

직류회로 실험

1. 실험 목적

전기 회로의 기본 중의 하나인 키르히호프의 법칙과 휘트스톤 브릿지를 실험함으로써 이론적 지식을 확인한다.

2. 기초 이론

전기회로를 분석하려면 여러 가지 기본 법칙을 숙지한 후에 분석해야 한다. 이중에 키르히호프의 법칙은 매우 간단하면서도 효과적으로 회로를 분석하는데 도움을 준다. 또한 미지의 저항을 측정하는 방법으로 멀티미터를 이용한 직접적인 방법도 있으나 회로의 성질을 이용한 간접측정법인 휘트스톤 브릿지도 있다. 이 키르히호프의 법칙과 휘트스톤 브릿지를 이해하는 것은 전기부분의 이론을 이해하는데 매우 큰 도움이 된다.

2.1 키르히호프의 법칙



키르히호프는 독일의 물리학자로 쾨니히스베르크 출생이며 쾨니히스베르크 대학에서 F.E.노이만의 지도를 받으며 판자(板子)를 통하는 전기를 연구하였다. 졸업 후 베를린대학 강사, 1850년 브레슬라우대학 조교수, 1854년 R.분젠의 추천으로 하이델베르크대학 교수, 1875년 베를린 대학으로 옮겼다. 전자기학(電磁氣學) 분야에서 정상(定常) 전류에 대한 옴의 법칙을 3차원으로 확대하여 ‘키르히호프의 법칙’을 확립하였다.

키르히호프의 법칙은 전류에 관한 제1법칙과 전압에 관한 제2법칙이 있다.

(1) 제 1법칙: 전류의 법칙

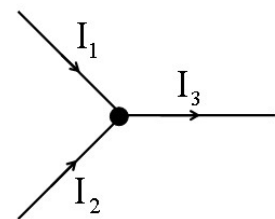
전류가 흐르는 길에서 들어오는 전류와 나가는 전류의 합이 같다.

$$\sum \text{유입전류} = \sum \text{유출전류}$$

(2) 제 2법칙: 전압의 법칙

단일 전류 고리에서의 기전력의 합은 전압 강하의 합과 같다.

$$\sum \text{기전력} = \sum \text{전압강하}$$



$$I_3 = I_1 + I_2$$

그림 1. 전류의 법칙

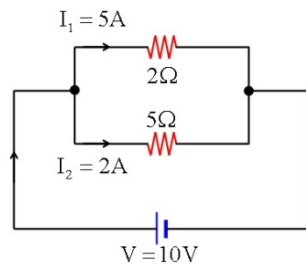


그림 2. 직렬회로의 전압 분배

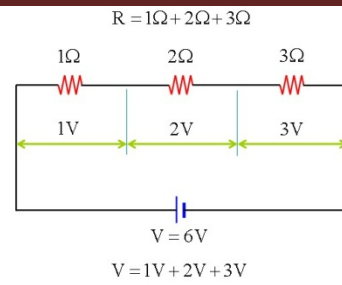


그림 3. 직렬회로의 전압 분배

2.2 휘트스톤 브릿지

브릿지회로는 다양한 형태로 존재하며 작은 양의 값을 정밀하게 측정하는데 사용된다. 브릿지회로에는 여러 가지가 있지만 여기에서는 가장 전형적인 브릿지인 휘트스톤 브릿지에 대해 설명한다.

휘트스톤 브릿지는 아래 왼쪽 그림과 같은 형태로 연결되며 저항값을 측정하는 브릿지 회로이다. 이 회로는 매우 정밀하게 미지의 저항값을 측정할 수 있는 도구이기도 하다.

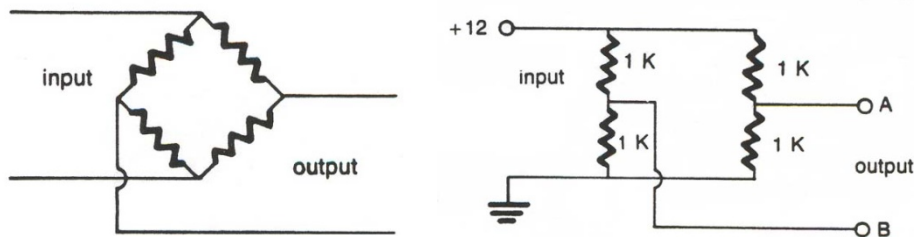
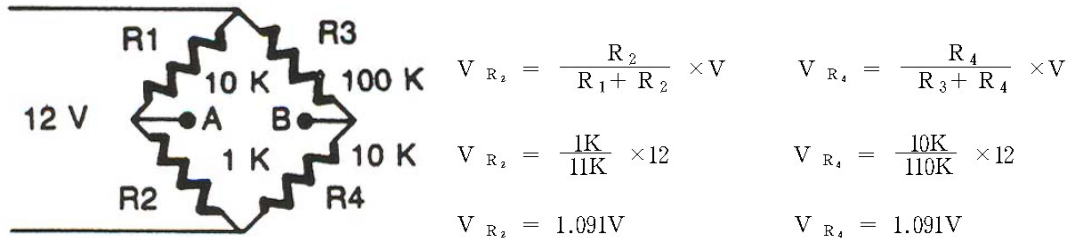


그림 4. 휘트스톤브릿지

위 오른쪽 회로를 보면 좀 더 정확하게 이해할 수 있다. 이것은 두 개의 Input과 두 개의 Output을 가지고 있다. Input은 두 개의 평행 가지를 가로지르고 있으며 Output은 각 평행 가지의 중심으로부터 나온다.

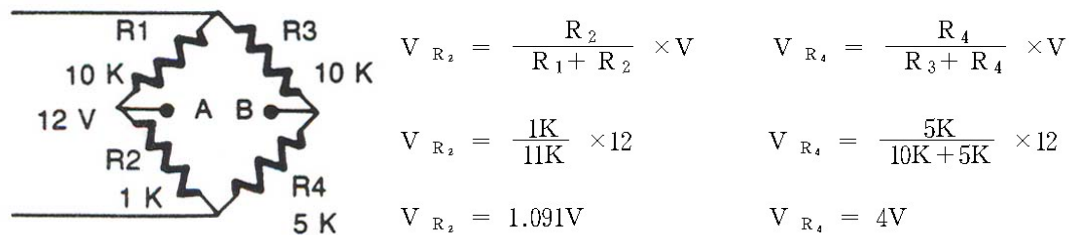
위의 회로에서와 같이 모든 저항들이 같은 값을 가지고 있다면 각 저항에 같은 전압이 가해지게 된다. 접지(Ground)로부터 A점에 6V가 걸리게 되고 또한 접지로부터 B점에 6V가 걸리게 된다. 그러므로 각 점은 같은 전압을 가지게 되며 이때의 전위차 V_{ab} 는 0이 된다. 여기에 전류계를 연결하면 전압이 존재하지 않으므로 당연히 전류가 흐르지 않게 된다. 이때 이 브릿지를 "balanced"되었다고 하고, 전류계는 0을 가리키게 되고 이때 "nulled"되었다고 말한다. 만약 어떤 저항값이라도 조금이라도 변한다면 전류계에 전류가 흐르게 된다.



위 그림의 회로는 언뜻 보기에는 명확하지 않지만 "balanced"된 회로이다. 저항 R_1 과 R_2 의 값은 각각 $10k\Omega$ 과 $1k\Omega$ 이고 비율은 10:1이다. 또한 저항 R_3 과 R_4 의 값은 각각 $100k\Omega$ 과 $10k\Omega$ 이고 비율은 10:1이다. 계산을 해보면 R_2 와 R_4 는 같은 전압을 가지고 있으며 A점과 B점은 같은 전압을 가지고 있으므로 이 브릿지는 "balanced"된 회로이다. 이쯤에서 중요한 것은 가지의 저항값이 아니라 비율인 것을 알 수 있다. 간단한 계산을 통해 $V_{AB} = 0$ 이 되는 조건은

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

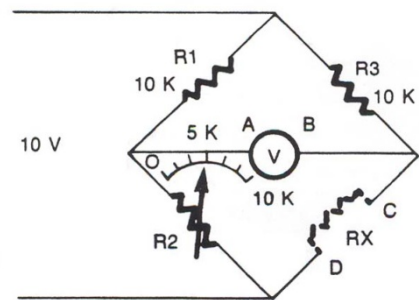
임을 알 수 있다.



위 그림의 회로는 "unbalanced"된 브릿지이고 A점과 B점의 전압을 계산을 통해 보여 준다. 전류계가 A점과 B점에 연결되어 있다면 전류가 흐를 것이다. "balanced"된 회로의 저항 중 하나의 매우 작은 변화가 브릿지를 "unbalanced"되게 할 수 있다. 즉, 저항값을 변경함에 따라 "unbalanced", "balanced"되기 때문에 정밀한 저항 측정을 위해 쓰이게 되는 것이다.

예를 들어 회로가 오른쪽과 같이 연결되어 있다면 이것은 정밀저항값 측정 브릿지이다. 저항 R_2 는 다이얼 (0에서 $10K\Omega$ 값을 가짐)을 가진 가변 저항이다. 만약 미지의 저항이 점 C와 점D사이에 연결되어 있다고 하자. 그 후에 R_2 의 다이얼을 돌려가면서 전압계가 0을 가리키는 지 확인한다. 만약 0이 가리키는 지점이 나타난다면 이때의 저항 R_2 와 R_x 는 같은 저항값을 가진다. 즉, R_2 에 나타난 저항값이 미지의 저항값 R_x 가 된다.

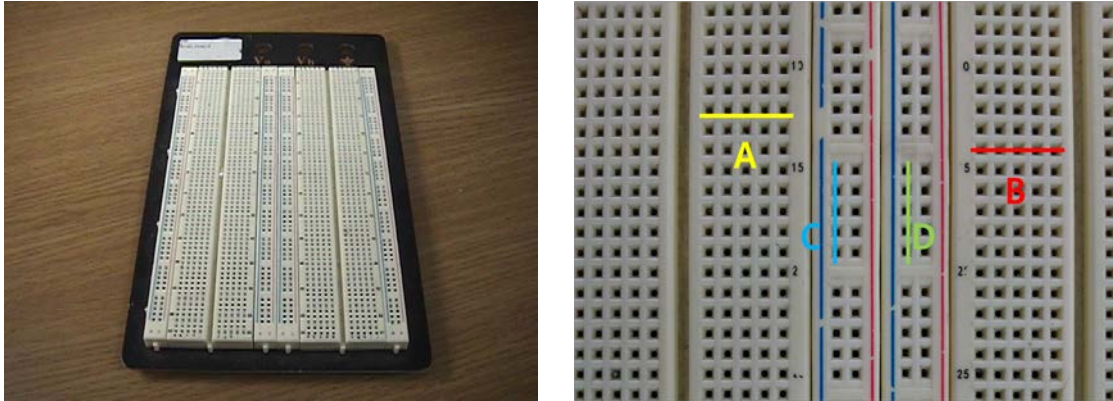
$$R_1 R_x = R_2 R_3$$



3. 실험 기구

(1) Bread Board(일명 빵판)

각종 소자를 자유롭게 연결할 수 있는 범용 보드(또는 만능 보드)이다.



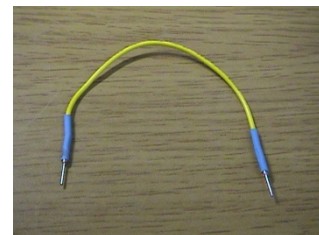
Bread Board에서의 연결 방법은 앞의 "[축전기의 연결](#)" 매뉴얼을 참조한다.

(2) 직류전원장치 - 회로에 전원을 공급하는(전압을 유지시켜주는) 장치. 전원장치에 전선을 연결하기 전에 반드시 **모든 다이얼을 0(zero)의 위치로 돌려야 한다.** 전류, 전압의 스위치를 0(zero)의 위치에 놓고 스위치를 켜 후 서서히 전압과 전류를 조정해야 한다.

전원을 연결할 곳은 + 부분과 - 부분이다.



(3) 배선용 점프 와이어 - 브레드보드에서 소자간에 선을 연결시켜 줄 때 사용



(4) 각종 저항



(5) 멀티미터



4. 실험 방법

4.1 키르히호프의 법칙

4.1.1 저항의 직렬 연결

(1) 실험에 앞서 [전류계 및 전압계 사용법](#)을 숙지한다. 전류계는 회로와 직렬로 연결하고 전압계는 소자와 병렬로 연결해야 한다.

(2) 실험에 사용할 저항의 저항값을 색코드를 사용하여 판별하고 멀티미터를 사용하여 실제값을 측정한 후 두 결과를 비교해 본다. 색코드 사용법은 위의 [전류계 및 전압계 사용법](#)에 있는 자료를 참조하거나 인터넷을 검색하여 활용한다.

(3) Bread board에 저항값을 아는 저항 3개를 아래 그림 5와 같이 직렬로 연결하고 전원장치로 전압을 인가한다. 각 저항에서의 전류와 전압을 측정하여 표 1에 정리한다. 직류전원장치를 사용하는 경우 전압을 과도하게 높이면 저항에서 열이 발생하여 손을 데일 위험이 있으므로 3V 이하로 설정하는 것이 좋다.

(4) 먼저 멀티미터를 직류전압 측정 모드로 선택한 후 멀티미터를 저항과 병렬로 연결되도록 프로브를 접촉하여 각 저항 양단의 전압을 측정하고 표 1에 기입한다.

(5) 이제 멀티미터를 전류 측정 모드로 설정한 후 각 저항을 흐르는 전류를 측정하여 표 1에 정리한다. 이 때, 멀티미터에서 빨간색 프로브는 높은 범위를 갖는 단자에 먼저 연결하여 측정을 시도한다. 값이 측정되지 않으면 낮은 범위의 단자에 연결하여 측정한다.

전류계는 회로에 직렬로 연결되어야 하므로 이미 구성된 회로에서 전류를 측정하고자 하는 위치를 개방시키고 개방된 회로의 두 점을 전류계로 연결하면 된다.

(6) 회로를 이론적으로 분석하여 등가저항, 회로의 각 저항을 흐르는 전류 및 저항 양단간의 전압을 결정하고 위에서 측정한 값과 비교한다.

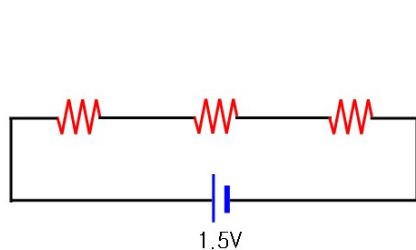


그림 5. 저항의 직렬 연결

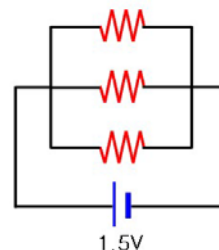


그림 6. 저항의 병렬 연결

4.1.2 저항의 병렬 연결

(1) 실험에 사용할 저항의 저항값을 색코드를 사용하여 판별하고 멀티미터를 사용하여 실제값을 측정한 후 두 결과를 비교해 본다. 색코드 사용법은 위의 [전류계 및 전압계 사용법](#)에 있는 자료를 참조하거나 인터넷을 검색하여 활용한다.

(2) Bread board에 저항값을 아는 저항 3개를 아래 그림 6과 같이 병렬로 연결하고 전원장치로 전압을 인가한다. 각 저항에서의 전류와 전압을 측정하여 표 2에 정리한다.

(3) 위의 직렬 연결의 경우와 같이 멀티미터를 사용하여 각 저항 양단의 전압과 저항을 통해 흐르는 전류를 측정하고 표 2에 기입한다.

(4) 회로를 이론적으로 분석하여 등가저항, 회로의 각 저항을 흐르는 전류 및 저항 양단간의 전압을 결정하고 위에서 측정한 값과 비교한다.

4.1.3 복잡한 직류 회로

(1) Bread board에 저항값을 아는 저항들을 아래 그림 7과 같이 연결하여 회로를 구성한다.

(2) 멀티미터를 직류전압 측정 모드로 선택한 후 멀티미터를 저항과 병렬로 연결되도록 프로브를 접촉하여 각 저항 양단의 전압 및 회로도에 표시된 각 지점 사이의 전압을 측정하고 표에 기입한다. 단일 저항에 대한 전압이 아닌 경우 회로도에 표시된 두 지점 사이의 전압을 측정한다.

(3) 이제 멀티미터를 전류 측정 모드로 설정한 후 각 저항을 흐르는 전류를 측정한다.

(4) 각 분기에서 키르히호프의 1법칙이 성립하는지 확인하고, 단일 가상 루프에서 키르히호프 2법칙이 성립하는지 확인한다.

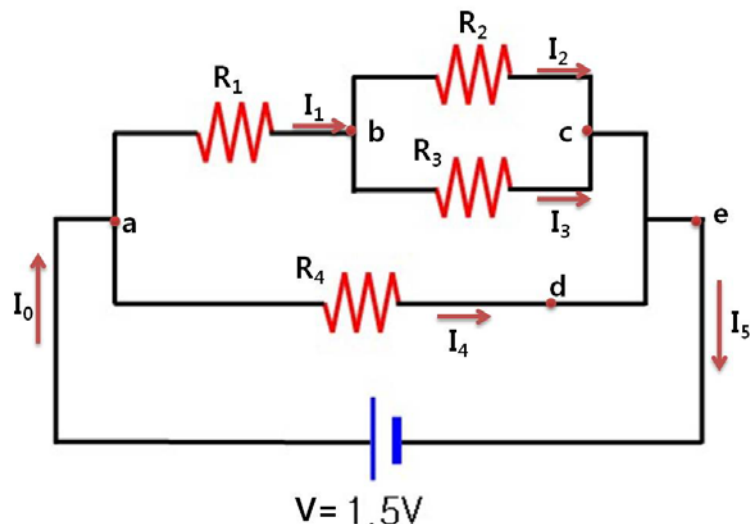


그림 7. 직렬-병렬 혼합 회로

4.2 휘트스톤 브릿지

(1) 아래 그림 8과 같이 두 개의 고정 저항과 하나의 가변 저항 및 저항값을 모르는 저항 하나를 그림과 같이 연결한다. 동영상을 보면서 따라 하면 쉽게 만들 수 있다. 전원 공급 장치의 +/-에 대한 극성은 무시해도 된다. 가변저항을 Bread board에 연결하는 방법은 아래 그림 9를 참조한다.

(2) 멀티미터를 직류전압 측정 모드로 설정하고 V_{AB} 를 측정하도록 연결한다.

(3) 가변저항의 다이얼을 이용하여 가변저항의 저항값을 변화시키면서 $V_{AB} = 0$ 인 상태를 찾는다.

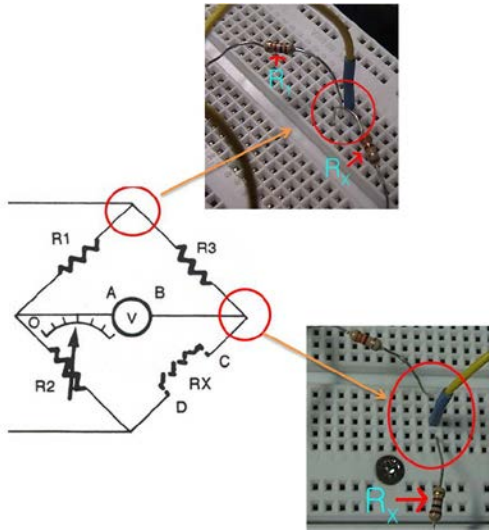


그림 8. 휘트스톤 브릿지 연결

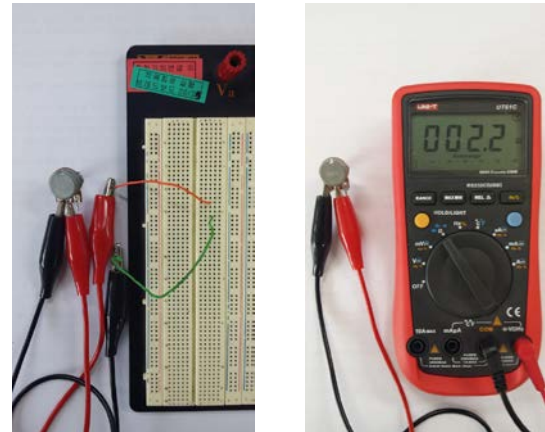


그림 9. 가변저항 연결 방법과 저항값 읽기

- (4) 이 때의 가변저항값을 멀티미터로 측정하여 기록하고 미지저항의 저항값을 계산한다.
 자세한 실험 방법 및 측정할 값은 동영상상을 참조한다. 저항을 변경하는데 있어서 가변저항의 범위를 확인하면서 실험해야 한다. 가변저항은 500Ω과 1000Ω이 준비되어 있으며 저항값은 genlab홈페이지 공지란을 참조하고 멀티미터로 측정한다.
- (5) 저항값을 변경한 것에 대한 회로도를 그림으로 그려서 공식과 함께 정리한다.

◆ 설명 동영상 : (동영상을 클릭하세요. 동영상이 재생되지 않으면 [여기](#)를 클릭하세요.)



5. 측정 결과

학과/분반		실험 일시	
실험 조		작성자	

5.1 키르히호프의 법칙

표 1. 저항의 직렬 연결

구분 \ 항목	측정값	읽은 값	상대오차
R_1			
R_2			
R_3			

V_{total} : 회로 전체의 전압(전원장치 전압)

I_{total} : 회로 전체의 전류(총 전류)

구분 \ 항목	측정값	이론값	상대오차
R_{eq}			
V_{total}			
V_1			
V_2			
V_3			
$I_1(=I_2=I_3)$			
I_{total}			

표 2. 저항의 병렬 연결

구분 \ 항목	측정값	읽은 값	상대오차
R_1			
R_2			
R_3			

V_{total} : 회로 전체의 전압(전원장치 전압)

I_{total} : 회로 전체의 전류(총 전류)

구분 \ 항목	측정값	이론값	상대오차
R_{eq}			
I_{total}			
I_1			
I_2			
I_3			
$V_1(=V_2=V_3)$			
V_{total}			

표 3. 복잡한 직류회로 (그림 7)

구분 \ 항목	측정값	읽은 값	상대오차
R ₁			
R ₂			
R ₃			
R ₄			

구분 \ 항목	측정값	이론값	상대오차	구분 \ 항목	측정값	이론값	상대오차
R _{ac}				I ₀			
R _{ae}				I ₁			
V ₁				I ₂			
V ₂				I ₃			
V ₃				I ₄			
V ₄				I ₅			
V _{ac}				V _{ae}			
V _{be}							

5.2 휘트스톤 브릿지(그림 8)

회수	R ₁	R ₃	R ₂	R _x ⁽¹⁾	R _{x(측정)} ⁽²⁾	상대오차
1						
2						
3						

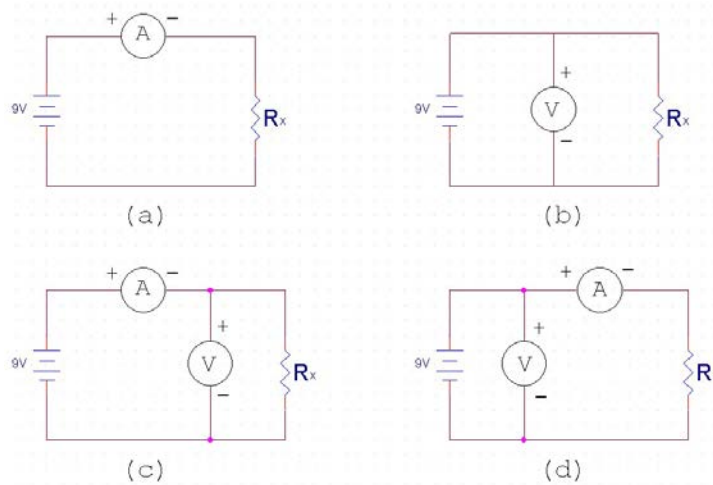
주 1) 휘트스톤 브릿지 관계식으로 구한 값

주 2) 멀티미터로 측정한 저항값

6. 결과 분석 및 오차 논의

※ 아래의 질문에 답하는 것이 보고서의 전부는 아닙니다. 여기에 있는 질문은 단지 보고서를 작성할 때 도움을 주기 위한 것입니다.

1. 아래 네 가지 회로도에서 전류계와 전압계의 눈금은 어떤 차이를 보일 것인가? 차이가 나타난다면 그 이유는 무엇인가?



2. 키르히호프의 1 법칙과 2 법칙을 다르게 표현한다면 무엇에 관한 법칙인가?

7. 결론