

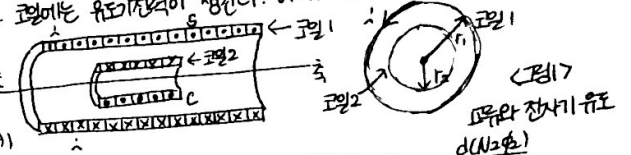
유도기전력

1. 실험목적

패러데이의 유도실험을 이해하고, 변화하는 자기장속에 의해 유도되는 유도기전력의 크기를 구한다.

2. 실험이론

- 영구자석이 코일을 통과하여 코일 내의 자기장이 시간에 따라 변화할 때, 코일에 유도기전력이 생긴다. 이때 코일에 유도되는 유도기전력  $\mathcal{E}$ 은 패러데이 법칙에 의해  $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$ 이다. 이때 “-”는 유도전류의 방향을 가리키며, “유도기전력에 의해 유도된 전류가 만드는 자기장이 회로를 통과하는 자기장의 변화를 억제하도록 하는 방향으로 기전력의 극이 유도된다.” 이를 렌츠의 법칙(Lenz law)이라고 부른다.
- 자기유도: 전류가 흐르는 코일에서 전류가 변화하면, 코일을 통과하는 자기장이 변화하므로 그 코일에는 유도기전력이 생긴다. 이때 생기는 기전력을 자기유도기전력이라고 한다.
- 코일과 같이 코일이 개가 있을 때 코일의 전류를 변화시키면 코일의 안쪽에 있는 코일을 지나가는 자기장이 변화하면서 코일에 유도기전력이 생김을 실험결과 한다.
- 코일 내부의 자기장은 (무한히 긴 솔레노이드 가정)  $B_1 = \mu_0 \frac{N_1}{L} I_1 = \mu_0 n_1 I_1$  ( $n_1 = N_1/L_1$ ) ( $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$ )
- 코일 2의 단면을 통과하는 자기속은 (코일 1내부의 자기장은 코일 2로 지나가)  $\Phi_2 = B_1 A_2 = \mu_0 n_1 I_1 \pi r_2^2$ , 코일 1의 흐르는 전류가  $I_1 = I_0 \sin(\omega t)$ 일 때,  $\mathcal{E}_2 = -\frac{d(N_2 \Phi_2)}{dt} = -\mu_0 n_1 \pi r_2^2 \omega I_0 \cos(\omega t)$ 이다. 실험에서 멀티미터로 측정한 값은 모두 rms 값이므로  $\mathcal{E}_2 = \mu_0 N_2 n_1 \pi r_2^2 \omega I_0$ 이다. 변압기의 경우에는  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ 이므로 1차 코일과 2차 코일의 유도기전력은  $\mathcal{E}_1 = -\frac{d(N_1 \phi)}{dt}$  (1차 코일의 유도기전력),  $\mathcal{E}_2 = -\frac{d(N_2 \phi)}{dt}$  (2차 코일의 유도기전력) 이므로  $\mathcal{E}_1$ 과  $\mathcal{E}_2$ 의 관계식은  $\mathcal{E} = \frac{N_2}{N_1} \mathcal{E}_1$ 이다.



3. 실험장치 및 실험과정

(1) 실험장치

- 멀티미터 (전압 측정 및 전류 측정) -영조스칼라
- 함양알케 또는 교류전원 장치 -솔레노이드 (6개)

(2) 실험방법

- \*주의
- 1. 함양알케의 전선을 커기 전에 항상 전폭 배선을 원목으로 깔아 놓아 가장 낮은 상태에서부터 전원을 켜는 습관을 들인다.
- 2. 처음에 세밀하고 더 큰 전류로 매우 파란 전류를 흘리면 기기의 영구적인 손상을 초래하게 되고, 가능한 최대 표시 전류 이상으로 전류가 흐르지 않게 주의한다.
- 3. 실험장치가 불충분할 수 있으므로 실험 전에 점검을 한다.
- 4. 사용하는 멀티미터의 배선 상태가 정확히지 확인하고, 측정하고자 하는 기기의 입력 선단이 초과하지 않는지, 프로브 선이 기기에 맞는 단자에 꽂혀 있는지 확인한다.

(1) 전원에 따른 유도기전력

- ① 코일에 함양알케(교류전원)와 전류계를 각각 연결한다.
- ② 함양알케의 전선을 잘라 잘라 전압과 전류(전압)를 선택한다. 전원은 가장 낮은 값으로 사용해야 전류의 표시 공백을 방지하고 영조스칼라에 지나치게 낮은 계측한 선을 잡을 수 있다.
- ③ 멀티미터로 전압을 측정한다.
- ④ 작은 코일에 전압계를 연결하고 코일의 전선에 연결한다.
- ⑤ 전압계와 전압계를 측정한다. (영조스칼라를 사용하여 파형을 측정하고 최대값을 취하여 기록한다.)
- ⑥ 코일에 쓰여있는  $N_1, N_2, L_1, L_2$  등과  $r_1, r_2$ 를 식  $\mathcal{E}_2 = \mu_0 N_2 n_1 \pi r_2^2 \omega I_1 \sin(\omega t)$ 에 대입하여 전압  $\mathcal{E}_2$ 를 계산한다.
- ⑦  $\mathcal{E}_2$ 와  $\mathcal{E}_1$ 를 비교한다.
- ⑧ 전류를 바꾸어 다시 ⑥~⑦을 반복한다.

(2) 코일의 구조에 따른 유도기전력

- ① 코일을 바꾸면서 ⑥~⑦을 실행한다.

(3) 변압기의 유도기전력

- ① 함양알케를 변압기의 일차전선에 연결하고 잘라 전압과 전류를 선택한다.
- ② 전압계도 변압기의 일차전선의 전압  $\mathcal{E}_1$ 과  $\mathcal{E}_2$ 를 측정한다.
- ③ 변압기의 양단에 걸린 코일의 횡단을 알고  $\mathcal{E}_2 = \frac{N_2}{N_1} \mathcal{E}_1$ 을 이용하여  $\mathcal{E}_2$ 를 계산한다.

4. 예제문제

- 예제문제 1) 전류와 코일구조에 따른 유도기전력 뿐 아니라 전류의 변화, 코일 구조의 변화에 따라 2차전압이 어떻게 변화하는지를 알 수 있다. 이때 2차전압 값  $\mathcal{E}_2$ 은  $\mathcal{E}_2 = \mu_0 n_2 \pi r_2^2 \omega I_1 \sin(\omega t)$ 을 이용하여 구할 수 있다. 여기서  $\mathcal{E}_2$ 은 전류  $I_1$ 에 비례하므로  $I_1$ 가 증가함에 따라 2차전압이 증가하는 것을 확인할 수 있을 것이다. 또  $\mathcal{E}_2$ 은  $N_2$ 과  $r_2$ 에 비례하므로  $N_2$ 와  $r_2$ 가 큰 코일에 대해  $\mathcal{E}_2$ 가 커지는 것을 알 수 있다.  $N_2$ 와  $r_2$ 가 동일한 1차 다른 두 코일에 대해 2차전압을 비교하면  $(N_2/r_2)^2$ 에 비례하여 차이가 날 것이다. 또  $I_1$ 와  $r_2$ 가 동일하고  $N_2$ 가 다른 두 코일에 대해 2차전압을 비교하면  $(N_2/r_2)^2$ 에 비례하여 차이가 날 것이다. 만약 전압계를 연결하지 않고 전압을 측정한다면,  $\mathcal{E}_2$ 은  $\mathcal{E}_1$ 에 비례하므로,  $I_1$ 가 증가하면  $\mathcal{E}_2$ 도 증가한다. 이를 통해 큰 2차전압을 얻으려면  $I_1$ 를 크게, 전류를 강하게 흘려주고 코일의 강인 횡단과 단면적을 늘리면 된다는 것을 알 수 있다.
- 예제문제 2) 변압기의 유도기전력 뿐 아니라 코일 2의 길  $L_2$  (1차 코일의 길  $L_1$ ), 전압계, 1차 전압에 대해 2차전압의 길  $L_2$ 를 변화시키면서 2차전압이 어떻게 변화하는지를 계산값과 측정값을 통해 비교하는 실험이다. 변압기에서  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$  사이의 관계식은  $\mathcal{E}_2 = \frac{N_2}{N_1} \mathcal{E}_1$ 이다. 따라서  $N_2$  (2차코일의 길인 수)가  $N_1$  (1차코일의 길인 수)보다 작으면  $\mathcal{E}_2$ 은  $\mathcal{E}_1$ 보다 작게 되고, 코일  $\mathcal{E}_2$ 은  $\mathcal{E}_1$ 보다 많을 것이다. 그 이유로는 실험을 진행하기 위해 전압계와 전류계를 측정할 때 이들이 다른 장치의 전자기장의 영향을 받아 잡음이 섞여 있으므로 실험을 진행하지 못한 것, 또 실험의 이유에서는 솔레노이드를 무한히 긴 솔레노이드 가정했지만 실험장치는 길이가 한정된 솔레노이드로 솔레노이드 내부 자속에 따라 자기장이 달라져 영향을 받을 것으로 예상된다.