

전자기 이론

-실험 보고서-

물리학실험 2 (030)
담당 조교: 송정근 조교님

서울대학교 컴퓨터공학부
2017-18570 이성찬

2017년 10월 29일

Abstract

이 실험에서는 패러데이의 실험 장치를 사용하여 자속의 시간 변화가 생기면 이를 방해하는 방향으로 유도 기전력이 생긴다는 패러데이의 법칙을 확인해 본다. 직류 전원과 교류 전원, 그리고 다양한 형태의 자석을 사용해 보며 자기장을 변화시키고 자속을 변화시키며 유도 기전력의 형태를 컴퓨터로 관찰해 본다.

1 Introduction

1.1 실험목적

19세기 이전까지 서로 독립적으로 연구되어 온 전기와 자기 현상은 서로 다른 근원을 갖는 것으로 알려져 있었다. 그런데 1820년 에르스텍은 전류가 흐르는 도선 주위에 자기장이 생김을 발견하였고, 과학자들은 자연스럽게 그 반대 현상에 관심을 갖게 되었다. 패러데이는 1831년에 코일 근처로 자석을 가져가면 코일에 전류가 흐름을 발견했다. 이 패러데이의 전자기 유도 법칙은 자기선속에 시간 변화가 있을 때 주위에 같은 크기의 유도 기전력이 생기고, 그 방향은 자속 변화의 반대 방향이라는 것이다. 이 실험에서는 패러데이의 실험을 재현하여 전자기 유도 현상을 확인해 본다. 또, 이를 정량적으로 이해해 본다.

1.2 배경 이론¹⁾

1.2.1 Faraday's Law

곡면 S 를 지나는 자기장 B 에 대하여, 자기선속 Φ_B 는 다음과 같이 정의한다.

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (1)$$

이때 Φ_B 의 변화에 의해 유도된 전기장 E 에 대하여 다음이 성립한다.

$$\oint_{\partial S} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2)$$

또한 다음 식과 동치이다.

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3)$$

1.2.2 전동기와 교류전류

가로 l , 세로 h 인 직사각형 도선 고리가 자기장 B 내에서 자기장과 $\pi/2 - \theta$ 의 각을 이룰 때, 자속 Φ 는

$$\Phi = Blh \cos \theta$$

고리가 일정한 각속도 ω 로 돌면 시각 t 에서 $\theta = \omega t$ 가 되어 유도기전력 ε 은

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_B}{dt} = - l h B \omega \sin \omega t \quad (4)$$

두 개의 고리가 서로 직각을 이루는 전동기의 경우

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = V_0 \cos \omega t$$
$$V_{out} = \begin{cases} V_0 \cos \omega t & t \in [0, T/8] \\ V_0 \sin \omega t & t \in [T/8, 3T/8] \\ -V_0 \cos \omega t & t \in [3T/8, 5T/8] \\ -V_0 \sin \omega t & t \in [5T/8, 7T/8] \\ V_0 \cos \omega t & t \in [7T/8, T] \end{cases}$$

가 되며,

이 함수로부터 평균값을 계산해 주면

$$\langle V_{out} \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_{out} dt = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} V_0$$

1.3 실험 과정

1.3.1 준비물

솔레노이드(감은 수 500회), 막대자석, Faraday 실험 장치 (코일 감은 수 300회) 1채널 DC 전원, 4개의 연결 도선, 오실로스코프, BNC, USB 케이블, 컴퓨터와 실험 프로그램

1.3.2 실험 방법

1) 전자기 유도 확인

- 막대자석을 솔레노이드에 넣었다가 뺐다가 해보며 전압이 발생하는지 확인해 본다.

1) [참조] 대학물리학, 이기영 저, 한빛미디어

- 막대자석의 속도와 전극을 바꿔가며 관찰해 본다.

2) 전동기에서 유도되는 DC 전압/AC 전압 측정하기

- 자석을 정 방향으로 놓고 전압을 주면서 측정되는 ε 의 형태와 크기를 관찰한다.
- 전압을 변화 시키며, 자석 형태를 변화시키며 관찰해 본다.
- 직류와 교류 전압에 대해 모두 실험한다.

2 Results

2.1 실험 내용

실험 장치에는 자석의 모양이 3가지 있었다. 큰 직사각형 모양 자석, 그리고 이보다 작은 직사각형 모양 자석, 그리고 원형 모양의 자석이 있었다. 각 자석에 대하여 한 번씩, 그리고 자석마다 직류, 교류 한 번씩 실험하여 총 6번의 실험을 진행하였다.

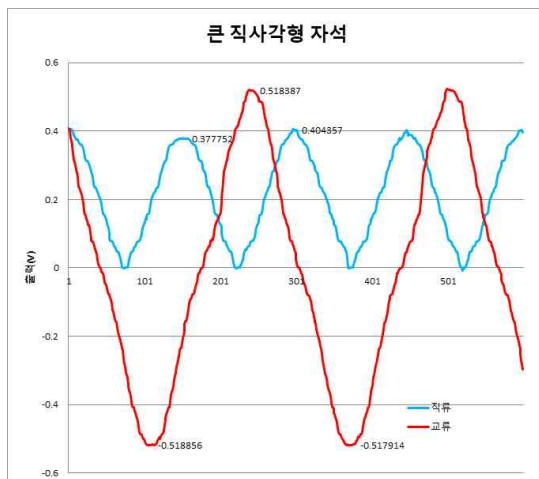
2.2 실험 결과

2.2.1 큰 직사각형 자석

x 축의 단위는 10ms이다.

직류: 전류는 1.92A, 전압은 7.6V이다.

교류: 전류는 2.01A, 전압은 8.5V이다.



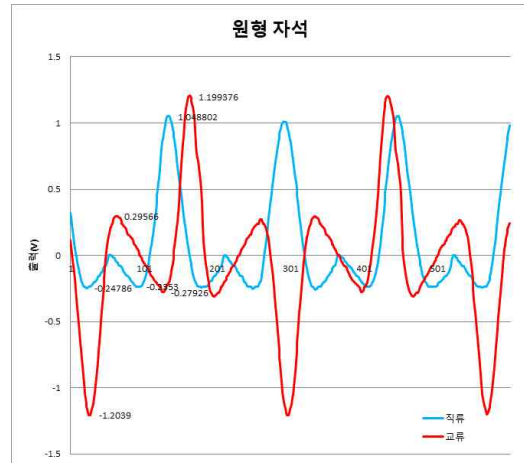
<그림1: 큰 직사각형 자석>

2.2.2 원형 자석

x 축의 단위는 10ms이다.

직류: 전류는 2.0A, 전압은 8.5V이다.

교류: 전류는 2.0A, 전압은 8.5V이다.



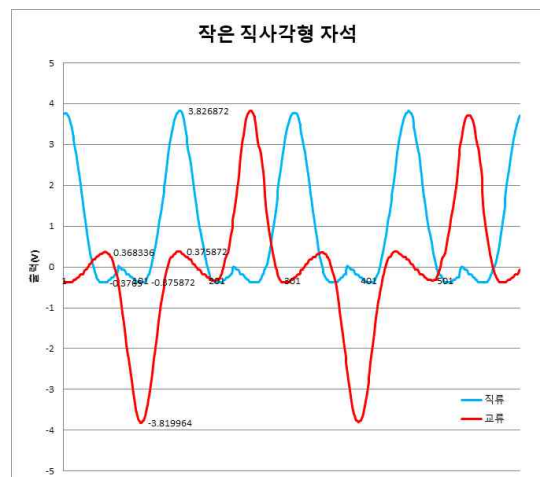
<그림2: 원형 자석>

2.2.3 작은 직사각형 자석

x 축 단위는 10ms,

직류: 전류는 2A, 전압은 8.5V이다.

교류: 전류는 2A, 전압은 8.5V이다.



<그림3: 작은 직사각형 자석>

3 Discussion

3.1 결과 분석

위의 6번의 실험으로부터 코일을 회전시켜 자속 변화가 일어나도록 하니 코일에 전압이

유도 되고, 전류가 흐름을 확인할 수 있었다. 그림1에서 그림6 모두 측정 결과들이 주기성을 띄고 있으며, 대칭적인 결과를 나타내고 있다.

직류에서 큰 직사각형 자석의 경우 (그림 1) 전압이 0보다 작게 나오지 않는 반면 같은 자석을 교류에서 했을 때 전압의 방향이 0보다 작은 값도 나타났다. 자세히 보면 직류 실험 결과의 반 주기를 x 축에 대하여 대칭시켜 주면 모두 교류에서의 실험 결과와 일치함을 볼 수 있다. 이처럼 유도 기전력의 방향이 변하기도 함을 관찰하였다.

3.2 오차 원인 분석

예상되는 오차원인으로는 다음이 있다.

3.2.1 기기상 한계

매뉴얼에 따르면 15W 정도의 전력을 사용하는 것을 권장하였다. 그런데 7~8V 이하에서는 실험 장치에서 도르래 끈을 돌릴 최소한의 힘이 부족하여 (도르래 끈과의 마찰력이 더 커) 더디게 돌아갔다. 한편 10V 이상에서는 전류 값이 작아서 의미 있는 변화를 보기가 어려웠다. 그래서 전압을 바꿔가며 실험을 할 때 유의미한 변화를 보기 어려웠다.

4 Conclusion

이 실험에서는 패러데이 실험 장치를 이용하여 패러데이의 실험을 재현해 보았다. 다양한 모양의 자석을 이용하여 자기장을 만들어 주고, 그 안에서 도선을 회전시켜 자속 변화를 만들어 주었다. 그 결과 유도 기전력이 발생하여 전류가 흐르게 되었고, 이로부터 패러데이 법칙을 확인할 수 있었다. 직류 전원과 교류 전원에 대해서도 다양한 자석을 활용하여 실험을 해 보았다. 실험 결과들은 모두 대칭성과 주기성을 띄고 있다는 점을 확인할 수 있었으며, 직류 전원과 교류 전원 실험 결과의 차이점은 유도 기전력의 방향에

있음을 확인하였다. 직류 전원의 한 주기에서 앞 반 주기는 그대로 두고 뒤 반 주기에서 생기는 유도 기전력의 방향을 반대 방향이라고 생각해 주면 교류와 형태가 일치함을 확인하였다.

전압의 값을 다양하게 변화시키며 실험을 하고 싶었으나 유의미한 결과를 얻어내지는 못했다.

* Reference

[1] 대학물리학, 이기영, 한빛미디어

[2] Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Serway/Jewett, Cengage Learning