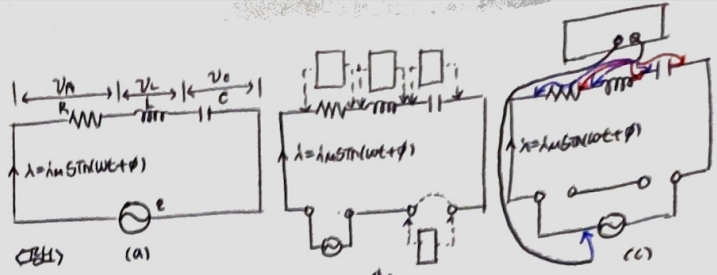
김다영 D2018856 021분반 <10주차 예비보고서>

RLC회로

1. 실험목적

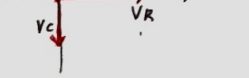
저항, 유도코일, 축전기로 이루어진 직렬 RLC 회로에 교류를 걸어 주었을 때 임피던스를 측정한다.

2. 실험이론



<그림1>

- 그림과 같이 저항 R, 유도코일 L, 축전기 C가 직렬로 연결된 회로에 교류 전원 e를 $e=E_m\sin\omega t$ 걸어주면 이때 회로에 흐르는 전류 i는 $i=I\sin(\omega t+\phi)$로 쓸 수 있다. 이때 E_m과 I_m은 각각 전압, 전류의 최대값이며, t는 시간이다. ω는 각진동수로서 f를 주파수라 할 때 $\omega=2\pi f$의 관계가 있다.
- 보통의 교류 전원에서 주파수 $f=60Hz$이다. 교류회로에서는 직류회로에서와 달리 전압과 전류 사이에는 위상차가 있는데 ϕ가 이를 나타낸다. 즉, 교류회로에서는 전압과 전류값이 최대가 되는 시각이 차이가 난다.
- RLC회로 실험에서 구해야 하는 값은 $Z=\frac{E_m}{I}$로 정의되는 임피던스 Z와 위상차 ϕ이며, 여기서 임피던스 Z는 직류회로의 저항에 해당한다.
- 그림1과 같은 회로에서 $\mathcal{E}=E_m\sin\omega t$의 교류전압이 가하질 때 R, L, C에 걸리는 전압을 각기 E_R, E_L, E_C로 나타내면 $v_R=iR$, $v_L=L\frac{di}{dt}$, $v_C=\frac{1}{C}\int i\,dt=\frac{1}{C}\int i\,dt$로 표현된다. 이를 $i=I\sin(\omega t+\phi)$의 전류를 위 식들에 대입하면 $v_R=RI\sin(\omega t+\phi)=V_R\sin(\omega t+\phi)$, $v_L=\omega LI\cos(\omega t+\phi)=V_L\sin(\omega t+\phi+\frac{\pi}{2})$, $v_C=-\frac{1}{\omega C}I\cos(\omega t+\phi)=V_C\sin(\omega t+\phi-\frac{\pi}{2})$와 같다. 이 식들을 보면 V_L과 V_C는 V_R에 비해 각기 $\frac{\pi}{2}$, $-\frac{\pi}{2}$의 위상차를 가진다. 또한 위 식들에서 V_R, V_L, V_C는 각기 R, L, C에 걸리는 최대 전압이므로 $V_R=RI$, $V_L=\omega LI=X_LI$, $V_C=\frac{1}{\omega C}=X_CI$로 쓸 수 있다. 앞의 식에서 X_L과 X_C는 각기 직류회로에서 저항에 해당하는 값으로 $X_L=\omega L=2\pi fL$은 유도 리액턴스라 하며, $X_C=\frac{1}{\omega C}=\frac{1}{2\pi fC}$를 용량 리액턴스라 한다.
- 어떤 한 순간에 회로의 총 전압은 $\mathcal{E}=v_R+v_L+v_C$가 되는데 이를 계산하기 위해 벡터 도형법을 쓴다. 그림2에서와 같이 v_R을 기준으로 잡는다면 v_L은 v_R보다 위상이 $\pi/2$만큼 앞서므로 반시계 방향을 향하며, v_C는 v_R보다 위상이 $\pi/2$만큼 늦으므로 시계 방향을 향한다. v_R, v_L, v_C를 그림2에서 벡터 도형법으로 합하면 $E_m=\sqrt{V_R^2+(V_L-V_C)^2}$이 된다. 임피던스 Z식은 $Z=\sqrt{R^2+(\omega L-\frac{1}{\omega C})^2}=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$이다. 또 전류와 전압의 위상차 ϕ는 그림2로부터 $\phi=\tan^{-1}\left(\frac{V_L-V_C}{V_R}\right)=\tan^{-1}\left(\frac{X_L-X_C}{R}\right)$가 된다. 만일 $\omega=\sqrt{\frac{1}{LC}}$가 되면 회로에 흐르는 전류가 최대가 된다. 이 주파수를 공진주파수라 한다.



<그림2>

3. 실험장비 및 실험과정

(1) 실험장비

- 함수 발생기 및 BNC-바나나잭 점퍼코드
- RLC 회로판
- 저항(멀티미터로 측정하볼 것)
- 축전기
- 유도코일
- 멀티미터 2대 및 바나나잭 점퍼 코드 3조
- 오실로스코프 및 BNC-바나나잭 점퍼코드 2조

(2) 실험방법

① P.142의 그림과 같이 저항, 코일, 축전기를 각각 표시된 단자에 연결하고 멀티미터(전류 측정단자에 놓을 것)를 전류계로 표시한 단자에 연결, 그리고 전원단자에 함수 발생기를 연결, 오실로스코프의 한쪽 채널은 함수발생기 출력단에 잡고는 잡아끼리 극성을 맞추어 연결하고, 다른 채널은 저항과 코일, 축전기의 양단에 연결하여 두 채널의 파형을 동시에 볼 수 있도록 한다.

② 함수 발생기의 전압 단자를 완전 반시계 방향으로 끝까지 돌려 전압을 최소로 하고 스위치를 켠다.

③ 함수발생기의 주파수를 약 3000Hz에서 4000Hz 사이로 놓고 전압을 올려 걸리는 전압 2~4V 정도로 올린다. (GWINSTEK AFG-2005 함수발생기의 경우에는 High-Z/50Ω 아래 OUTPUT 버튼을 눌러 ON모드로 설정한다)

④ 오실로스코프의 "AutoSet" 모드 버튼을 눌러 채널 1과 채널 2의 두개의 파형이 동시에 보이도록 조정한다. 오실로스코프의 시간축 조절 손잡이를 조정하고, 채널 1과 2의 전압 조절 손잡이를 조정하고, 또 채널 1과 2의 상하위치 위치도 잘 배치하여 두개의 파형이 잘 보이도록 설정한다. 채널 1는 그림3(P.144)과 같이 축전기 양단에 연결하고 함수발생기의 주파수를 변화시키면서 채널 2의 파형이 최대가 되는 공진주파수를 확인한다.

⑤ 이 최대 공진주파수를 중심으로 아래 주파수에서 부터 함수발생기의 주파수를 증가시키면서 멀티미터(AC전류계 모드로 두어)의 전류를 읽고 또 다른 멀티미터로 회로의 주파수 및 저항, 코일, 축전기에 걸린 전압을 측정한다. 또한 각 주파수 셋팅에서 오실로스코프로 측정한 전압과 함수발생기 전압 파형에 대한 위상 차이를 측정한다. 최대 공진주파수를 중심으로 약 6개의 다른 주파수에서 반복 측정을 한다. 멀티미터로 전압을 측정하거나 오실로스코프의 채널 2로 전압을 측정할 때 다른 쪽 멀티미터나 오실로스코프의 영점조절을 보정한 후에 각각 측정하도록 한다.

⑥ 표의 측정치로부터 임피던스 Z와 위상차 ϕ를 계산한다.

⑦ 주파수 변화에 대한 전류(저항 R의 전압)를 그래프로 그리고 전류가 최대가 되는 주파수와 공진주파수 $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}}$를 비교하라.

⑧ 측정치 $V_R(V)$, $V_L(V)$, $V_C(V)$에 따른 광하여 최대치로 만든 다음 그림2처럼 총전압을 그려보라.

⑨ 점퍼코드로 축전기 양단을 연결하여 쇼트시키면, 이제 이 회로는 RL회로가 된다(저항은 걸려도 쇼트시켜도 괜찮). 이 RL회로에서 함수 발생기의 주파수를 변화시키면서 오실로스코프 채널 2로 코일 양단의 전압을 측정하면서 함수 발생기 전압에대한 전압 차이와 위상 차를 측정하여 이론적인 계산값과 비교해본다.

4. 예비고찰

- 실험을 통해 표를 작성하면 f가 증가할 때 I가 점점 증가하다가 공진 진동수 근처에서 최댓값을 가진 뒤 다시 f가 증가함에 따라 전류 I가 작아지는 것을 볼 수 있을 것이다. 또 전류 뿐만 아니라 임피던스의 크기는 작아지다가 공진 진동수 근처에서 최솟값을 가지고 다시 증가하게 될 것이다.
- 낮은 진동수에서는 축전기에 전류가 흐르는 것이 어렵고, 높은 진동수에서는 인덕터에 전류가 흐르기 어렵다. 따라서 전류가 증가함에 따라 축전기의 X_C는 감소하게 되고 인덕터의 X_L은 증가하게 된다. 또 $|X_C-X_L|$의 값은 공진 진동수 근처에서 가장 작아지고 다시 커지게 될 것이다.
- 공진진동수는 $X_L-X_C=0$을 만들 때에 해당하는 진동수를 뜻하고, 이는 공진진동수에서 회로의 임피던스 값이 가장 작은 것이라는 것을 의미한다.
- 실험을 통해 전류, 전압 그래프의 위상차 ϕ가 음수 값을 갖고, 점점 증가하여 공진진동수 부근에서 0에 가까운 값을 가지고 다시 커지게 될 것이다. 이는 전류·전압 그래프의 위상차가 작아졌다가 다시 커지는 것을 의미하며, 진동수가 커질수록 전류보다 전압의 위상이 빨라진다는 것을 ϕ 값의 변화를 통해 판단 가능할 것이다.
- ω가 커지게 되면 $\omega=2\pi f$이므로 진동수 f가 커진다는 것과 동일하다. 회로에 걸리는 진동수 f가 커지게 되면 $X_L=2\pi fL$, $X_C=\frac{1}{2\pi fC}$이므로 X_L은 점점 증가하고, X_C는 점점 감소하게 될것이다. X_C의 의미는 축전기에 의해 전류의 흐름이 방해받는 정도이므로 낮은 진동수에서 축전기에 전류가 흐르는 것이 힘들다는 것을 추측이 가능하다. 이와 비슷하게 X_L은 인덕터에 의해 전류의 흐름이 방해받는 정도를 의미하므로 높은 진동수에서 인덕터에 전류가 흐르기 힘들다는 것을 알 수 있다.