

휘스톤브릿지

-실험 보고서-

물리학실험 2 (030)

담당 조교: 송정근 조교님

서울대학교 컴퓨터공학부

2017-18570 이성찬

2017년 11월 9일

Abstract

이 실험에서는 Ready-Set Wheatstone Bridge 실험 장치를 이용하여 미지의 저항들에 대해 그 저항 값들을 계산해 본다. 습동 저항선의 길이의 비와 저항 값을 정확히 알고 있는 기준 저항을 이용해서 R_x 를 구해내고, 실제 저항에 표시된 색 띠로 계산한 실제 저항 값과 비교해 보며 Wheatstone Bridge의 구조와 원리를 이해해 본다.

1 Introduction

1.1 실험목적

Wheatstone Bridge라는 회로 구조와 저항의 정의를 이용하여 미지의 저항 값을 구해본다. 이 과정에서 Wheatstone Bridge의 원리와 구조를 알아본다.

1.2 배경 이론¹⁾

1.2.1 Resistance

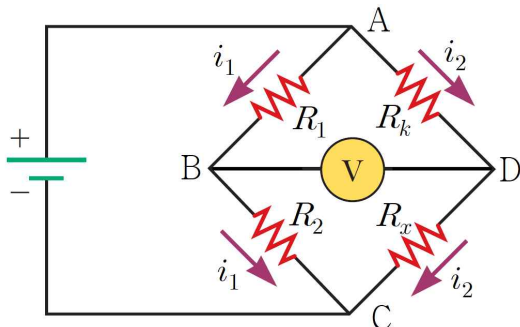
도체에서 도체 양단의 전위차가 ΔV 이고 도체에 흐르는 전류가 i 일 때, 도체의 저항 R 은 다음과 같이 정의한다.

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (1)$$

저항의 SI단위는 V/A 이며 이를 1Ω 으로 정의한다.

1.2.2 Wheatstone Bridge

휘스톤브릿지는 아래와 같은 회로를 말한다.



<그림1: 휘스톤브릿지>

저항 R_1 , R_2 , R_k , R_x 를 위와 같이 연결하고 지점 B와 D사이에 검류계 V를 연결하

여 전위차를 알 수 있게 한 장치이다.

R_x 는 측정하고자 하는 저항이고, R_k 는 저항 값을 정확히 알고 있는 저항이다. 위 회로에서 R_1 , R_2 의 값을 적절하게 조절하면 BD사이의 전위차가 0이 된다. 그 때, ABC로는 i_1 의 전류가 흐르고, ADV로 i_2 의 전류가 흐르게 된다.

저항의 정의를 활용하여 각 지점들 간의 전위차를 고려해 주면,

$$V_{AB} = i_1 R_1, \quad V_{BC} = i_1 R_2$$

$$V_{AD} = i_2 R_k, \quad V_{DC} = i_2 R_x$$

이고, $V_{BD} = 0$ 이므로,

$$V_{AB} = V_{AD}, \quad V_{BC} = V_{CD}$$

이어야 한다. 따라서

$$i_1 R_1 = i_2 R_k, \quad i_1 R_2 = i_2 R_x$$

$$\therefore \frac{i_1}{i_2} = \frac{R_k}{R_1} = \frac{R_x}{R_2}$$

위 결과로부터

$$R_x = R_k \cdot \frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

이므로 미지의 저항 값 R_x 는 R_2/R_1 으로부터 구해낼 수 있게 된다.

1.2.3 Ready-Set Wheatstone Bridge

저항 R_1 , R_2 가 직경 φ 비저항 ρ 인 균일한 저항선으로 감겨진 직경 D 를 가지는 솔레노이드형 습동저항선이라고 하자. 각 저항 R_1 , R_2 의 길이를 ℓ_1 , ℓ_2 라 하면,

$$R_1 = \rho \frac{\ell_1}{A}, \quad R_2 = \rho \frac{\ell_2}{A} \quad (A: \text{저항 단면적})$$

로부터 R_2/R_1 의 값이 ℓ_2/ℓ_1 이므로,

$$R_x = R_k \cdot \frac{\ell_2}{\ell_1} \quad (3)$$

1) [참조] 대학물리학, 이기영 저, 한빛미디어

를 이용하면 미지의 저항 값 R_x 를 구해낼 수 있게 된다.

1.3 실험 과정

1.3.1 준비물

Ready-Set Wheatstone Bridge 실험장치, 직류 5V, 저항 값을 정확히 알고있는 기저 저항 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 50kΩ, 100kΩ, 디지털 검류계 1μA, 0.2mA 저항선과 버니어 캘리퍼스, 멀티미터 1개가 준비되어 있다.

1.3.2 실험 방법

우선 실험 기구를 준비하고 전원을 켜며 전압을 5V로 고정해둔다. R_x 다이얼을 돌려서 저항을 선택하고 검류계를 켜본다. 그 다음, 습동저항선의 단자 위치를 중심에 두고 R_k 다이얼을 돌려가며 경보음이 울리지 않는 R_k 저항을 선택한다. 경보음이 울리는 경우는 지나치게 큰 전류가 흐를 때 이다. 이렇게 단자위치를 조절하여 검류계의 전류가 0이 되게 하면, 저항의 길이의 비를 측정하여 기록하고 R_x 를 계산하고 기록한다. 이 과정을 12개의 미지의 저항 값들에 대해 수행한다. 계산 후 저항 값이 맞는지 저항에 표시된 색깔 띠로 확인해 본다.

2 Results

2.1 실험 결과

12개의 저항들에 대하여 다이얼을 돌려가며 저항들의 저항 값들을 측정해 보았다.

2.2 결과 수치

저항에 표시되어 있는 색 띠와도 비교하여 실제 저항 값을 구해보고 오차율을 구했다.

각 저항들은 마지막 띠가 금색으로, 실제 저항 값들은 색 띠로 계산한 값과 ±1%의 오차를 가질 수 있다.

저항	실험값(Ω)	실제값(Ω)	오차율(%)
#1	1484.47	1500	-1.04
#2	457.73	470	2.61
#3	3000.00	3000	0
#4	8661.84	8200	5.63
#5	2703.70	2700	0.14
#6	12006.80	12000	0.06
#7	556.42	560	-0.64
#8	801.80	820	-2.22
#9	4652.51	4700	-1.01
#10	17932.96	18000	-0.37
#11	5491.87	5600	-1.93
#12	2127.58	2200	-3.29

<표1: 실험 결과>

3 Discussion

3.1 결과 분석

식 (3)을 활용하여 기저 저항 R_k 의 값을 정확히 알고 있다는 가정 하에 미지의 저항 값 R_x 를 구해낼 수 있었다.

$$R_x = R_k \cdot \frac{\ell_2}{\ell_1}$$

실험을 통해 계산한 저항 값과 색 띠로 계산한 저항 값들의 차이(오차율)가 작아 유의미한 결과를 얻었다.

3.2 오차 원인 분석

예상되는 오차원인으로는 다음이 있다.

3.2.1 R_x , R_k 저항의 오차

저항 자체에도 오차가 존재하기 때문에 R_x 의 값을 계산할 때 실험 장치에 표기되어 있는 값을 그대로 사용했으나 그 값이 정확한 값은 아니다. 또 오차율을 구할 때 사용했던 저항의 색 띠 계산 값 또한 오차가 존재한다.

3.2.2 실험 장치 오차

검류계의 전류가 0이 되도록 습동저항선의 단자를 잘 조절해야 하는데 어떤 저항들에서는 0A가 되는 지점을 찾기가 어려웠다. 또 습동저항선의 정확히 중간 지점에서 저항

선의 한 쪽 끝까지의 전위차를 측정했을 때
걸어준 전압이 2.5V가 정확하게 나오지
않았다.

4 Conclusion

이 실험에서는 휘스톤브릿지를 활용하여
12개의 미지의 저항들에 대해 미지의 저항
값들을 구해 보았다. 실험을 통해 계산한 값
들과 실제로 저항에 표시된 색 띠의 값을 비
교하여 실험이 잘 되었는지 확인해 보았다.

이 과정에서 휘스톤브릿지의 구조를 알아
보고, 또 저항의 정의에 대해 알아보았다.

* Reference

[1] 대학물리학, 이기영, 한빛미디어

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