

## 실험 결과 보고서

### 3-3 옴의 법칙과 휘스톤 브리지

학과 정보통신공학 학년 1 학번 2201856 이름 강다영 실험조 C  
 제출일 20.10.15 담당교수 강경현 담당조교 최상혁

## [I] 옴(Ohm)의 법칙

### 1. 측정치 및 계산

#### (1) 단일 저항값 측정

	$R_1$		$R_2$		$R_3$	
	V	I	V	I	V	I
1	2.0 V	8.24 mA	2.0 V	5.28 mA	2.0 V	2.53 mA
2	4.0 V	15.90 mA	4.0 V	10.32 mA	4.0 V	4.91 mA
3	6.0 V	23.57 mA	6.0 V	15.126 mA	6.0 V	7.36 mA
4	8.0 V	31.51 mA	8.0 V	20.55 mA	8.0 V	9.80 mA
저항 (기울기로 부터)	$R_1 \pm \Delta R_1 = 250.17 \quad (\Omega)$		$R_2 \pm \Delta R_2 = 0.387 \quad (k\Omega)$		$R_3 \pm \Delta R_3 = 0.316 \quad (k\Omega)$	

- 위 전압 및 전류 측정에서의 불확도는 각각 얼마나 되는가?  $\Delta V = \quad (V)$ ,  $\Delta I = \quad (A)$

또 저항 측정값의 불확도  $\Delta R$ 은 얼마나 되는가?  $\Delta R = \quad (k\Omega)$

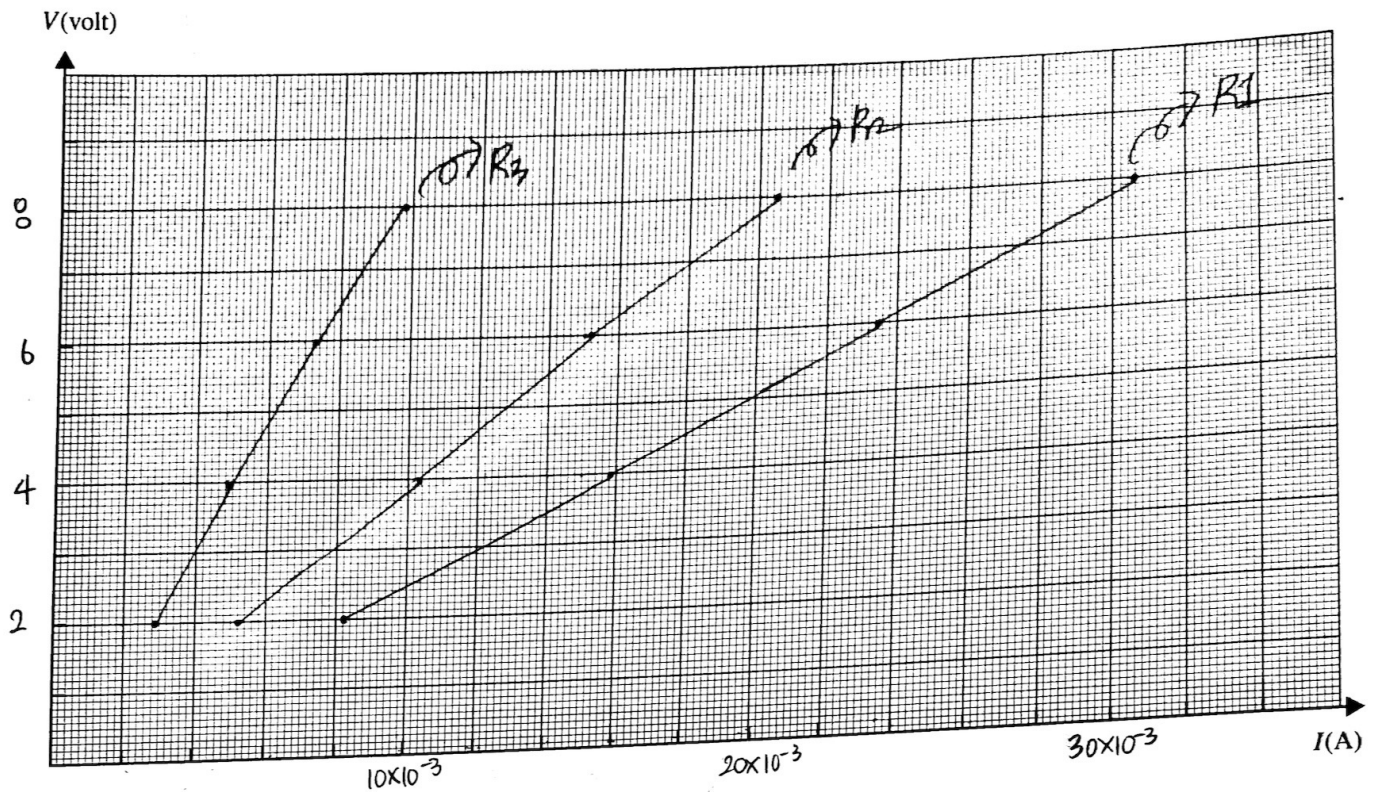
불확도란? 측정에 있어 불확실한 정도, 즉 측정값에 존재하는 오차 정도. 참값이 존재하는 값을 나타내는 추정값이다.

측정량을 합리적으로 추정할 수 있는 값들의 분포를 특성화한 것이다. 몇 사용하는 이유는 오차는 실제도 알 수 없음에도 불구하고 있다고 가정하는 모순이 생기고 참값의 존재 범위(신뢰구간)에 대한 추정으로써 불확도를 이용하는 것이다.

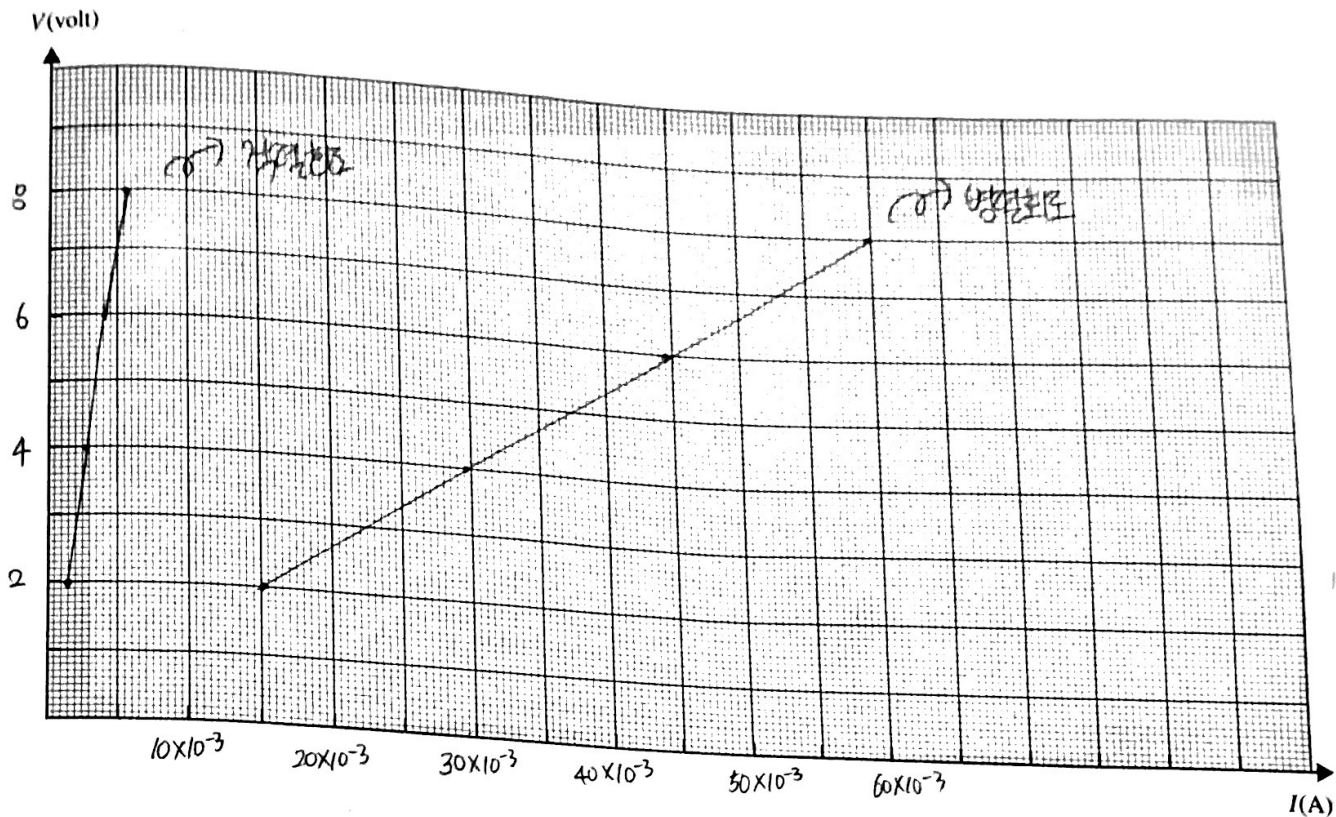
- 상기 그래프에서 기울기로 부터 저항은 어떻게 구할 수 있는가?

옴의 법칙에 의해 저항 R은 V와 I값에 무관하다. 따라서 동일한 저항 R에 대해  $R = \frac{V}{I}$ 를 이용해 각 경우마다 저항을 구할 수 있다. 따라서 V에 값에 해당하는 I의 값으로 나누면 R이 되어 기울기로부터 저항을 구할 수 있다. 해당 함수값들에 대해 최소제곱법을 통해서도 기울기를 구할 수 있다.

## (2) 직렬 및 병렬 연결된 저항들의 동가 저항값 측정



	직렬회로 $R_{eq}$		병렬회로 $R_{eq}$	
	V	I	V	I
1	2.0 V	1.40 mA	2.0 V	15.13 mA
2	4.0 V	2.78 mA	4.0 V	29.87 mA
3	6.0 V	4.13 mA	6.0 V	44.6 mA
4	8.0 V	5.56 mA	8.0 V	59.8 mA
저항 (기울기로 부터)	$R_{eq} \pm \Delta R_{eq} = 1.439 \Omega$ (k $\Omega$ )		$R_{eq} \pm \Delta R_{eq} = 0.1336$ (k $\Omega$ )	
식에 따라 계산된 저항	$R_{eq} = 1.4531 \text{ k}\Omega$		$R_{eq} = 0.1202 \text{ k}\Omega$	
차이	0.0139 k $\Omega$		0.0054 k $\Omega$	



- 위에서 그래프에서 기울기로부터 구한 저항 값과 식에 따라 계산된 저항 값 차이의 원인에 대해서 논의해 보시오. 각 저항  $R_1, R_2, R_3$ 에 대해  $V$ 는 항상 같아야 한다. 하지만 2V, 4V, 6V, 8V 각 경우마다  $V$  값이

달라지는 것으로 보아 오차 존재함을 알 수 있다. 이의 원인은 저항이 분배기인 것으로 보아 때문으로 볼 수 있다. 이 실험에서 저항의

오차는 5%이다. 따라서 이론상 두 값 사이의 오차가 발생한 것으로 볼 수 있다. 또 회로에 연결되어 있는 장치들에 약간의 저항이 존재해 저항의 측정값에 영향을 줄 수 있다.

## [II] Wheatstone 브리지

### 1. 측정치 및 계산

표준저항:  $R_s = 2000 \Omega$

	$R_1$ (k $\Omega$ )	$R_2$ (k $\Omega$ )	미지저항	미지저항 $R_x$ (실험을 통한 계산치)	미지저항 $R_x$ (멀티미터 측정치)	상대오차 (%)
1	2.667	2.620	$R_{x1}$	1.965 k $\Omega$	1.982 k $\Omega$	0.858
2	1.830	3.458	$R_{x2}$	3.179 k $\Omega$	3.86 k $\Omega$	2.098

※ 상대오차 =  $\frac{|R_x - R_{x0}|}{R_{x0}} \times 100\%$

## 2. 결과 및 논의

이번 실험은 직렬회로와 병렬회로를 구성하여 각 저항과 각 회로에 대해 옴의 법칙을 확인하는 실험. 휘스톤 브리지 회로를 통해 3개의 저항이 주어졌을 때 미지저항을 구하는 실험이었다. 먼저 옴의 법칙을 살펴보면 각 R값에 대한 V, I의 측정값을 보면 V가 증가함에 따라 I가 증가함을 알 수 있다. 이는 해당 저항들에 대해 옴의 법칙이 성립함을 의미한다.  $R_1, R_2, R_3$ 에 대해 같은 V값에 대해 I가  $R_3 > R_2 > R_1$  순으로 작은 것을 알 수 있는데 이는  $R = \frac{V}{I}$ 에 의해  $R_3$ 이 가장 크고,  $R_1$ 이 가장 작을 것이라고 추측할 수 있다. 또 각 직렬회로와 병렬회로에서 등저항  $R_{eq}$ 가 직렬에서 더 크고 병렬에서 더 작은 것을 알 수 있다. 또 병렬회로의  $R_{eq}$ 에 대해서는 각 저항  $R_1, R_2, R_3$ 보다 작은 값을 가진다는 것을 실험을 통해서도 확인할 수 있다. 그 다음 휘스톤 브리지 실험을 살펴보면  $R_1, R_2$ 를 잘 조합해 검류계에 흐르는 전류를 0으로 만들고 그때의  $R_1, R_2$ 의 값과 정해진  $R_3$ 를 통해  $R_x = R_3 \frac{R_2}{R_1}$ 를 계산하여 미지저항을 구했다. 이때 측정값을 보면  $R_2$ 가  $R_1$ 보다 훨씬 큰 경우일 때  $R_x$ 가 더 큰 것을 알 수 있다. 이는  $R_x$ 는  $\frac{R_2}{R_1}$ 에 비례하기 때문이다. 두 실험 모두 측정한 저항값과 이론으로 계산한 저항값 사이의 오차가 발생했다. 이는 온도 저항에 존재하는 오차(5%)에 영향을 받았거나, 실험장비에 내부저항이 존재하며 영향을 받은 것으로 볼 수 있다. 위 실험 보드의 두 번째 그라운드에서 직렬회로가 병렬보다 훨씬 가파른 것을 알 수 있는데, 이를 통해 같은 저항을 이용했을 때 항상 등저항은 병렬보다 직렬에서 큰 것을 확인할 수 있다.

## 3. 질문

- (1) Ohm의 법칙이 성립하지 않는 저항체의 경우에  $V = IR$ 의 관계식을 어떻게 해석하여야 하나?  
전류나 전압의 증감에 따라 저항이 변화하는 저항체들은 Ohm의 법칙이 성립하지 않는다. 이때는 저항을 전압과 전류에 따라 값이 변하는 함수 관계식을 표현 가능하다.  $R$ 을 V, I에 대한 함수인  $f(V, I)$ 로 나타내면  $V = IR = I \cdot f(V, I)$ 로 표현 가능하다. 주파수  $\omega$ 를 참작하여  $I = A e^{j\omega t}$ ,  $R = \frac{1}{\sigma}$ 를 이용하여  $V = IR$  관계식을 해석 가능하다.
- (2) 미시적인 Ohm의 법칙은 전기장  $E$ 와 전류밀도  $j$  사이에  $E = \rho j$ 의 관계가 있다. 이 관계로부터 길이가  $l$ 이고, 단면적이  $A$ 인 도선에서 저항  $R$ 과  $\rho$ 의 관계를 구하라.  
 $V = Ed$ 이다. 전류밀도  $j$ 는 단위면적당 흐르는 전류이다.  $j = \frac{I}{A}$ 로 전류밀도를 나타낼 수 있다.  
 $E = \rho j$ 로 나타낼 수 있고 이를  $V = Ed$ 에 대입하면  $V = \rho j d = \rho \cdot \frac{I}{A} \cdot d$ 가 된다.  $V = IR$ 이므로  $V = \rho \cdot \frac{I}{A} \cdot d = IR$ ,  $R = \rho \frac{d}{A}$ 로 나타낼 수 있다. 즉,  $R$ 은 도선의 길이에 비례, 단면적에 반비례하며,  $\rho$ 와  $R$ 은 비례관계에 있다.
- (3) 휘스톤브릿지 실험에서 만일 검류계의 눈금이  $5 \mu A$ 에 해당하는 전류가 흐른다면 B와 D 사이의 전위차는 얼마인가? 검류계의 눈금이 0이 아니라는 것은 B와 D 사이에 전위차가 존재하는 것으로 볼 수 있다. 이때 B와 D 사이의 전위차는  $V = IR$  식을 이용하여 구할 수 있다. 이때 I는 검류계의 눈금이라 하는 전류, 즉  $5 \mu A$ 이고  $R$ 은 검류계의 내부저항이다. 따라서 전위차는  $5 \mu A \cdot R$ 이 될 것이다.
- (4) 상기 (3)번의 결과로 미지 저항값을 결정하는데 미치는 영향은 몇 % 정도인가?  
전류가 0이 아니라 다른 값을 가지게 된다면 등전위가 형성되지 못한 것이므로 이에 따른 오차가 발생하게 된다. 앞에서 측정한 저항의 값은  $120 \Omega$ 이고,  $V = IR$ 을 이용하면  $5V, 1800 \sim 3500 \Omega$  회로에는 약  $0.0014 \sim 0.0028 A$  정도의 전류가 흐른다. 이는  $1400 \mu A \sim 2800 \mu A$ 이고  $5 \mu A$ 와 비교했을 때 아주 큰 전류에 해당하므로  $5 \mu A$ 의 전위차가 발생하더라도 미지 저항에 대한 영향은 매우 작을 것이다. 대략  $0.179\% \sim 0.351\%$  정도의 오차가 발생한다.