

응집물질물리실험 결과보고서

실험주제 : Superconductivity, Hysteresis and Thermocouple

HuiJae-Lee^{1,*}

¹Physics Department, Inha University

(Dated: November 27, 2022)

이번 실험을 통해 자성체의 Hysteresis 곡선이 코일에 인가된 전압 진폭, 주파수, 전압 파형에 따라 어떤 영향을 받는지 파악할 수 있었으며 열전대 현상으로 인한 전압이 온도차에 따라 선형적으로 비례한다는 사실을 알 수 있었다.

I. PROCESS

1. Hysteresis of Transformer Core

1. 컴퓨터, 함수발생기, 코일 및 자성체, 연결선을 준비한다.
2. 컴퓨터를 키고 실험용 프로그램을 실행시킨다.
3. 함수발생기 및 각 키트를 연결선으로 연결하고 이를 다시 컴퓨터에 연결하여 연결 상태를 확인한다.
4. 함수발생기의 입력 파형, 주파수, 전압 진폭을 바꿔가며 히스테리시스 곡선의 형태를 측정하고 데이터를 저장한다.
5. 입력 파형(사인파, 삼각파, 사각파), 주파수(0.1 Hz, 0.2 Hz, 0.5 Hz), 전압 진폭(2V, 4V)을 바꿔가며 결과를 측정한다. 각 조건을 바꿀 때 마다 자성체의 방향을 변경하여 자화된 상태의 영향을 덜 받도록 한다.
6. 얻은 데이터를 통해 결과를 분석한다.

2. Calibrating of Thermocouple

1. 금속 도선, 온도계, 전압계, 핫플레이트, 얼음, 물, 비커를 준비한다.
2. 두 비커에 각각 물, 얼음을 채우고 온도계를 설치한다.
3. 물이 담긴 비커는 핫플레이트 위에 놓는다.
4. 금속 도선의 접합부를 두 비커 안에 두고 전압계에 연결한다.
5. 온도계의 눈금과 전압계의 전압을 기록한다.

II. RESULT

1. Hysteresis of Transformer Core

먼저 0.1Hz, 2V 조건에서 sine파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선은 다음과 같이 그려졌다.(FIG. 1)

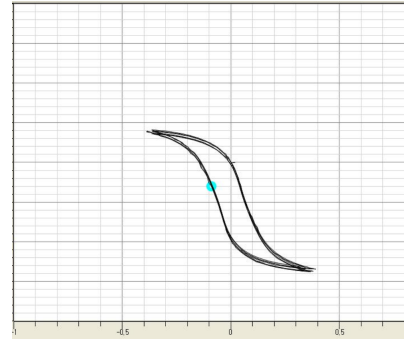


FIG. 1. 0.1Hz, 2V 조건에서 sine파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

전압 진폭에 따른 Hysteresis 곡선의 변화를 측정하기 위해 전압 진폭만 4V로 높인 후 곡선을 측정하였다.(FIG. 2)

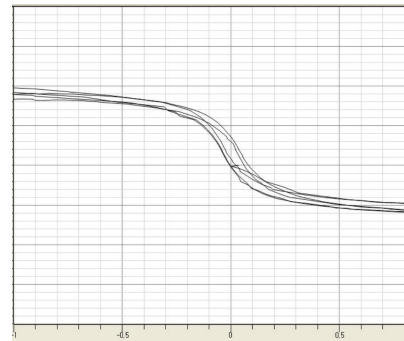


FIG. 2. 0.1Hz, 4V 조건에서 sine파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

* hjlee6674@inha.edu

교류전원의 주파수에 따른 Hysteresis 곡선의 변화를 측정하기 위해 2V, sine파형의 교류전원을 0.2Hz, 0.5Hz의 주파수로 코일에 인가하였다. (FIG. 3, FIG. 4)

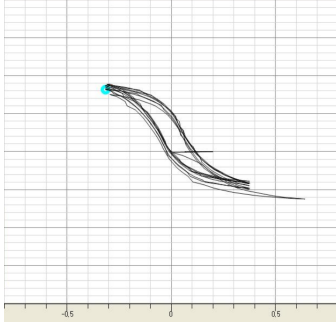


FIG. 3. 0.2Hz, 2V 조건에서 sine파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

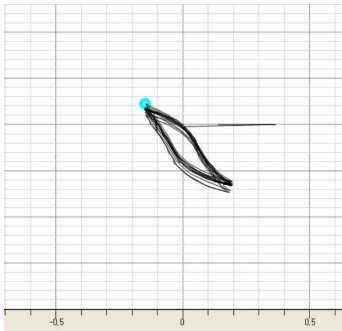


FIG. 4. 0.5Hz, 2V 조건에서 sine파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

교류전원의 파형에 따른 Hysteresis 곡선의 변화를 측정하기 위해 0.1Hz, 2V의 교류전원을 sawtooth, square파형으로 코일에 인가하였다. (FIG. 5, FIG. 6)

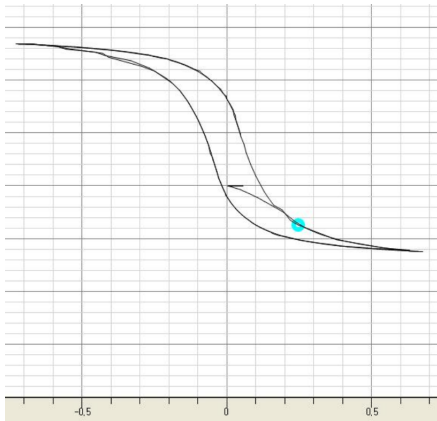


FIG. 5. 0.1Hz, 2V 조건에서 sawtooth파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

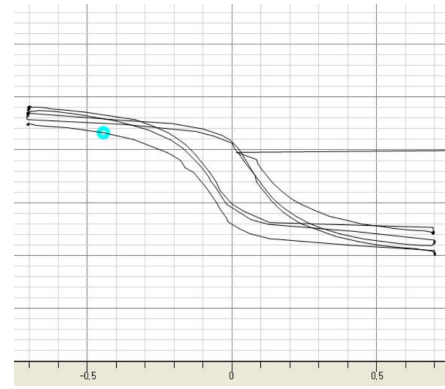


FIG. 6. 0.1Hz, 2V 조건에서 square파형의 교류전원에 대한 Hysteresis 곡선

2. Calibrating of Thermocouple

금속도선의 열전대 현상으로 인한 전위차 측정실험은 액체질소가 준비되어 있지 않았던 관계로 차가운 쪽에 상온의 물이 담긴 비커를 두어 실험을 진행하였다.

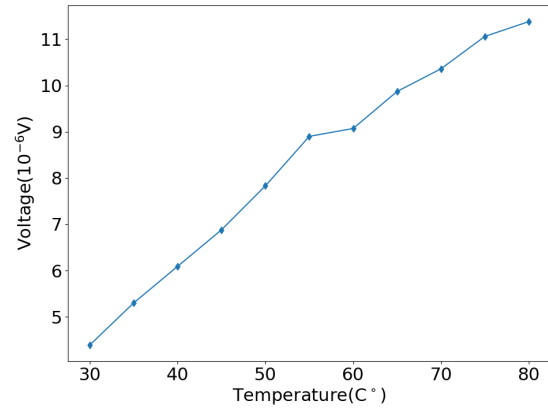


FIG. 7. 금속도선의 온도에 따른 전압의 변화

III. ANALYSIS

1. Hysteresis of Transformer Core

1. 전압 진폭에 따른 코일의 자화 상태를 Hysteresis 곡선의 비교를 통해 알아보기 위하여 FIG. 1와 FIG. 2를 비교해보면 전압 진폭을 증가시켰을 때 곡선이 좌우로 길게 늘어지는 것을 확인할 수 있다. 또한 세로축으로의 최댓값과 최솟값의 차이가 1.8 V로 유사하였다. 하지만 전압 진폭이 4V일 때의 곡선이 2V일 때의 곡선보다 위로 평행이동한 모습을 보였다. 이는 코일의 초기 조건에 의한 영향으로 보인다.
2. 주파수에 따른 코일의 자화 상태를 Hysteresis 곡선

의 비교를 통해 알아보기 위하여 FIG. 1와 FIG. 3, FIG. 4를 비교해보면 주파수가 커질 수록 닫힌 곡선의 크기가 줄어든다는 사실을 확인할 수 있다. 이는 주파수가 커지면 코일에 흐르는 전류의 방향이 빠르게 변해 코일의 자성체가 최대로 자화되는 정도가 줄어들기 때문이다.

3. 주파수에 따른 코일의 자화 상태를 Hysteresis 곡선의 비교를 통해 알아보기 위하여 FIG. 1와 FIG. 5, FIG. 6를 비교해보면 곡선이 좌우로 비교적 길어지며 곡선의 끝 부분에서 더 뾰족해진다는 사실을 확인할 수 있다. 이는 파형이 sawtooth와 square일 때 포화상태에 근접한 순간 sine보다 전압이 더 빠르게 변하기 때문이다. 또한 파형이 square일 때 곡선의 끝 부분이 진하게 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 자성체의 상태가 일정 시간 유지되었다는 것을 의미하며 square 파형이 전압을 일정한 최댓값에서 일정 시간 유지시킨다는 사실과 부합한다.

2. Calibrating of Thermocouple

FIG. 7에서 확인할 수 있듯이 열전대에 의한 전위차는 온도 변화에 선형적으로 비례하며 온도 차가 커질 수록 전위차가 커진다는 사실을 알 수 있다. Seebeck coefficient

를 구하기 위해 다음의 공식을 이용하자.

$$V = \alpha(T_1 - T_2). \quad (1)$$

이 경우 낮은 온도 T_2 는 16 °C 이므로 각 온도차와 전압에 따른 α 의 평균값은 2.28×10^{-7} V/K임을 구할 수 있다. 따라서 실험을 통해 구한 금속 도선의 Seebeck coefficient는 2.28×10^{-7} V/K이다.

IV. CONCLUSION

1. Hysteresis 곡선이 각 요소로 부터 받는 영향을 고려해보았을 때, 포화 상태는 전압 진폭과 주파수가 충분히 클 때 도달한다. 다만 전압 진폭이나 주파수가 아무리 크더라도 자성체가 최대로 포화하는 지점이 존재한다. 또한 square 파형의 경우로부터, Hysteresis 곡선의 끝 부분이 자성체의 포화 상태를 의미함을 알 수 있다.
2. 열전대 현상으로 발생하는 금속 도선의 전위차는 금속 도선의 온도차에 비례한다는 사실을 알 수 있다.