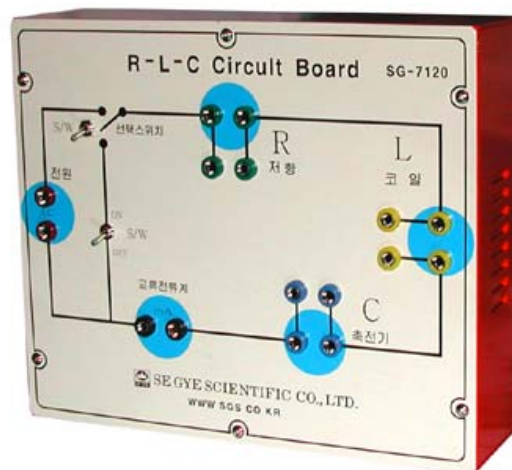


R - L - C 회로 (R-L-C Circuit Board)

SG-7120



(주)세계과학

본사: 경기도 성남시 중원구 상대원동 190-1

SK테크노파크 테크센터813

Tel: 031-776-0015

Fax: 031-776-0019

Home page: <http://www.sgs.co.kr>

E-mail: segye@sgs.co.kr

R-L-C 회로 (SG-7120)

● 소개

저항, 코일 및 콘덴서로 구성된 직류회로에서 저항값과 인덕턴스, 캐패시턴스로부터 교류전류의 임피던스를 측정한다.

● 규격 및 구성

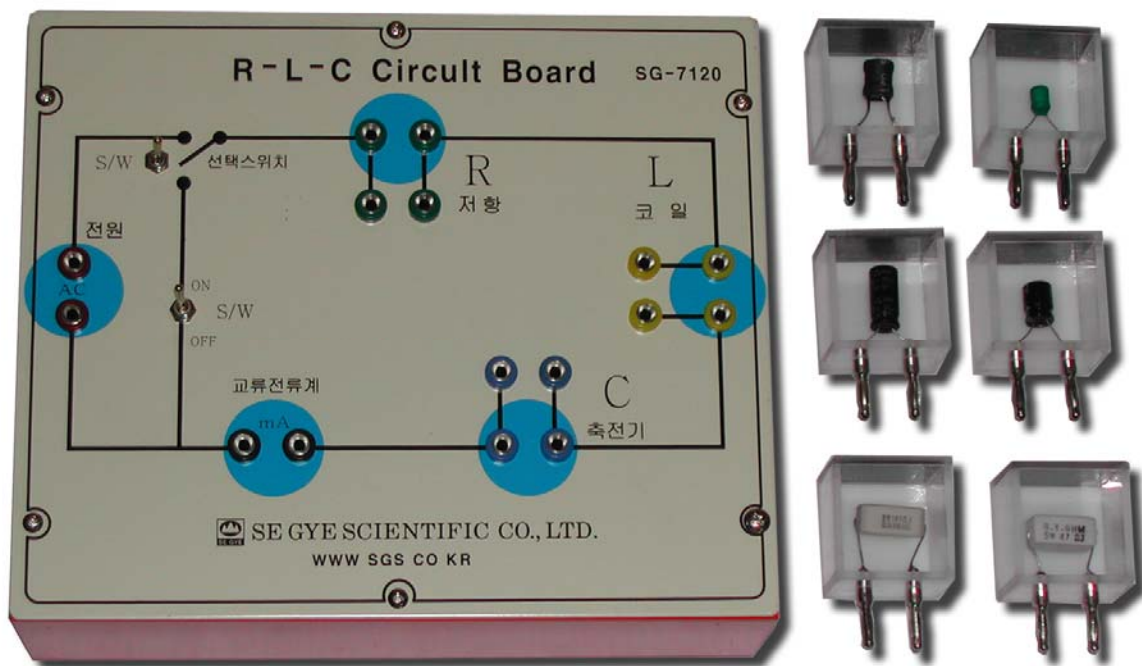
SG-7120 R-L-C Circuit board(1)

저항 : 47Ω, 5W(1), 100 Ω, 10W(1)

코일 : 47mH(473), 100mA(1), 100mH(104), 200mA(1)

콘덴서 : 47 μF (1), 100 μF (1)

리드선 : 적(3), 흑(2), 60cm



● 관련기기

디지털멀티미터 2개

AC Power supply

실험1: R-L-C 회로 측정

1. 목적

- ① R, L, C 각 소자의 특성을 알아본다.
- ② 교류 회로에서의 전압과 전류 사이의 위상 개념을 이해 하고, 교류 회로에서의 임피던스에 대해서 알아본다.

2. 기본 원리

교류 회로에서 도체내의 전자는 계속해서 방향을 바꾸어 흐른다.

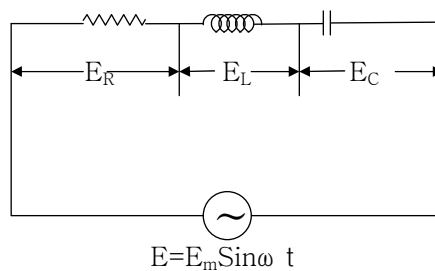
그러므로 전압과 전류 또한 계속해서 변하는데, 전압 E와 전류 I는 다음과 같이 나타낼 수 있다

$$E = E_M \sin \omega t \quad (1)$$

$$I = I_M \sin(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

여기서 E_M : 최대 전압
 I_M : 최대 전류
 t : 시간
 $\omega = 2\pi / T = 2\pi f$: 각 진동수
 φ : 초기 위상 각

다음은 R, L, C의 직렬 회로이다.



이 회로에서 각각의 소자에 걸리는 전압은

$$E_R = IR$$

$$E_L = L \frac{dI}{dt}$$

$$E_C = \frac{1}{C} \int Idt$$

이다.

$$I = I_M \sin(\omega t + \varphi) \text{ 이므로}$$

$$E_L = \omega L I_M \cos(\omega t + \varphi)$$

$$E_C = -\frac{1}{\omega C} I_M \cos(\omega t + \varphi)$$

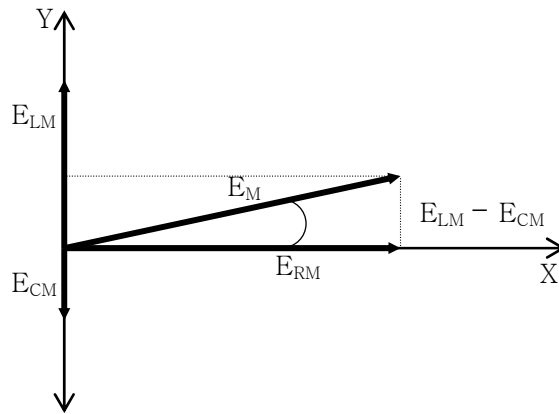
$$E_R = R I_M \sin(\omega t + \varphi)$$

이며

E_L 과 E_C 는 E_R 에 대해 각각 $\pi/2, -\pi/2$ 의 위상차를 가지고 있다.

따라서 E_{LM} 과 E_{CM} 은 E_{RM} 과 각각 $\pi/2, -\pi/2$ 의 위상차를 가지고 되는 것이다.

이것을 그림으로 나타내면 다음과 같게 된다.



그림에서처럼

$$E_M = \sqrt{E_{RM}^2 + (E_{LM} - E_{CM})^2}$$

이다.

한편 E_{LM} , E_{CM} , E_{RM} 은 $\cos(\omega t + \varphi) = \pm 1$ 일 때 이므로

$$E_{LM} = \omega L I_M$$

$$E_{CM} = \frac{1}{\omega C} I_M$$

$$E_{RM} = R I_M$$

여기서 $E = RI$ 의 R 에 해당하는 ωL 과 $\frac{1}{\omega C}$ 을 각각 유도 리액턴스 X_L , 전기용량 리액턴스 X_C 라고 한다.

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$$

각각의 단위는 $L:[H]$, $f:[Hz]$, $X_L, X_C:[\Omega]$ 이다.

따라서

$$E_M = \sqrt{E_{RM}^2 + (E_{LM} - E_{CM})^2}$$

$$= \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} I_M$$

$$= \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} I_M$$

이다.

이로부터 교류 임피던스 Z 는

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

이고, 위상각 φ 는

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{E_L - E_C}{E_R} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \right)$$

이다.

3. 실험 기구

RLC회로 상자 (SG-7120)

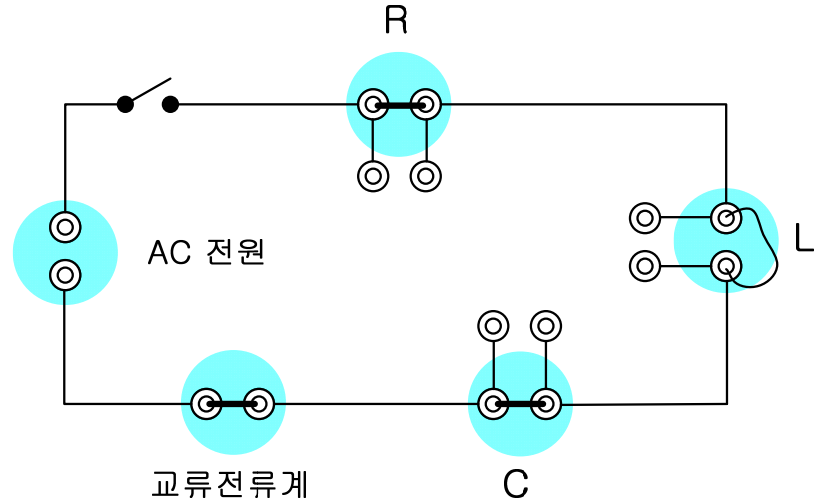
디지털멀티미터 2개

AC Power Supply



4. 실험 방법

< R-C 회로 >



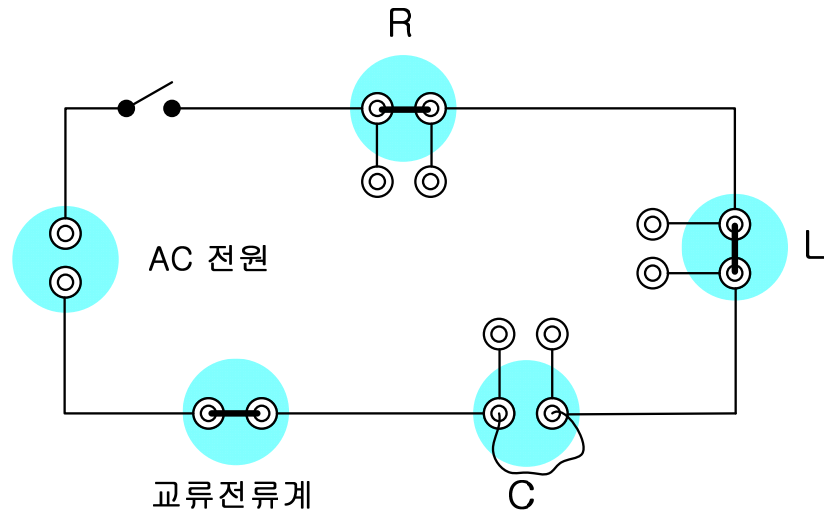
- ① 위와 같이 장치를 설치 한다.
- ② **RLC**회로상자에 저항과 콘덴서를 연결하고 코일단자에 리드선을 연결하여 **R-C**회로를 구성 한다.
- ③ 저항은 47Ω , 축전기를 $47\mu\text{F}$ 으로 한다. 이 때의 저항 및 축전기 용량을 표1에 기록하여야라.
- ④ 전류계를 연결하고 슬라이더스를 돌려 전류계의 전류 I_{total} 이 10mA 가 되게 한다.
- ⑤ 이때의 전압 E_{total} 을 전압계로부터 읽어 전압과 전류를 표에 기록한다.
- ⑥ 전압계를 저항 **R**양단에 연결하여 저항 **R**에 걸리는 전압 E_R 를 측정하여 기록한다.
- ⑦ ⑥과 같은 방법으로 콘덴서 **C**양단에 걸리는 전압 E_C 를 측정하여 기록한다.
- ⑧ 슬라이더스를 돌려 전류를 증가 시키고 ⑤~⑧의 과정을 반복한다.
- ⑨ 전류 10mA 씩 증가시키면서 위의 과정을 반복한다.(이때 실험시료의 특성에 따라 최대치 보다 작게 실험할 수 있도록 한다.)
- ⑩ 위의 **DATA**로부터 $E_{\text{total}}:I_{\text{total}}$, $E_R:I_{\text{total}}$, $E_C:I_{\text{total}}$ 의 그래프를 그린다.
- ⑪ 위의 그래프의 기울기로부터 임피던스 **Z**, 저항 **R** 및 커패시턴스 **C**값을 구한다.

⑫ 또 $E_{\text{total}}^2 = E_R^2 + E_C^2$ 과 임피던스 $Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$ 이 되는가를 확인하고 위상각 ϕ 를 구하여

R 과 **C**에 걸리는 전압의 위상차를 구한다. 전압 간의 위상 관계를 그리고, 저항 **R**, 용량 리액턴스 $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$, 또 임피던스 **Z**의 관계를 그려라.

- ⑬ 저항 값과 축전기의 값을 변화 시키면서 위 실험을 반복하여라.

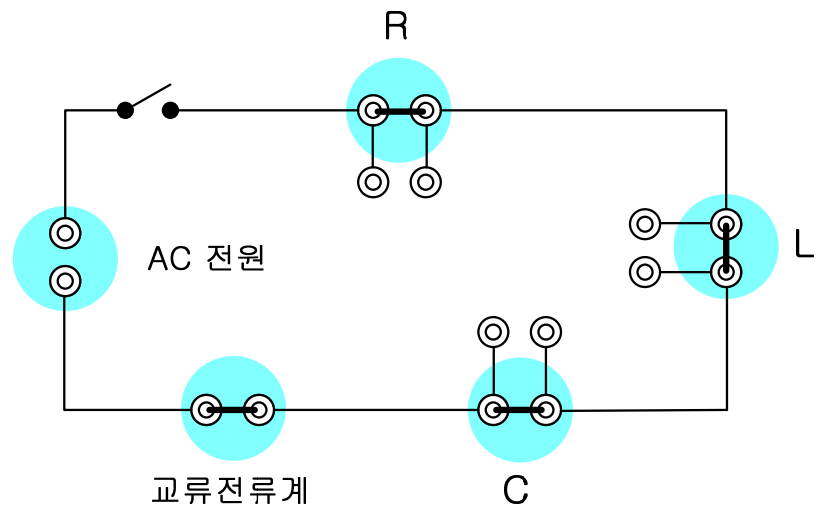
< R - L 회로 >



① RLC회로상자에 저항과 코일을 연결하고 콘덴서단자에 리드선을 연결하여 R-L회로를 구성 한다.

② <R-C회로>실험에서와 같은 방법으로 실험하되 전류의 값을 10mA에서부터 시작한다.

< R - L-C 회로 >



① RLC회로상자에 저항, 코일, 콘덴서를 연결하여 R-L-C회로를 구성 한다.

② <R-C회로>실험에서 와 같은 방법으로 실험하되 전류의 값을 10mA에서부터 시작한다.

5. 분석

표1 R-C회로

| R | C | E_R | E_C | E_{Total} | I_{Total} |
|---|---|-------|-------|-------------|-------------|
| | | | | | |

표2 R-L회로

| R | L | E_R | E_L | E_{Total} | I_{Total} |
|---|---|-------|-------|-------------|-------------|
| | | | | | |

표3 R-L-C회로

| R | L | C | E_R | E_L | E_C | E_{Total} | I_{Total} |
|---|---|---|-------|-------|-------|-------------|-------------|
| | | | | | | | |

6. Data sheet

○ 시료 및 입력전원의 주파수

$$R = 48.66\Omega$$

주파수 : 60Hz

$$L = 50.40\text{mH}$$

$$C = 46.07\mu\text{F}$$

○ 측정데이터

| 구분 | E_R (mV) | E_L (V) | E_C (mV) | E_{Total} (V) | I_{Total} (mA) |
|------------|------------|-----------|------------|-----------------|------------------|
| 측 정 데이터 | 518 | 1.673 | 571 | 2.365 | 10.8 |
| | 517 | 1.675 | 572 | 2.365 | 10.9 |
| | 518 | 1.671 | 572 | 2.364 | 10.9 |
| | 518 | 1.668 | 572 | 2.366 | 10.9 |
| | 519 | 1.668 | 573 | 2.365 | 10.9 |
| 평균 | 518 | 1.671 | 572 | 2.365 | 10.9 |

일반적인 수업의 경우 내부저항을 고려하지 않지만, 실제 실험데이터를 분석하기 위해서는 코일의 내부저항을 고려해야 한다. 측정된 코일의 **내부저항은 $R_L = 157.5\Omega$** 이다.

100mH의 코일은 실제 110.54mH 이고 이 코일의 **내부저항 $R_L = 105.5\Omega$** 이다.

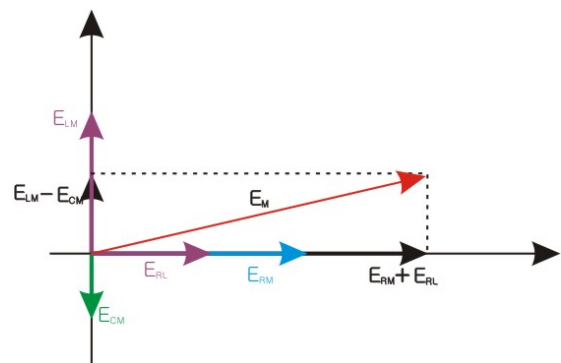
축전기의 내부저항은 무시할 정도로 작다.

코일의 내부저항은 회로전체에 또 다른 저항이 연결된 효과를 만들어낸다. 이에 맞추어 공식을 변형하면

$$E_{total} = \sqrt{(E_R + E_{RL})^2 + (E_L - E_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{(R + R_L)^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{E_L - E_C}{E_R + E_{RL}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R + R_L}\right)$$



로 식이 변형된다.

측정된 E_R , E_L , E_C , I_{Total} 를 이용해 E_M 을 구하면

$$E_M = 2.28\text{V} \quad (\text{측정값(전원장치의 출력을 직접측정)} : 2.36\text{V},$$

$$\text{계산값과 측정값의 오차율} = 3.4\%)$$

가 되고, 임피던스는

$$Z = 211.54\Omega \quad (\text{측정값(출력전압/출력전류)} : 216.51\Omega,$$

$$\text{계산값과 측정값의 오차율} = 2.3\%)$$

위상차를 계산하면

$$\varphi = -10.60^\circ \quad (\text{측정값(세계디지털오실로스코프를 이용하여 측정)} : -9.57^\circ,$$

$$\text{계산값과 측정값의 오차율} = 9.7\%)$$



● 사용상 주의 사항

- ① 전류의 측정치는 **2mA, 4mA, 6mA**와 같이 정확한 값을 유지하는 것이 아닌 어느 일정한 값만 유지하면 된다. 즉 계측기와 주어지는 **RLC**회로에 따라 조금씩 다르게 나올 수 있다. 따라서 절차에 나오는 값에 연연하지 말고 계측기 상에서 측정할 수 있는 값으로 고정하면 된다.
- ② 방전 시 상단스위치(전원스위치)를 아래로 하고 가운데 스위치를 **On**으로 한다
- ③ 슬라이더는 각각의 측정시 항상 **0**에 맞추고 사용한다. 적절한 전류에서 전압의 측정을 안전하게 할 수 있도록 손잡이를 천천히 변화를 준다.

● 문의 사항

문의 사항이 있으시면 다음의 연락처로 문의하여 주시기 바랍니다.

본사: 경기도 성남시 중원구 상대원동 **190-1 SK**테크노파크 테크센터 **813**

Tel: 031-776-0015

Fax: 031-776-0019

Home page: <http://www.SGS.co.kr>

E-mail: segye@sgs.co.kr

