

# REPORT

## IEEE Code of Ethics

(출처: <http://www.ieee.org>)

We, the members of the IEEE, in recognition of the importance of our technologies in affecting the quality of life throughout the world, and in accepting a personal obligation to our profession, its members and the communities we serve, do hereby commit ourselves to the highest ethical and professional conduct and agree:

1. to accept responsibility in making decisions consistent with the safety, health and welfare of the public, and to disclose promptly factors that might endanger the public or the environment;
2. to avoid real or perceived conflicts of interest whenever possible, and to disclose them to affected parties when they do exist;
3. to be honest and realistic in stating claims or estimates based on available data;
4. to reject bribery in all its forms;
5. to improve the understanding of technology, its appropriate application, and potential consequences;
6. to maintain and improve our technical competence and to undertake technological tasks for others only if qualified by training or experience, or after full disclosure of pertinent limitations;
7. to seek, accept, and offer honest criticism of technical work, to acknowledge and correct errors, and to credit properly the contributions of others;
8. to treat fairly all persons regardless of such factors as race, religion, gender, disability, age, or national origin;
9. to avoid injuring others, their property, reputation, or employment by false or malicious action;
10. to assist colleagues and co-workers in their professional development and to support them in following this code of ethics.

위 IEEE 윤리헌장 정신에 입각하여 report를 작성하였음을 서약합니다.

<실험3, 4, 5. 결과 보고서>

학 부: 전자공학과

제출일: 2020. 03. 22

과목명: 기초전기실험

교수명: 구형일 교수님

분 반: 7

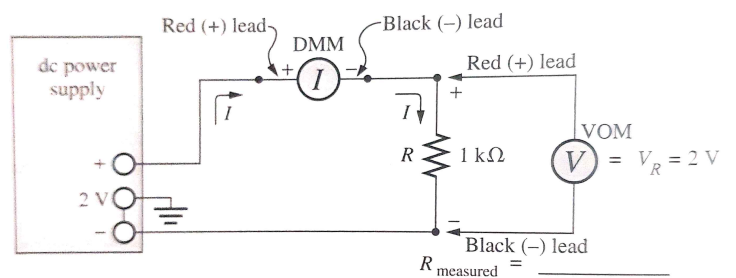
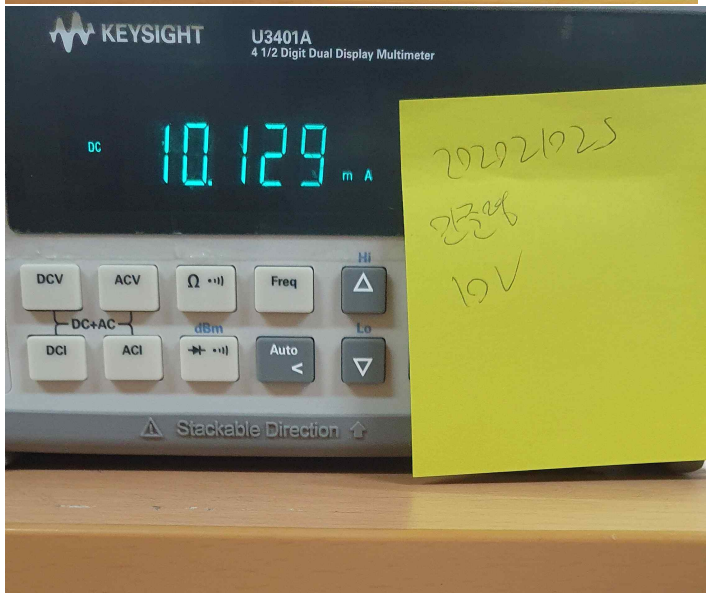
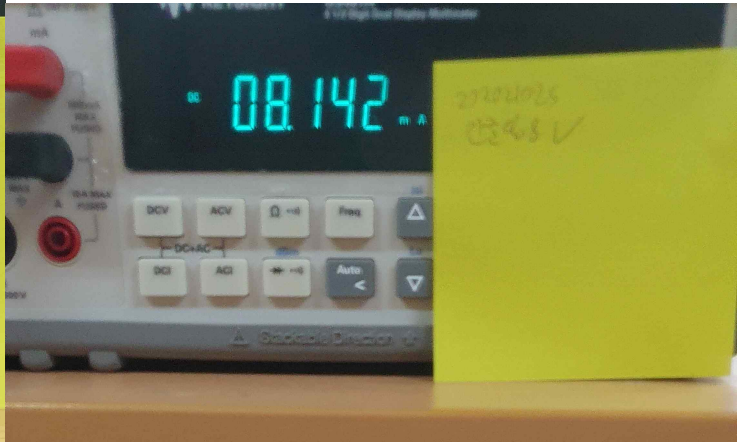
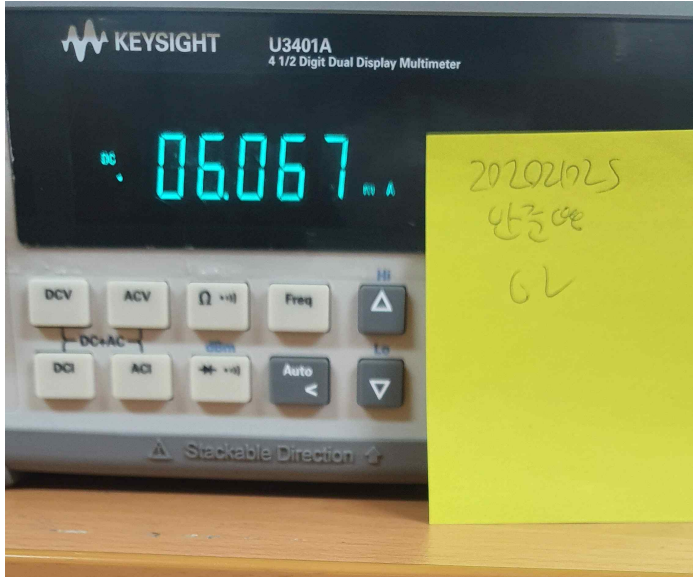
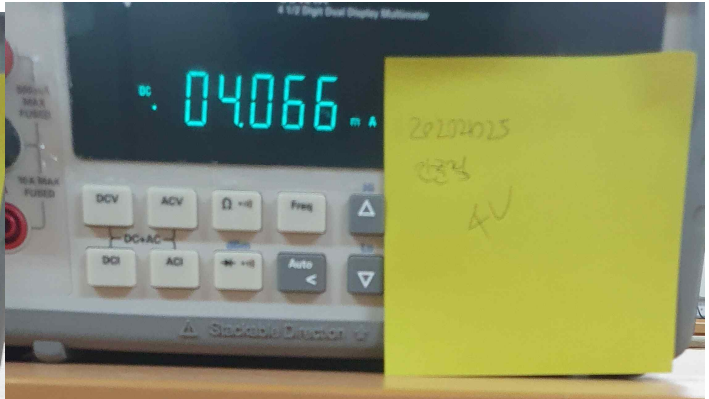
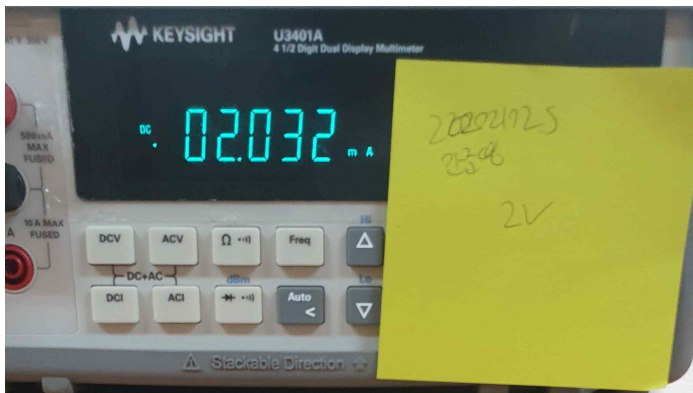
학 번: 201520182, 202021025

성 명: 김성일, 안준영

## Ch. 3 Ohm's Law

### 1. 실험사진

#### - Part 2

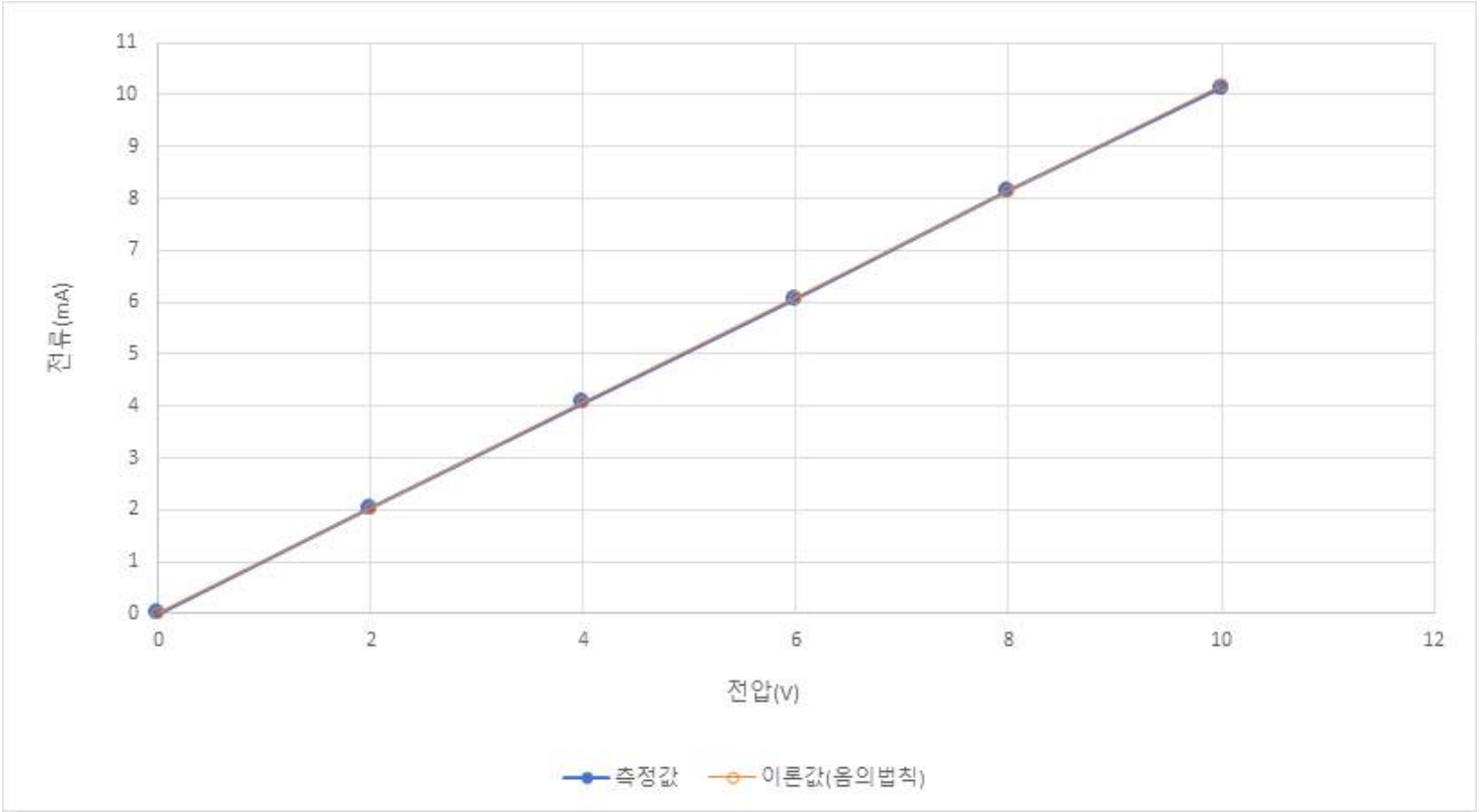


2. 결과 분석

$R = 1k\Omega, \quad R_{measured} = 0.983k\Omega$

$V_R(VOM)$	$I_R(DMM)$ mA	$I_R = V_R / R_{meas.}$ mA	% Difference
0 V	0 mA	0 mA	0%
2 V	2.032 mA	2.035 mA	0.148%
4 V	4.066 mA	4.069 mA	0.074%
6 V	6.067 mA	6.104 mA	0.610%
8 V	8.142 mA	8.138 mA	0.049%
10 V	10.129 mA	10.173 mA	0.434%

1 kΩ 저항을 측정한 저항값은 0.983 kΩ이었다.  $V_R$ 이 2V부터 10V까지 2V 간격으로 증가함에 따라 측정한 전류는, 전압을 오름차순 기준으로 2.032 mA, 4.066 mA, 6.067 mA, 8.142 mA, 10.129 mA이다. 측정 저항값과 옴의법칙으로 계산한  $I_R$ 은 표와 같이 순서대로 2.035mA, 4.069 mA, 6.104 mA, 8.138 mA, 10.173 mA이다. 이를 V-I 그래프를 통하여 나타내면 아래와 같다.



이 그래프에서 x축은 전압, y축은 전류이다. 따라서 기울기는  $\frac{I}{V} = R$ 이다. 여기서의 R은 측정값 기준으로는 0.983kΩ이고 이론값 기준으로는 1 kΩ이다. 그래프가 직선 형태로 나왔으므로 기울기가 거의 일정하다는 것을 의미하고 이는 곧 옴의 법칙, 즉  $I = \frac{V}{R}$ 을 만족하도록 전류값이 측정되었다는 것을 알 수 있다. 옴의 법칙을 이용하여 계산한 이론값과 측정값의 그래프가 거의 일치하는 것 또한 옴의 법칙을 만족하였다는 것을 뒷받침한다.

$\% Difference = \left| \frac{I_R(DMM) - I_R(Ohm's law)}{I_R(DMM)} \right| \times 100\%$ 로 상대오차를 계산하면 순서대로 0.148%, 0.074%, 0.610%, 0.049%, 0.434%이다. 이론값은 옴의 법칙을 이용하여 계산한 것인데, 측정값과의 상대오차가 0V~10V 모두 0에 매우 가깝다. 따라서 옴의 법칙이 성립한다는 것을 알 수 있다.

### 3. 이론과 결과 사이의 오차 비교 및 분석

앞서 [2. 결과분석]에서 % *Difference*(상대오차)를 계산한 것을 보면, 6V일 때 0.610%로 가장 큰 상대오차를, 8V일 때 0.049%로 가장 작은 상대오차가 발생하였다. 모든 상대오차 값이 0에 가까워서 정확도가 높은 실험이었다고 생각한다. 아주 작은 오차의 원인은 저항소자 및 도선과 브레드보드와의 접촉 불량 혹은 DMM의 내부저항, 도선 저항에 의한 것으로 보인다. 또한, 저항소자를 브레드보드에 연결할 때, 저항끼리 가깝게 연결하기보다는 추가 도선을 연결하여 저항끼리 거리를 두는 것이 좋다는 것을 후에 들어서 그 영향도 있다고 생각한다.

하지만 발생한 오차값들이 모두 매우 작으므로, 옴의 법칙이 성립하는 것을 실험으로 확인할 수 있었다.

### 4. 고찰

Ch. 3의 Part 2 실험은, 같은  $1k\Omega$  저항소자를 이용하여 전압값을 늘려가며 전류를 측정하고, 측정값을 옴의 법칙으로 계산한 값과 비교하여 옴의 법칙이 성립하는 것을 확인하는 실험이었다. 실험결과, 측정값과 이론값의 상대오차 값들이 매우 작아서, 옴의 법칙이 성립한다는 것을 실험으로 확인하였다. 실험에 미숙하여 브레드보드 사진을 찍지 못하였다. 주의하고 다음부터 참여하는 실험에서는 회로를 찍는다. 다음 실험부터는 저항소자끼리 거리를 두어야 한다.

### 5. 연습문제

### 6. 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 36-37p



## Ch. 4 Series Resistance

### - Part 2

#### 1. 실험사진

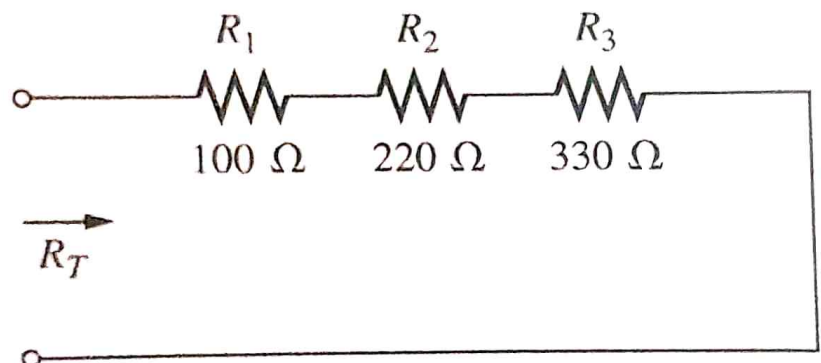
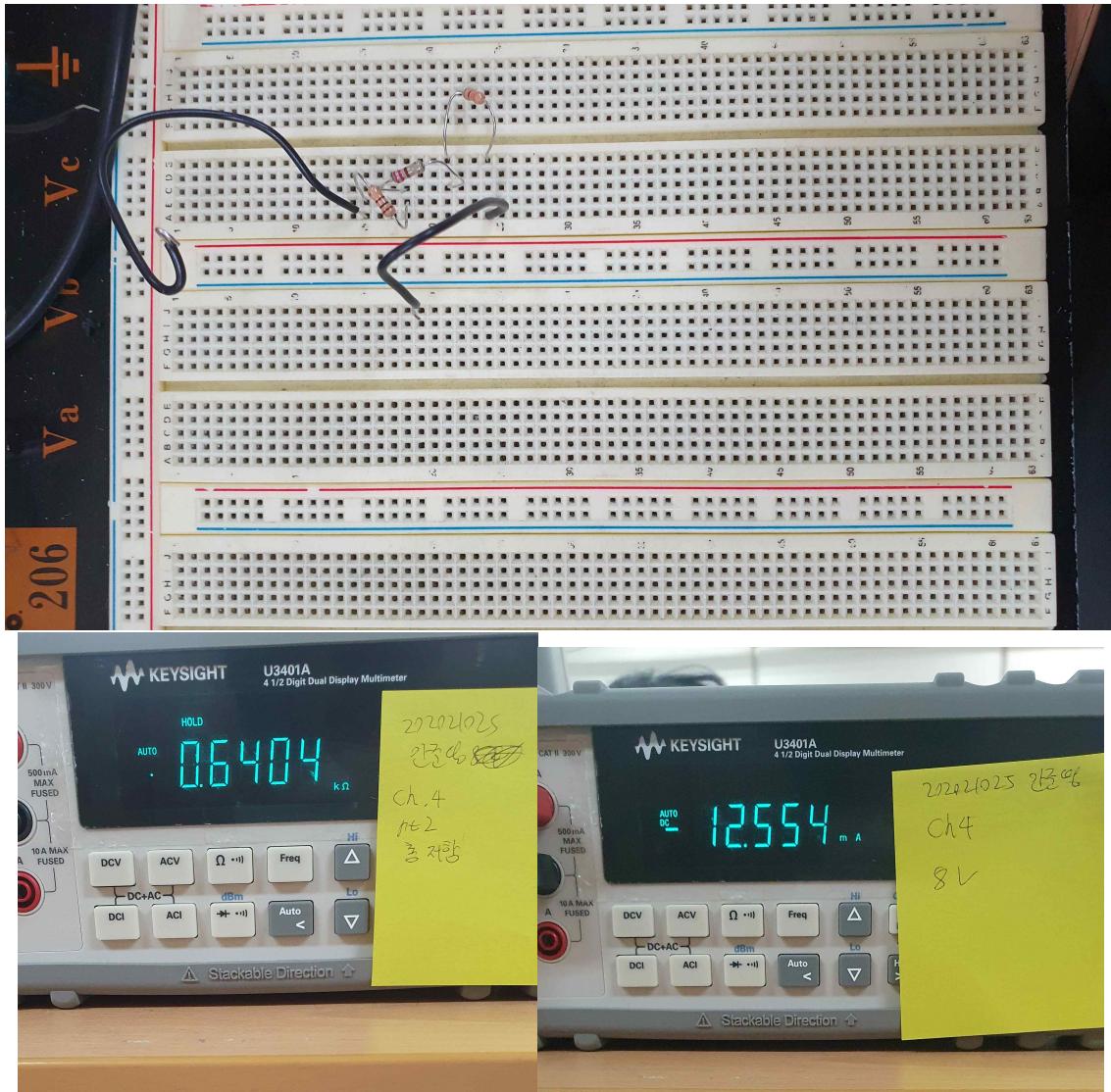


FIG. 4.5

2. 결과분석

$R_{1\text{ measured}} = 98.05\Omega$  ,  $R_{2\text{ measured}} = 216.7\Omega$  ,  $R_{3\text{ measured}} = 325\Omega$

$R_T\text{ calculated}$	$R_T\text{ (ohmmeter)}$	% Difference	$I(\text{measured})$	$R_T\text{ (Ohm's law)}$	% Difference
639.75 $\Omega$	640.4 $\Omega$	0.102%	12.554 mA	637 $\Omega$	0.534%

3개의 저항(100 $\Omega$ , 220 $\Omega$ , 330 $\Omega$ )을 직렬로 연결하여 총 저항을 DMM으로 측정하였다. 측정값은 640.4 $\Omega$ 이다. 측정 저항 값들로 계산한  $R_T\text{ calculated}$ 는  $98.05 + 216.7 + 325 = 639.75\Omega$ 이다. 이 계산값과 DMM 측정값과의 상대오차를 계산하면,  $|\frac{639.75 - 640.4}{639.75}| \times 100\% = 0.102\%$ 이다. 굉장히 작은 오차가 발생하였다. 따라서 직렬로 연결된 저항들의 합성저항은 각 저항값을 더한 값이라는 것을 실험으로 확인하였다.

그리고 power supply로 8V를 인가해주고 측정한 전류는 12.554mA이다. DMM 연결을 반대로 해서 -값이 나왔지만, 값의 부호에 영향만 주고 값의 절댓값 자체에는 영향을 주지 않기 때문에 무관하다. 측정 전류값(12.554mA)와 공급전압(8V)를 옴의 법칙에 적용하여 계산한 총 저항은 637 $\Omega$ 이다. 이 값과 DMM으로 측정한 값인 640.4 $\Omega$ 과의 상대오차를 계산하면 0.534%로, 매우 작은 오차가 발생했다는 것을 알 수 있다. 따라서  $R_T = \frac{E}{I}$ 임을 실험으로 확인할 수 있었다.

3. 이론과 결과 사이의 오차 비교 및 분석

측정한 저항의 값(98.05 $\Omega$ , 216.7 $\Omega$ , 325 $\Omega$ )을 더해서 계산한 합성저항값인 639.75 $\Omega$ 과 DMM 측정값인 640.4 $\Omega$ 과의 상대 오차를 계산하면  $0.102\%(=|\frac{639.75 - 640.4}{639.75}| \times 100\%)$ 이다. 아주 약간의 오차가 발생한 이유는, 저항소자 및 도선과 브레드보드와의 접촉 불량 혹은 DMM의 내부저항, 도선 저항에 의한 것이라고 볼 수 있다. 하지만 발생한 오차가 0.102%로 거의 0에 가깝기 때문에,  $R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_N$ 이라는 것을 확인할 수 있다.

다음으로, 8V를 인가하고 측정한 전류값과 옴의 법칙을 이용하여 계산해낸 저항값은 637k $\Omega$ 이다. 이와 앞서 DMM으로 측정한 총 저항값 640.4 $\Omega$ 과의 상대오차를 구하면  $|\frac{640.4 - 637}{637}| \times 100\% = 0.534\%$ 이다. 매우 작은 오차가 발생하였지만 무시해도 무관한 정도이다. 이 오차는 저항소자 및 도선과 브레드보드와의 접촉 불량 혹은 DMM의 내부저항, 도선 저항에 의한 것으로 생각한다. 오차가 굉장히 작으므로, 따라서  $R_T = \frac{E}{I}$ 가 성립함을 확인할 수 있었다.

마지막으로 Ch.3 part2와 마찬가지로, 저항소자끼리 너무 가깝게 연결하면 오차가 발생할 수도 있는데 그것을 생각하지 않고 연결하였기 때문에 오차가 발생하였을 수도 있다. 이는 추가 도선을 브레드보드에 연결하여 저항간의 거리를 둬으로써 개선이 가능한 오차라고 생각한다.

오차값이 모두 유의미하게 크지 않으므로, 직렬연결된 저항들의 합성저항이 각 저항의 값을 합한 값임을 확인할 수 있었다. 그리고  $R_T = \frac{E}{I}$ 가 성립한다는 것을 확인할 수 있다.

4. 고찰

3개의 저항을 이용하여, 직렬연결된 저항들의 합성 저항이 각 저항의 값을 합한 값임을 증명하는 실험이었다. 실험 결과, 오차가 작게 발생하여 그것이 참임을 확인하였다. DMM 조작에 미숙하여 전류 측정 방향을 반대로 하였는데, 부호에 영향을 줄 뿐 값 자체엔 영향을 주지 않으므로 이 값을 이용하여도 결과 도출에는 문제가 없다.

5. 연습문제

6. 참고문헌

i) INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 48~49p



## Ch. 5 Series dc Circuits

### - Part 2

#### 1. 실험사진

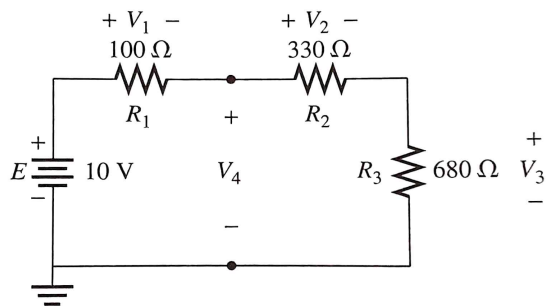
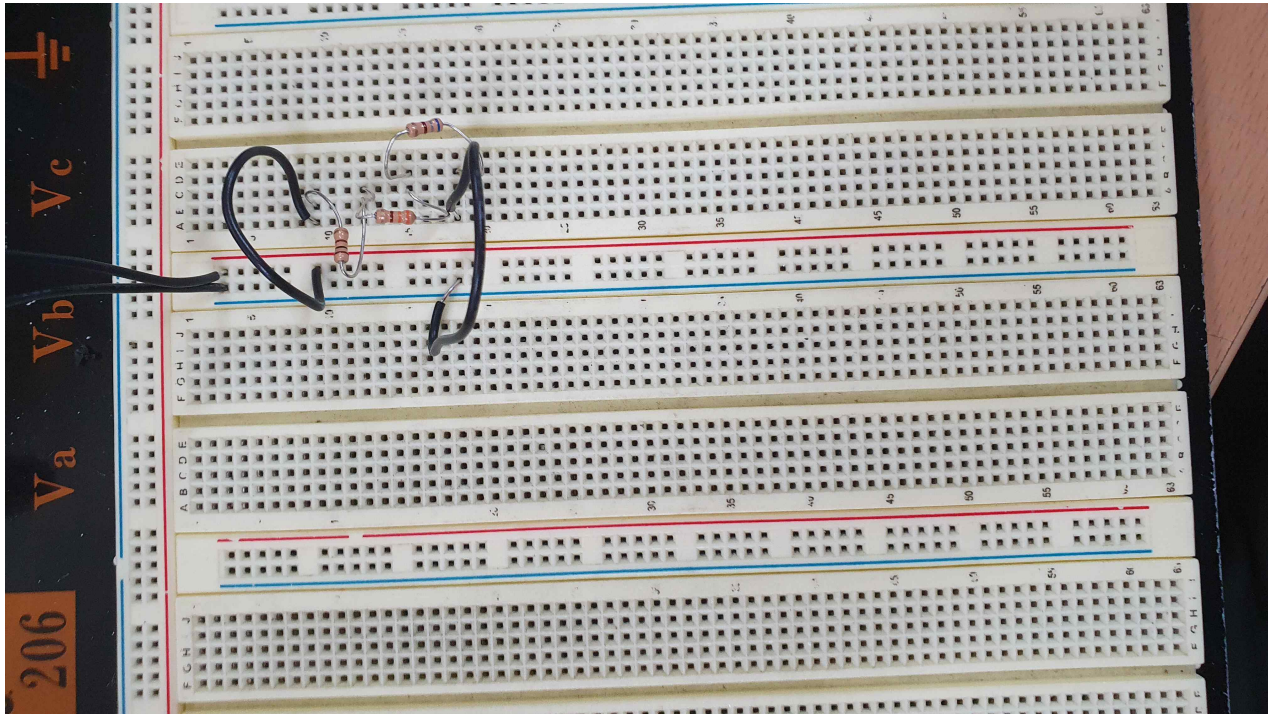
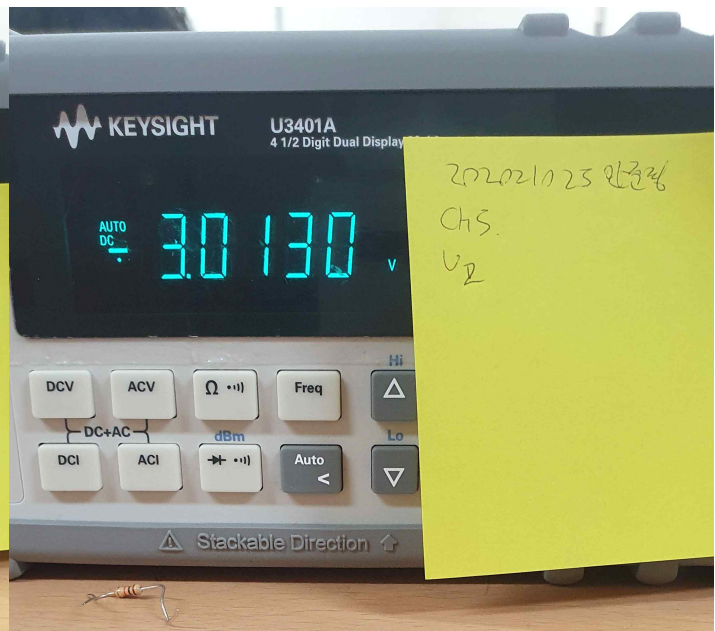
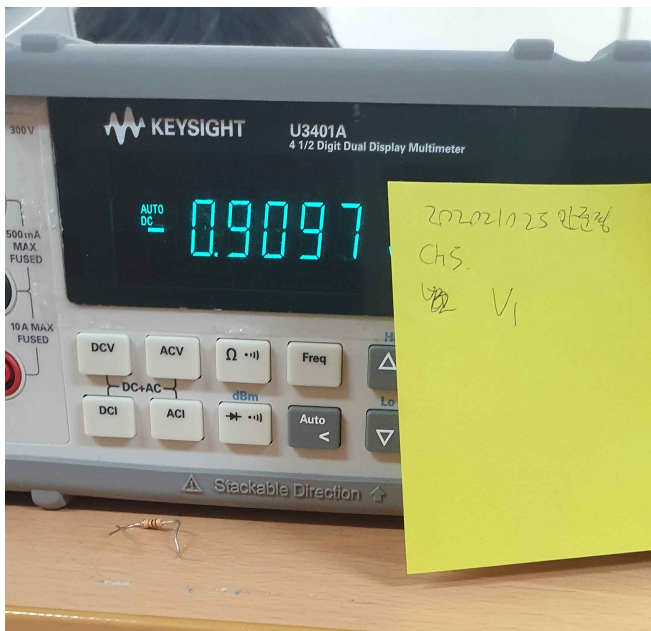
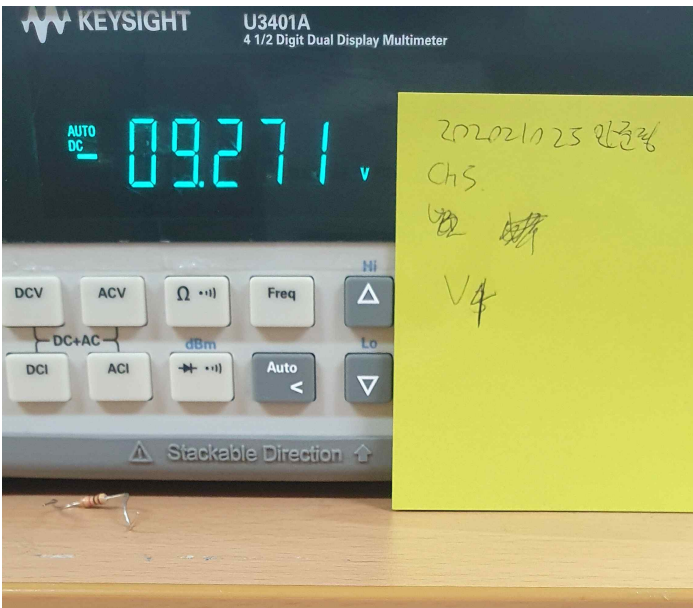
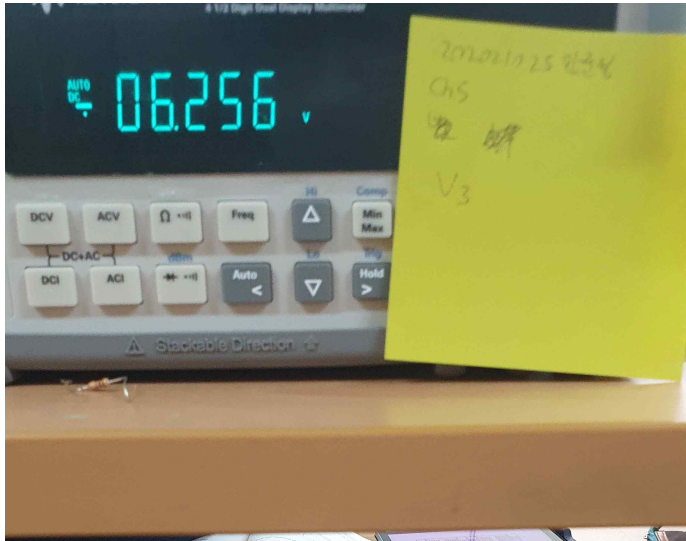
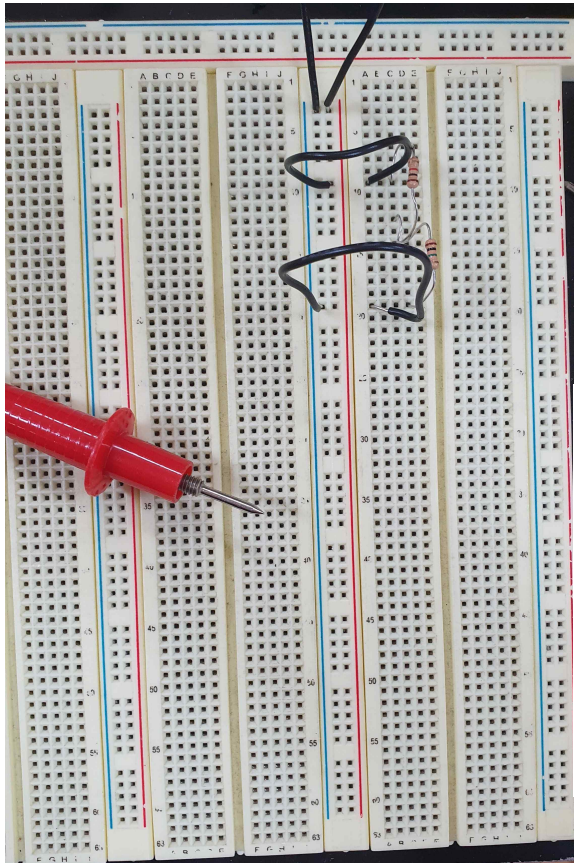


FIG. 5.4





(g) ~



(g) Construct the network of Fig. 5.5.

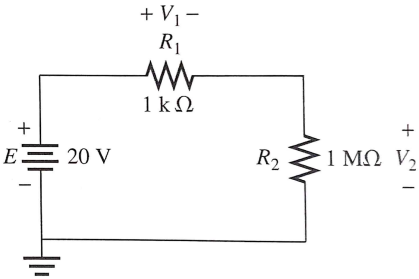
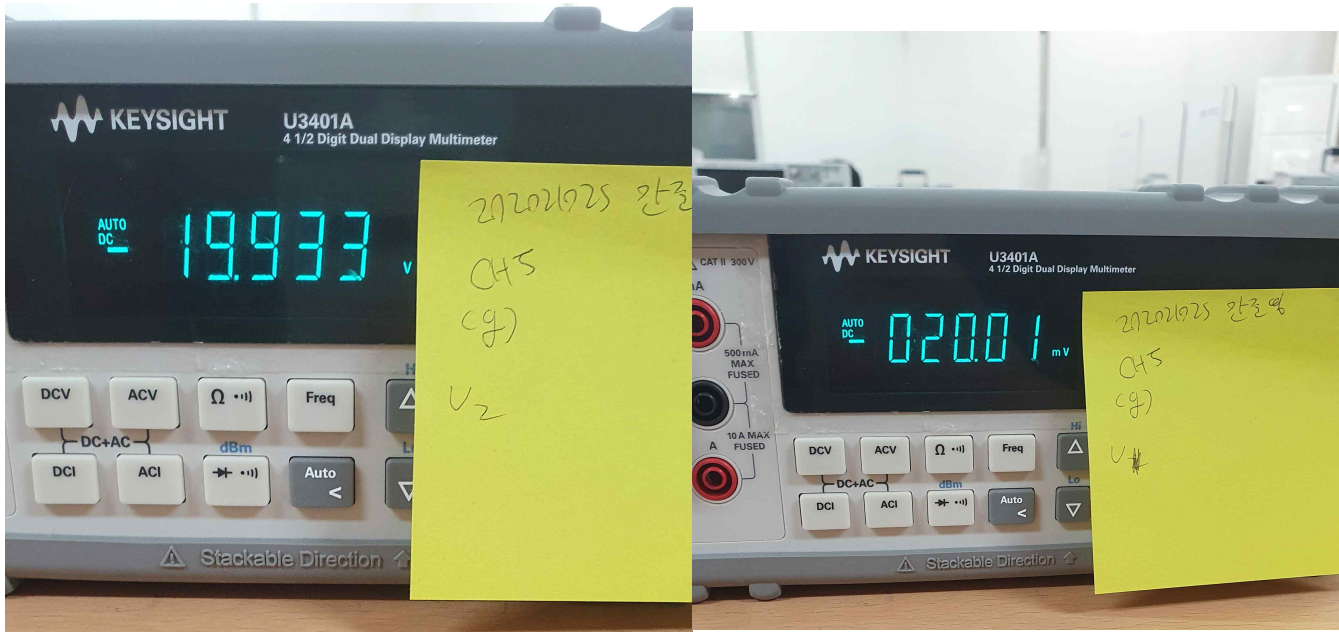


FIG. 5.5





## 2. 결과분석

$$R_{1\text{ measured}} = 98.05 \Omega, \quad R_{2\text{ measured}} = 325 \Omega, \quad R_{3\text{ measured}} = 675 \Omega$$

$V_1$ (measured)	$V_2$ (measured)	$V_3$ (measured)	$V_3$ (calculated)	% Difference	$V_4$ (calculated)	$V_4$ (measured)	% Difference
0.9097 V	3.013 V	6.256 V	6.147 V	1.77%	9.11 V	9.271 V	1.77%

실험에 앞서 옴의 법칙따라, 직렬 연결된 저항에는 같은 전류가 흐르므로 표시 저항값 기준으로  $V_2$ 는  $V_1$ 보다 3.3배 크고,  $V_3$ 는  $V_1$ 보다 6.8배 클 것이라고 예상하였다. 실험결과  $V_2$ 는  $V_1$ 보다 3.31배,  $V_3$ 는  $V_1$ 보다 6.88배 큰 것을 확인하였다.

VDR을 사용하여 계산한  $V_3$ 는  $\frac{675}{98.05 + 325 + 675} \times 10 = 6.147$  V였다. 이 계산값과 DMM으로 측정한  $V_3$ 값인 6.256 V와

의 상대오차를 계산하면  $1.77\% (= |\frac{6.147 - 6.256}{6.147}| \times 100\%)$ 이다. VDR이 참이라는 것을 증명하기에는 충분히 작은 오차이므로 VDR이 참이라고 보아도 무방하다고 본다. 또한  $V_4$ 의 측정값은 9.271 V이다.  $V_4$ 를 VDR로 계산하면,

$\frac{325 + 675}{98.05 + 325 + 675} \times 10 = 9.11$  V로 계산되었다.  $V_4$ 의 측정값과 계산값의 상대오차는  $|\frac{9.11 - 9.271}{9.11}| \times 100\% = 1.77\%$ 이

다. 역시 유의미하게 큰 오차값이 아니므로, VDR이 참이라는 것을 확인할 수 있다.

추가로,  $V_1$ ,  $V_2$  그리고  $V_3$ 를 더하면 10.18 V인데, 이는 KVL에 따른 이론값인 10 V와 1.79%의 작은 상대오차를 가지므로 키르히호프 법칙 또한 확인할 수 있었다.

실험 part2 (g)부터는, 우선  $R_1$ 이  $R_2$ 에 비해서 1000배나 작기 때문에, VDR에 따라서 대부분의 전압은  $R_2$ 에 걸릴 것이라고 예상하였다.  $R_1$ 과  $R_2$ 의 측정 저항값은 각각 0.984 k $\Omega$ , 0.981 M $\Omega$ 이었다. 실제로 측정한  $V_1$ 은 20.01mV,  $V_2$ 는 19.933V이었다.  $R_2$ 가  $R_1$ 에 비해 굉장히 크면,  $R_1$ 으로는 거의 전류가 흐르지 않고,  $R_2$ 를 통해 대부분의 전류가 흐른다는 것을 실험으로 확인할 수 있었다. VDR에 따르면  $V_2$ 가  $V_1$ 보다 표시저항 기준 1000배 크고, 측정값 기준으로는  $V_2$ 가  $V_1$ 보다 997배 커야한다. 실제로 측정한 전압은  $V_2$ 가  $V_1$ 보다 996배 크게 측정되었다. 거의 같은 값이므로, VDR이 성립함을 확인할 수 있었다.

추가로, KVL을 적용하면, 20(공급전압) -  $V_1$  -  $V_2$  = 0이다. 측정값을 대입하면  $V_1 + V_2 = 19.95$  (V)이다. 이론값인 20과의 상대오차는 0.234%에 불과하므로 KVL이 성립함을 확인할 수 있었다. 즉,  $V_1 + V_2 = E$ (공급전압)임을 확인 가능하였다.

## 3. 이론과 결과 사이의 오차 비교 및 분석

$V_1$ ,  $V_2$  그리고  $V_3$ 의 측정값은 순서대로 0.9097 V, 3.013 V, 6.256 V이다. 그리고 VDR으로 계산한  $V_1, V_2, V_3$  값은 각

각 0.893 V, 2.960 V, 6.147 V이다. 이를 토대로 각 V값들의 계산값과 이론값과의 상대오차를  $|\frac{Calc - Meas}{Calc}| \times 100\%$ 로 계산해보면, 순서대로 1.87%, 1.79%, 1.77%이다. 그리고  $V_4$ 의 측정값은 9.271 V이고, 계산값은 9.10 V이다.  $V_4$ 의 측정값과 계산값의 상대오차는 1.88%로 계산되었다. 4개의 상대오차값이 유의미하게 크지 않으므로, VDR이 성립한다는 것을 실험으로 확인할 수 있었다. 약간의 오차가 발생한 이유는, 브레드보드 사진을 보면  $R_1$ 과  $R_2$ 가 살짝 닿은 것처럼 보이는 데, 이 때문에 약간의 오차가 발생했다고 생각한다. 역시 DMM의 내부저항, 도선의 저항, 그리고 접촉 불량으로 인한 오차 또한 발생했을 것이다. 하지만 그럼에도 발생한 오차가 작으므로 VDR은 성립한다는 것을 확인할 수 있었다.

그 다음 실험에서, 측정한  $V_1$ 은 20.01 mV,  $V_2$ 는 19.933 V이다. VDR에 따르면  $V_2$ 가  $V_1$ 보다 997배(측정 저항값 기준) 커야 하는데 측정값은  $V_2$ 가 996배 크게 측정되었다. 또한,  $V_1$ 의 VDR에 따른 이론값은  $0.0200\text{ V}(=\frac{984}{984 + 981000})$ ,  $V_2$ 는  $19.98\text{ V}(=\frac{981000}{981000 + 984})$ 이다. 이를 바탕으로 각각의 이론값과 측정값과의 상대오차를 계산하면 0.05%, 0.235%이다. 따라서 VDR이 성립함을 다시 한번 확인할 수 있었다. 또한, 키르히호프 전압 법칙으로 계산한  $V_1 + V_2$ 는 20 V인데, 측정값으로 계산한  $V_1 + V_2$ 는 19.95 V로, 상대오차가 0.234%에 그쳤다. 따라서 직렬로 연결된 저항들에 걸리는 각각의 전압을 합하면 그 값이 곧 공급 전압임 또한 확인할 수 있었다.

4. 고찰

직렬로 연결된 저항들 사이에서, Voltage Divider Rule이 성립하는지 확인하는 실험이었다. 실험결과, 유의미하게 큰 오차가 발생하지 않았으므로, Voltage Divider Rule이 성립한다는 것을 확인하였다. 실험 중 브레드보드를 구성하면서 저항 소자끼리의 거리를 너무 가깝게 연결하여 서로 간섭이 생겼을 수도 있다. 따라서 다음 실험부터는 거리를 두어야 한다.

5.

6. 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 64~66p