cos(\omega t + \phi)$$

가 된다. 따라서, 각 소자에 걸리는 최대전압과 최대전류 사이의 관계를 구하면,

$$V_{R,\max} = R I_{\max}, \quad V_{L,\max} = \omega L I_{\max}, \quad V_{C,\max} = \frac{I_{\max}}{\omega C} \quad (5)$$

로 주어진다. 또한 식 (4)로부터  $V_L(t)$ 는  $V_R(t)$ 에 위상이  $\pi/2$ 만큼 앞서고  $V_C(t)$ 는  $V_R(t)$ 에 위상이  $\pi/2$ 만큼 뒤지는 것을 알 수 있다. 즉,  $V_L(t)$ 와  $V_C(t)$ 가 최대값에 도달하는 순간을  $V_R(t)$ 와 비교하면 각각  $\pi/2$ ,  $-\pi/2$ 만큼 위상차를 가진다. 교류 신호를 페이저(phasor)를 이용하여 표현하면, 교류 전압의 합을 벡터 합으로 기술할 수 있고, 이로부터

$$\varepsilon_{\max} = \sqrt{V_{R,\max}^2 + (V_{L,\max} - V_{C,\max})^2} \quad (6)$$

의 관계를 구할 수 있다.

여기서 직류회로의 옴의 법칙  $V=IR$ 에서 저항  $R$ 과 유사한 역할을 하는  $\omega L$ 과  $\frac{1}{\omega C}$ 를 각각 유도 리액턴스(inductance reactance)  $X_L$ , 용량 리액턴스(capacitive reactance)  $X_C$ 라 한다. 즉,

$$X_L = \frac{V_{L,\max}}{I_{\max}} = \omega L = 2\pi f L, \quad X_C = \frac{V_{C,\max}}{I_{\max}} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (7)$$

따라서 직류회로의 저항에 해당하는, RLC 교류 회로의 임피던스  $Z$ 는

$$Z = \frac{\varepsilon_{\max}}{I_{\max}} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (8)$$

가 되며, 교류 기전력과 전류의 위상차이인  $\phi$ 는

$$\phi = \tan^{-1} \left( \frac{V_{L,\max} - V_{C,\max}}{V_{R,\max}} \right) = \tan^{-1} \left( \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \right) \quad (9)$$

로 구할 수 있다.

### 3. 실험장치 및 기구

- (1) 브레드보드
- (2) 저항( $100\Omega$ ), 유도기(10mH), 축전기( $1\mu\text{F}$ )
- (3) 함수 발생기, 멀티미터



함수발생기



멀티미터



브레드보드



## 4. 실험방법

### A. RL 회로

(1) 저항  $100\Omega$ 와 유도기  $10\text{mH}$ 을 직렬로 연결하여 [그림 1]과 같이 RL 회로를 구성한다.

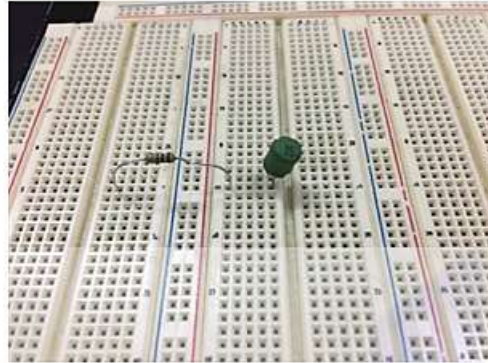


그림 1 RL 회로

(2) 악어책을 함수 발생기의 output-50에 연결하고, 악어책의 반대쪽 집계를 RL회로에 연결한다. 함수 발생기에서 사인파가 발생하도록 설정하고, 주파수를  $f = 1\text{kHz}$ 로 맞춘다.

(3) 함수 발생기의 amplitude 다이얼을 조절하여 전류 최대값이  $I_{\text{max}} = 0.50\text{mA}$ 가 되도록 맞추고, 멀티미터를 이용하여 저항과 유도기에 걸리는 rms 전압  $V_{R,\text{rms}} = V_{R,\text{max}}/\sqrt{2}$ ,  $V_{L,\text{rms}} = V_{L,\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정하고, 전체 rms 전압  $\varepsilon_{\text{rms}} = \varepsilon_{\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정한다.

(4) 과정 (3)을 전류 최대값을  $2.00\text{mA}$ 가 될 때까지  $0.50\text{mA}$ 씩 증가시키면서 반복한다.

(5) 앞의 데이터로부터 전류 최대값  $I_{\text{max}}$ 과  $\varepsilon_{\text{max}}$ ,  $V_{R,\text{max}}$ ,  $V_{L,\text{max}}$ 의 그래프를 그리고 기울기로부터 임피던스  $Z$ , 저항  $R$ , 리액턴스  $X_L$ 를 구하여,  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$  관계가 성립하는지 확인한다. 또한, 측정된 최대 전압값들로부터 위상값  $\phi$ 를 구한다.

(6) 함수발생기의 주파수를  $f = 2\text{kHz}$ 로 바꾸고 과정 (3)~(5)를 반복한다.

## B. RC 회로

(1) 저항  $100\Omega$ 와 축전기  $1\mu\text{F}$ 을 직렬로 연결하여 [그림 2]와 같이 RC 회로를 구성한다.

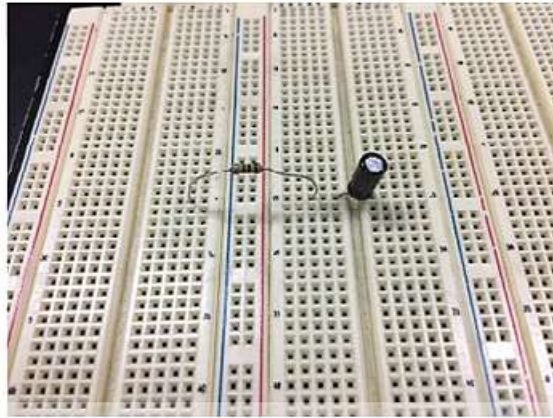


그림 2 RC 회로

(2) 악어책을 함수 발생기의 output-50에 연결하고, 악어책의 반대쪽 집게를 RC회로에 연결한다. 함수 발생기에서 사인파가 발생하도록 설정하고, 주파수를  $f = 1\text{kHz}$ 로 맞춘다.

(3) 함수 발생기의 amplitude 다이얼을 조절하여 전류 최대값이  $I_{\text{max}} = 0.50\text{mA}$ 가 되도록 맞추고, 멀티미터를 이용하여 저항과 축전기에 걸리는 rms 전압  $V_{R,\text{rms}} = V_{R,\text{max}}/\sqrt{2}$ ,  $V_{C,\text{rms}} = V_{C,\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정하고, 전체 rms 전압  $\varepsilon_{\text{rms}} = \varepsilon_{\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정한다.

(4) 과정 (3)을 전류 최대값을  $2.00\text{mA}$ 가 될 때까지  $0.50\text{mA}$ 씩 증가시키면서 반복한다.

(5) 앞의 데이터로부터 전류 최대값  $I_{\text{max}}$ 과  $\varepsilon_{\text{max}}$ ,  $V_{R,\text{max}}$ ,  $V_{C,\text{max}}$ 의 그래프를 그리고 기울기로부터 임피던스  $Z$ , 저항  $R$ , 리액턴스  $X_C$ 를 구하여,  $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$  관계가 성립하는지 확인한다. 또한, 측정된 최대 전압값들로부터 위상값  $\phi$ 를 구한다.

(6) 함수발생기의 주파수를  $f = 2\text{kHz}$ 로 바꾸고 과정 (3)~(5)를 반복한다.

### C. RLC 회로

(1) 저항  $100\Omega$ , 유도기  $10\text{mH}$ , 축전기  $1\mu\text{F}$ 을 직렬로 연결하여 [그림 3]과 같이 RLC 회로를 구성한다.

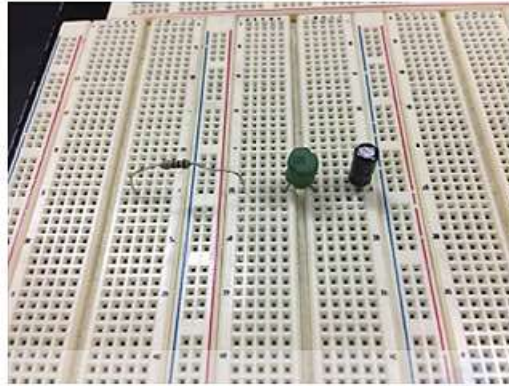


그림 3 RLC 회로

(2) 악어책을 함수 발생기의 output-50에 연결하고, 악어책의 반대쪽 집게를 RLC회로에 연결한다. 함수 발생기에서 사인파가 발생하도록 설정하고, 주파수를  $f = 1\text{kHz}$ 로 맞춘다.

(3) 함수 발생기의 amplitude 다이얼을 조절하여 전류 최대값이  $I_{\text{max}} = 0.50\text{mA}$ 가 되도록 맞추고, 멀티미터를 이용하여 저항, 유도기, 축전기에 걸리는 rms 전압  $V_{R,\text{rms}} = V_{R,\text{max}}/\sqrt{2}$ ,  $V_{L,\text{rms}} = V_{L,\text{max}}/\sqrt{2}$ ,  $V_{C,\text{rms}} = V_{C,\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정하고, 전체 rms 전압  $\varepsilon_{\text{rms}} = \varepsilon_{\text{max}}/\sqrt{2}$ 를 측정한다.

(4) 과정 (3)을 전류 최대값을  $2.00\text{mA}$ 가 될 때까지  $0.50\text{mA}$ 씩 증가시키면서 반복한다.

(5) 앞의 데이터로부터 전류 최대값  $I_{\text{max}}$ 과  $\varepsilon_{\text{max}}$ ,  $V_{R,\text{max}}$ ,  $V_{L,\text{max}}$ ,  $V_{C,\text{max}}$ 의 그래프를 그리고 기울기로부터 임피던스  $Z$ , 저항  $R$ , 리액턴스  $X_L$ ,  $X_C$ 를 구하여,  $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$  관계가 성립하는지 확인한다. 또한, 측정된 최대 전압값들로부터 위상값  $\phi$ 를 구한다.

(6) 함수발생기의 주파수를  $f = 2\text{kHz}$ 로 바꾸고 과정 (3)~(5)를 반복한다.