

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.

<실험12, 13 결과 보고서>

학 부: 전자공학과

제출일: 2020.04.05

과목명: 기초전기실험

교수명: 구형일 교수님

분 반: 7

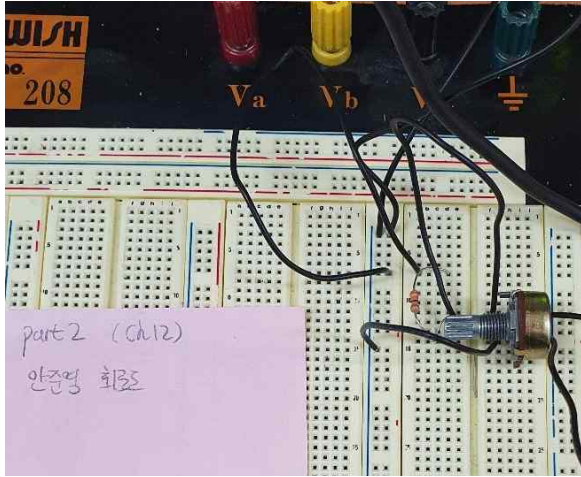
학 번: 201520182, 202021025

성 명: 김성일, 안준영

Ch. 12 Thevenin's Theorem and Maximum Power Transfer

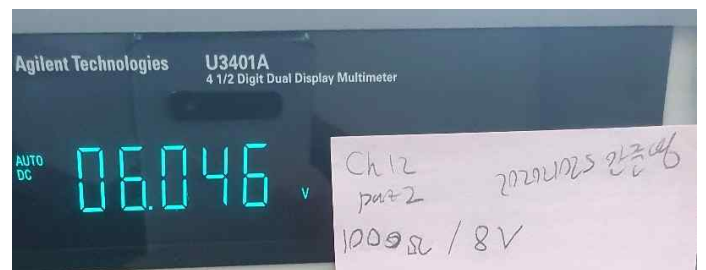
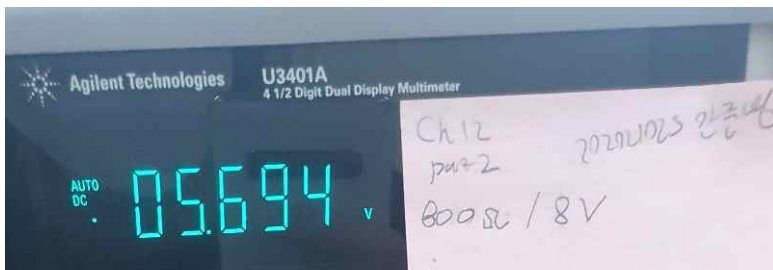
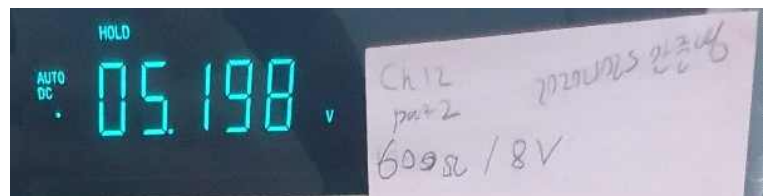
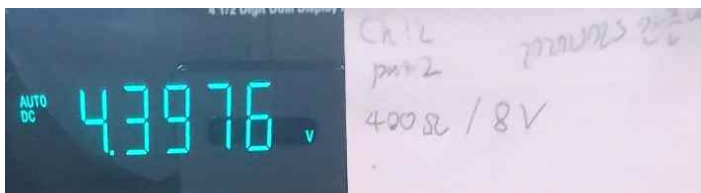
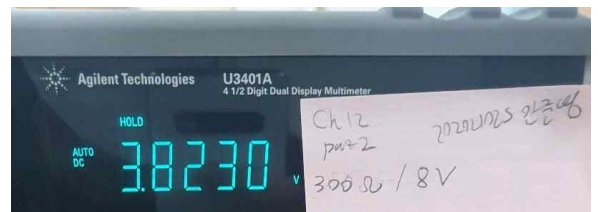
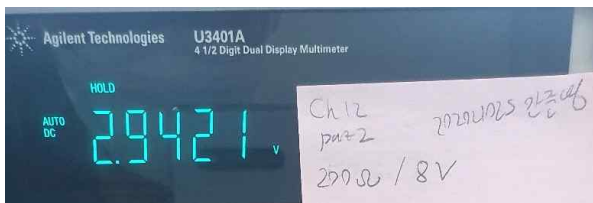
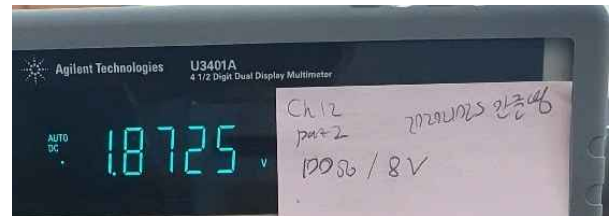
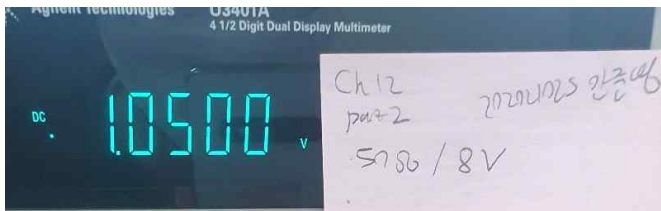
<Part 1>

1. 결과사진



Ch12 part2에서 사용한 회로도. (가변 저항 뒤로는 도선 2개를 꽂아서 DMM에 연결하였다.)

R_L 을 $50\Omega \sim 1000\Omega$ 까지 변경해가며 V_L 을 측정한 사진. ↓



2. 결과분석

(a)

$R_{1\text{measured}} = 325.3\Omega$

Table 12.4

R_L	V_L	$P = \frac{V_L^2}{R_L} (mW)$
0Ω	0 V	0 mW
50Ω	1.0500 V	22.05 mW
100Ω	1.8725 V	35.06 mW
200Ω	2.9421 V	43.28 mW
300Ω	3.8230 V	48.72 mW
$R_{1\text{measured}} = 325.3\Omega$	3.9826 V	48.76 mW
400Ω	4.3976 V	48.35 mW
600Ω	5.198 V	45.03 mW
800Ω	5.694 V	40.53 mW
1000Ω	6.046 V	36.55 mW

$P_{50\Omega} = \frac{1.0500^2}{50} = 22.05 \times 10^{-3} W$, $P_{100\Omega} = \frac{1.8725^2}{100} = 35.06 \times 10^{-3} W$, $P_{200\Omega} = \frac{2.9421^2}{200} = 43.28 \times 10^{-3} W$, ...
와 같이 각 P를 계산하였음. V_L 은 R_L 이 증가하면서 쪽 증가하는 추세이고, $R_L = R_{1\text{measured}} = 325.3\Omega$ 에서 전력이 최대가 되는 것을 알 수 있다.

(b)

Table 12.5

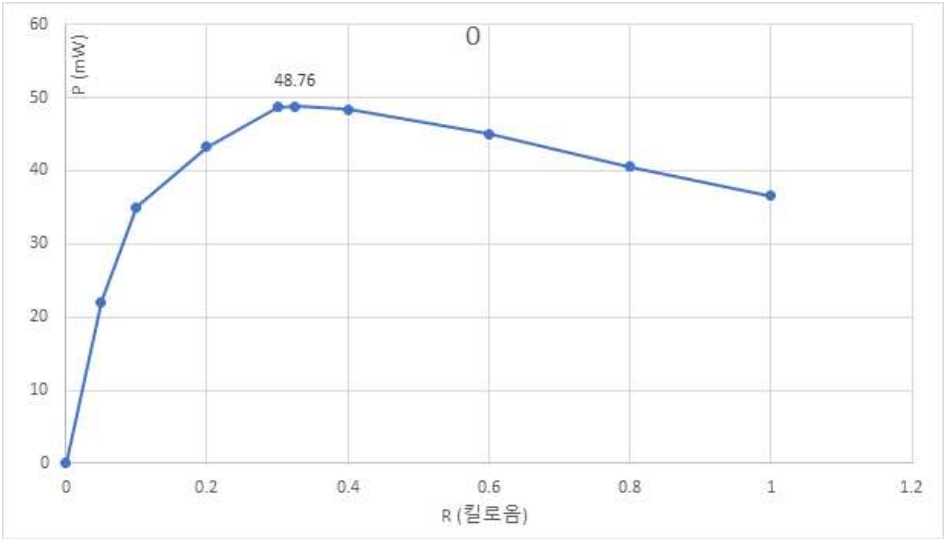
	Theory	Experimental
R_L	330Ω	325.3Ω
V_L	4 V	3.9826 V

R_L 의 이론값 = R_1 의 이론값인 330Ω

V_L 의 이론값 = $\frac{8(E_{Th})}{2} = 4 V$

이론적으로, Thevenin 등가회로에서 $R_L = R_{Th}$, $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$ 일때 R_L 이 전력을 최대로 소비한다. R_L 이 최대 전력을 소비하는 때에 걸리는 전압 V_L 의 측정값은 3.9826V이다. 또한, 공급 전압은 8V이다. 이론적으로 최대 전력을 소비할 때의 전압 $V_L = \frac{E_{Th}}{2} = \frac{8}{2} = 4 V$ 이다. V_L 의 이론값과 측정값의 상대오차는 $\frac{4 - 3.9826}{4} \times 100\% = 0.435\%$ 에 불과하다. 따라서 Thevenin 등가 회로에서 R_L 이 최대 전력을 소비할 때, 그때 저항에 걸리는 전압 $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$ 이라는 것을 확인할 수 있다.

Graph 12.1



그래프를 보면, $R_L = R_{L\text{measured}} = 325.3\Omega$ 일 때 전력의 최댓값(48.76 mW)을 갖고, 그 지점 전에는 증가하는 형태이고 후로는 감소하는 형태인 것을 알 수 있다. 이때, 전의 증가폭이 후의 감소폭보다 큰 것을 알 수 있다.

(c)

(b)에서 서술한 것 처럼, $V_L = \frac{E}{2}$ 의 관계가 성립하는 것을 실험 결과 값들로 확인할 수 있었다.

Table 12.5로부터, V_L 의 이론값과 측정값의 상대오차는 $\frac{4 - 3.9826}{4} \times 100\% = 0.435\%$ 에 불과하다는 것을 알 수 있다.

3. 이론과 결과 사이의 오차 비교 및 분석

Table 12.4

R_L (저항의 이론값)	V_L (이론값)	V_L (측정)	% Difference (V_L)
0 Ω	0 V	0 V	0%
50 Ω	1.05 V	1.0500 V	0%
100 Ω	1.86 V	1.8725 V	0.672%
200 Ω	3.02 V	2.9421 V	2.58%
300 Ω	3.81 V	3.8230 V	0.341%
330 Ω (이론)	4 V	3.9826 V	0.435%
400 Ω	4.38 V	4.3976 V	0.402%
600 Ω	5.16 V	5.198 V	0.736%
800 Ω	5.66 V	5.694 V	0.601%
1000 Ω	6.02 V	6.046 V	0.432%

V_L 의 이론값은 VDR에 따라서 $V_L = \frac{R_L}{R_L + 330\Omega(R_1)}$ 으로 계산하였다. % Difference는 $\frac{|\text{이론} - \text{측정}|}{\text{이론}} \times 100\%$ 으로 계산하였다. 상대오차 값이 $R_L=200\ \Omega$ 일 때 2.58%로 조금 크지만 유의미하게 크지 않고, 그 외의 R_L 값에서의 V_L 의 상대오차는 거의 없다. 약간의 오차는, 소자의 접촉 불량, DMM의 내부 저항 때문에 발생하였다고 할 수 있다.

Table 12.5

	Theory	Experimental	% Difference
R_L	330Ω	325.3Ω	1.42%
V_L	4 V	3.9826 V	0.435%

위의 Table 12.5에서 $R_L = R_{1measured} = 325.3\Omega$ 일 때 P가 최댓값 48.76mW을 가지는 것을 알 수 있다. 그 때의 R_L 과 V_L 의 이론값과 실험값과의 상대오차는 각각 1.42%, 0.435%로 계산되었다. 오차가 굉장히 작으므로, $R_L = R_1$ 일 때 R_L 이 최대 전력을 소비한다는 것을 확인할 수 있다. 또한 이 실험에서 사용한 회로는 한 임의의 회로의 Thevenin 등가회로로 볼 수 있으므로, R_L 이 최대전력을 소비할 때 $R_L = R_{Th}$ 임을 확인할 수 있다.

그리고 $R_L = R_1$ 일 때 VDR에 의하여 $V_L = \frac{R_L}{R_L + R_{Th}} \times E_{Th} = \frac{E_{Th}}{2}$ 인 것을 실험으로 확인할 수 있었다.

또한, 최대 전력의 이론값은 $P_{max} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{8^2}{4 \times 330} = 48.5mW$ 이다. 이 이론값과 측정값인 48.76 mW와의 상대오차는 0.536%에 불과하다. 따라서, $P_{max} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$ 가 성립함을 실험으로 확인할 수 있다. 약간의 오차는 소자의 접촉 불량, DMM의 내부 저항 때문에 발생하였다고 할 수 있다.

4. 고찰
이번 실험은 Thevenin 등가 회로를 구성하여 최대 전력 조건에 대하여 진행한 실험이다. 실험결과, 이론값과 오차값의 차이가 충분히 작아, $R_L = R_{Th}$, $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$, $P_{max} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$ 가 성립함을 실험으로 확인할 수 있었다. 등가저항의 조절 톱니 부분이 상당히 예민하여 조심히 저항값을 조정하여야 했다.

5. Exercise

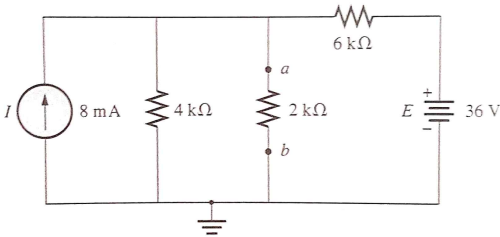


FIG. 12.10

1.

(a)

전류원은 오픈, 전압원은 쇼트시키고 R_{Th} 를 구하면 $\frac{1}{\frac{1}{6000} + \frac{1}{4000} + 0} = \frac{4000 \times 6000}{4000 + 6000} = 2.4k\Omega$ 이다.

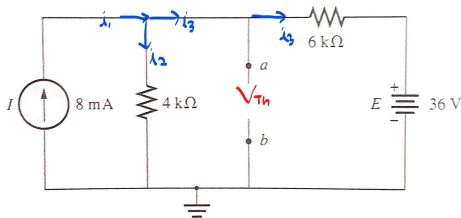


FIG. 12.10

와 같이 회로를 구성하여 KCL을 사용하면 $-i_1 + i_2 + i_3 = 0$ 이다. $i_1 = 8mA$, $i_2 = \frac{V_{Th}}{4000}$, $i_3 = \frac{V_{Th} - 36}{6000}$ 이다. 각 전류값들을 KCL로 만든 식에 대입하면, $V_{Th} = 33.6 V$ 를 얻을 수 있다.

(b)

Thevenin 등가 회로를 구성하면, $E_{Th} = 33.6 \text{ V}$, $R_{Th} = 2.4 \text{ k}\Omega$ 이다.

$R_L (= 2 \text{ k}\Omega)$ 에 흐르는 전류 $I = 33.6 \times \frac{1}{2400 + 2000} = 7.64 \text{ mA}$ 이다.

따라서 전력은 $I^2 R_L = (7.64 \times 10^{-3})^2 2000 = 0.117 \text{ W}$ 이다.

(c)

$R_{Th} \neq R_L$ 이므로 최대 전력이 아니고, $R_L = R_{Th}$ 일 때 $P_{\max} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}} = \frac{33.6^2}{4 \times 2400} = 0.118 \text{ W}$ 이다.

6. 참고문헌

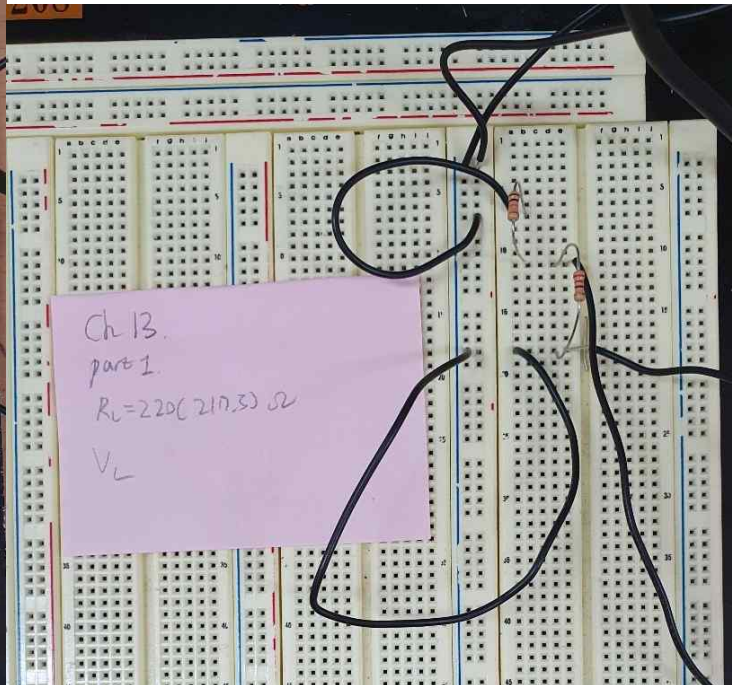
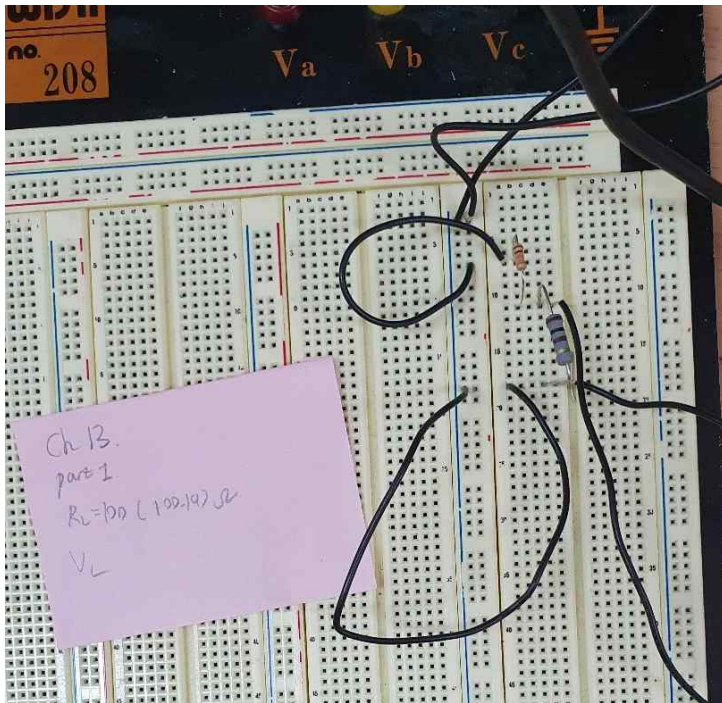
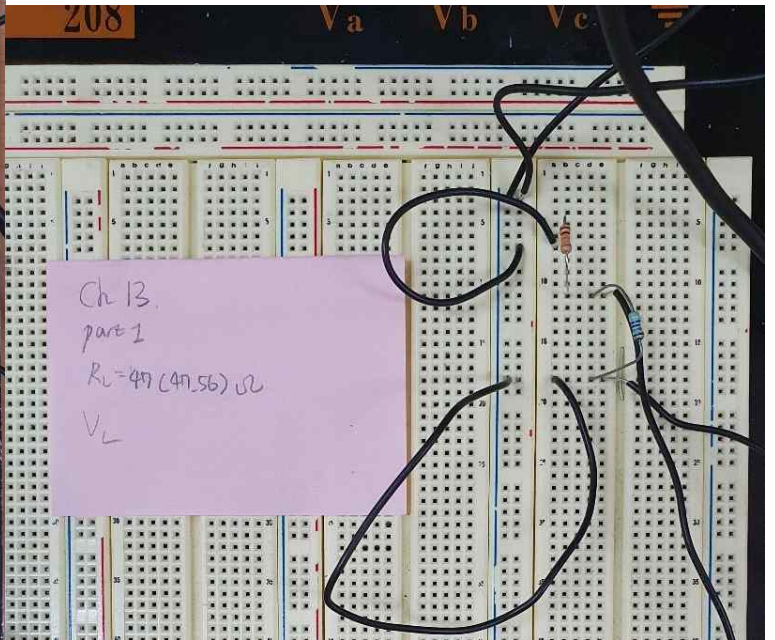
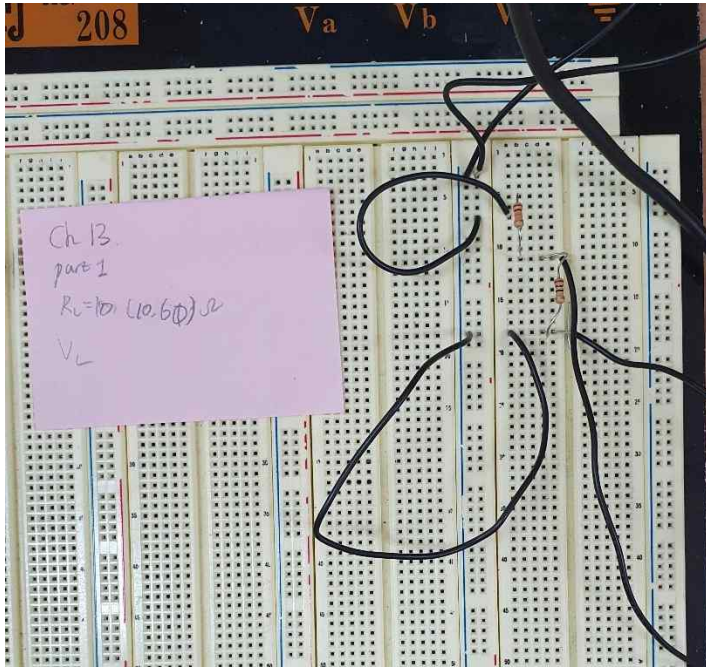
INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel
Kousourou / 2015 / Pearson / 142~149p, 153~154p

Ch. 13 Norton's Theorem and Current Sources

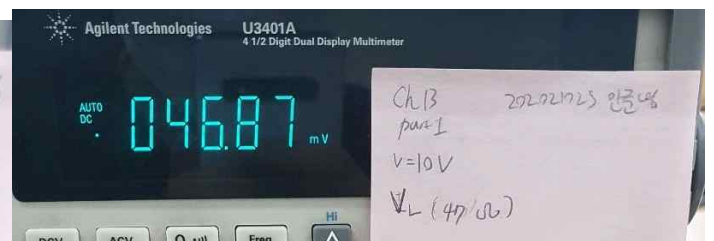
1. 결과사진

<Part 1>

R_L 의 값을 10Ω , 47Ω , 100Ω , 220Ω 으로 변화시켜가며 구성한 회로,

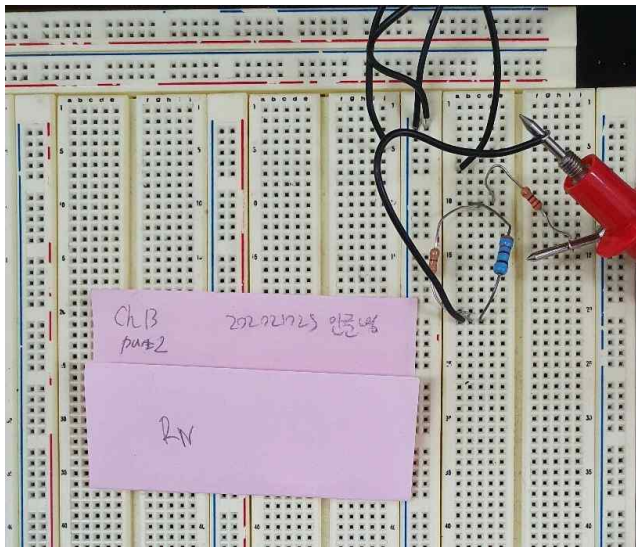


R_L 의 값을 10Ω , 47Ω , 100Ω , 220Ω 으로 변화시켜가며 V_L 을 측정한 사진.

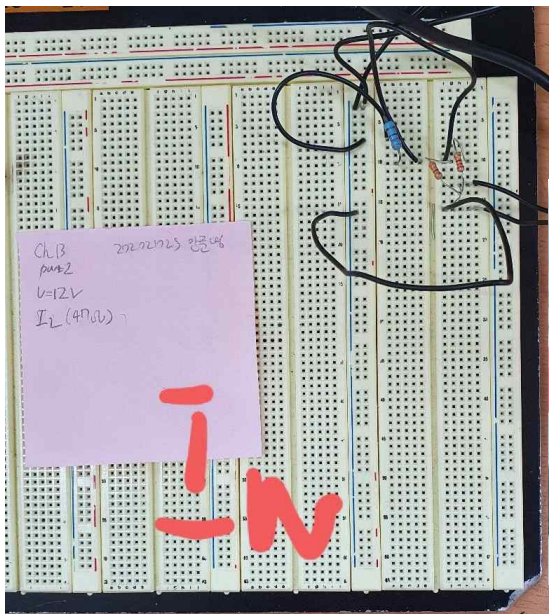
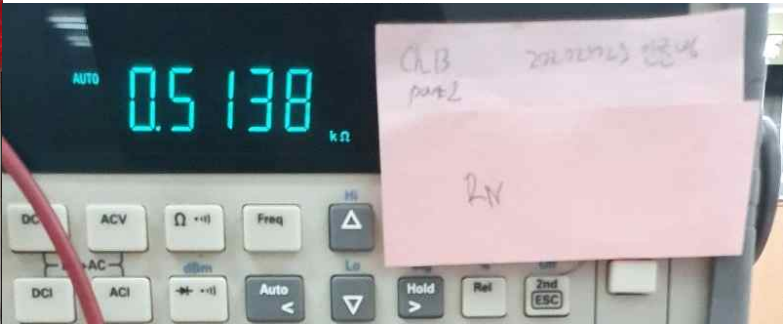




<Part2>



R_N 을 측정하기 위한 회로도와 측정 결과이다.



I_N 을 측정한 회로도와 측정 결과이다. 포스트잇에 I_L 로 잘못 표기하였 다.



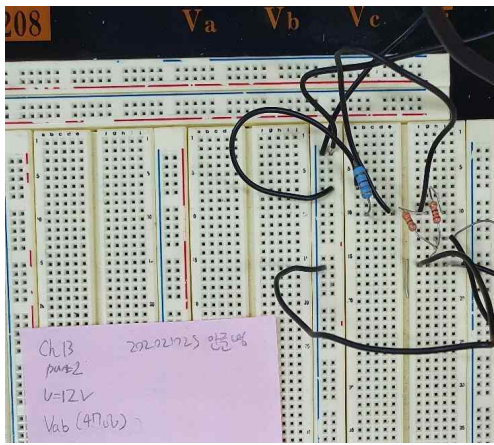
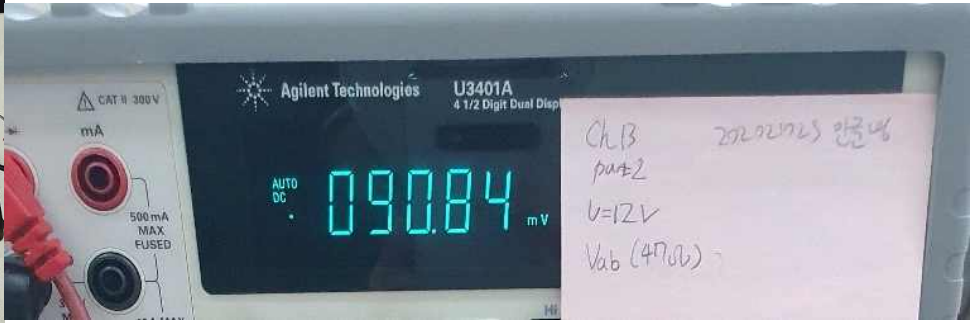
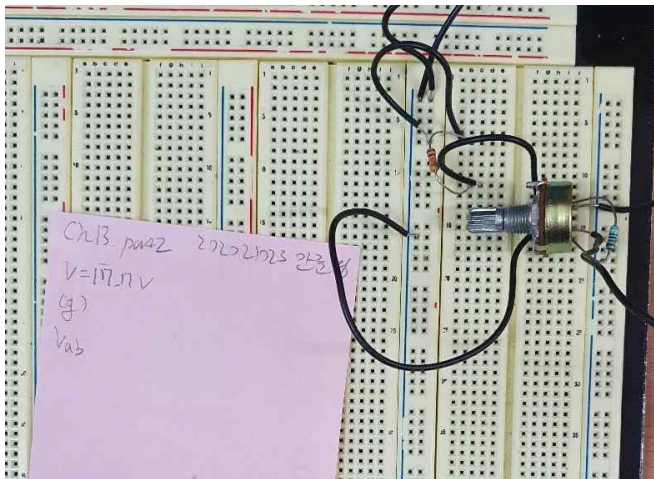
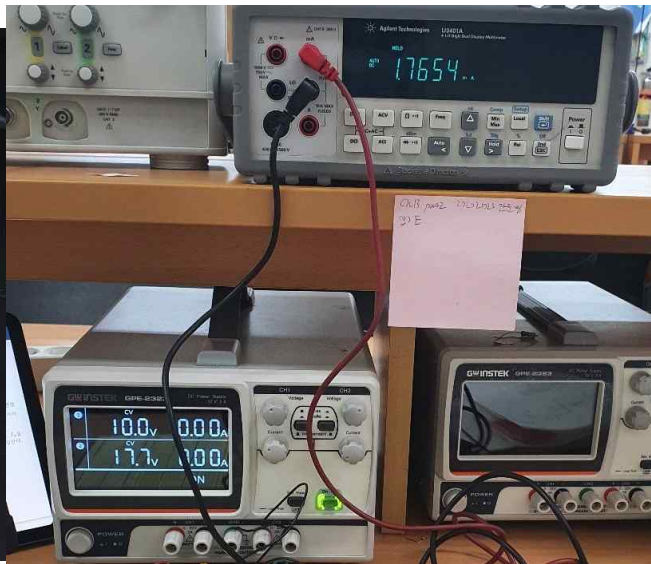
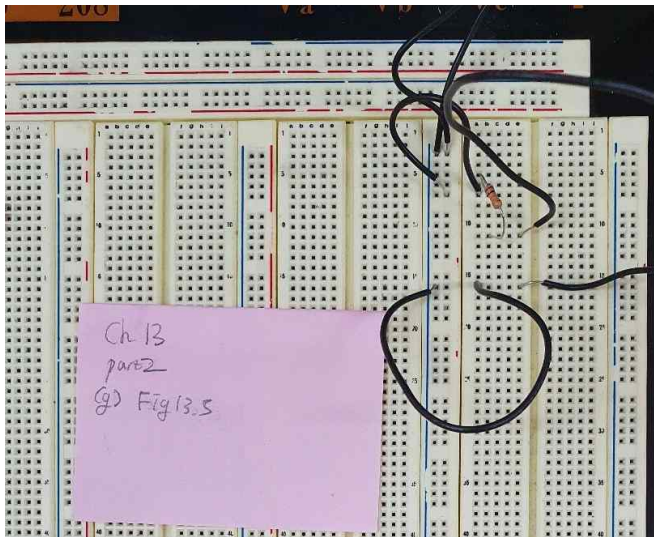


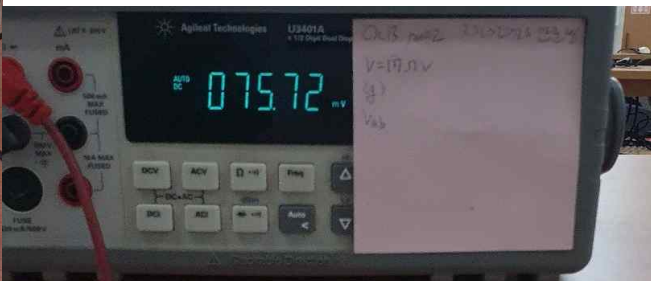
Fig. 13.4를 구성한 회로와 V_{ab} 측정값



(g)에서 E 를 구하기 위한 회로와 E 측정값



47Ω으로 구성한 Norton 등가회로와 V_{ab} 측정값



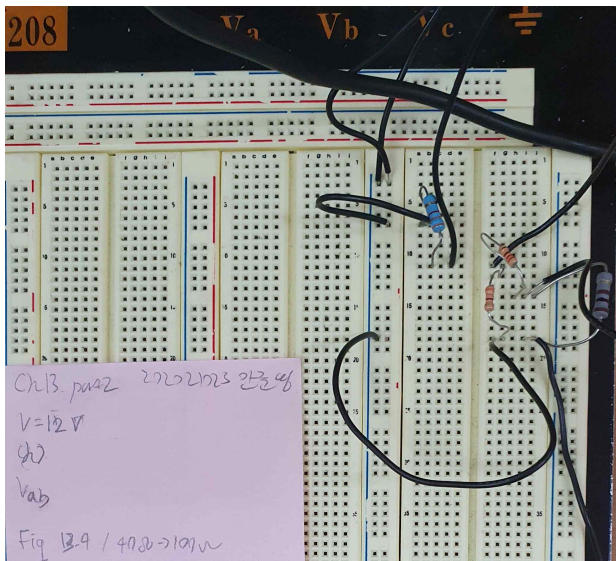
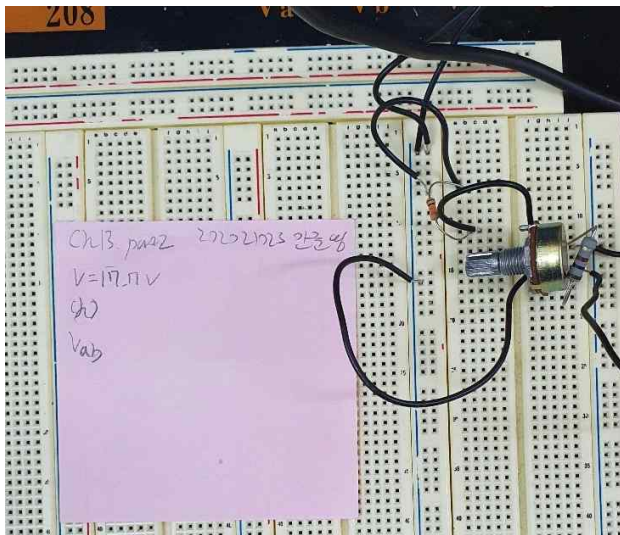
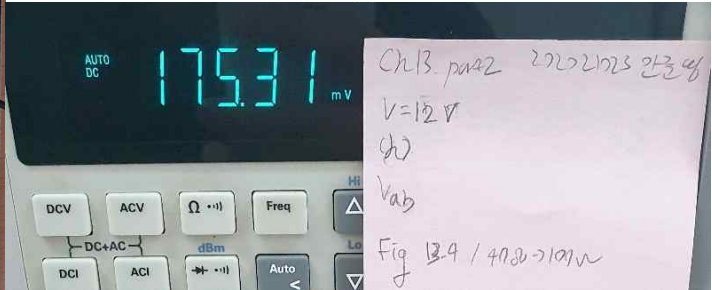
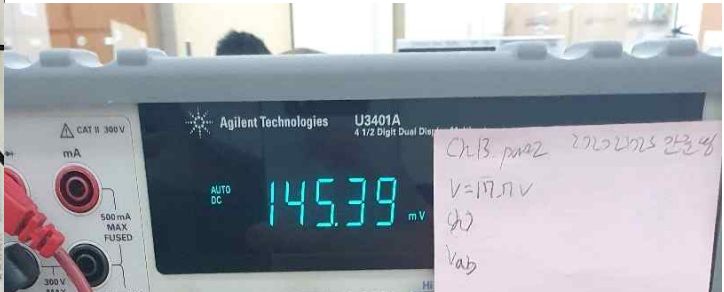


Fig. 13.4에서 47Ω을 100Ω으로 교체한 회로와 V_{ab} 측정값



100Ω으로 구성한 Norton 등가회로와 V_{ab} 측정값



<Part3>

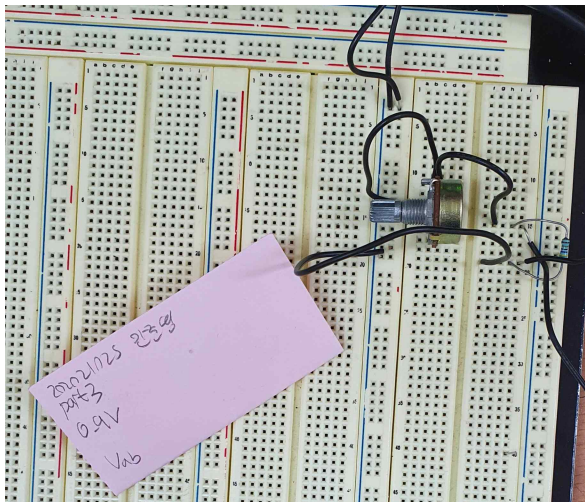
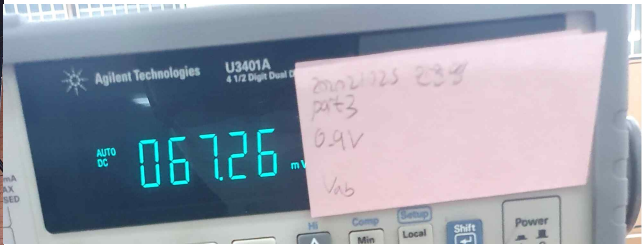


Fig. 13.7을 구성한 회로도나 V_{ab} 측정값



2. 결과분석

<Part1>

(a)

$$R_{S\text{ measured}} = 9.952\text{ k}\Omega$$

(b) & (c)

Table 13.1

	10Ω	47Ω	100Ω	220Ω
$R_L (measured)$	10.09Ω	47.56Ω	100.19Ω	217.5Ω
$I_L (calculated)$	1.003 mA	1.00 mA	0.995 mA	0.983 mA
$V_L (measured)$	9.98 mV	46.87 mV	98.97 mV	213.44 mV
$I_L (from V_L)$	0.989 mA	0.985 mA	0.988 mA	0.981 mA

측정한 $R_L (measured)$ = 10.09Ω

$$I_L (calculated) = \frac{E}{R_S + R_L} = \frac{10}{9952 + 10.09} = 1.003 \times 10^{-3} A$$

측정한 $V_L (measured)$ = 9.98 mV

$$I_L (from V_L) = \frac{V_L (measured)}{R_L} = \frac{9.98 \times 10^{-3}}{10.09} = 0.989 \times 10^{-3} A$$

(d) & (e)

측정한 $R_L (measured)$ = 47.56Ω

$$I_L (calculated) = \frac{10}{9952 + 47.56} = 1.00 \times 10^{-3} A$$

측정한 $V_L (measured)$ = 46.87 mV

$$I_L (from V_L) = \frac{46.87 \times 10^{-3}}{47.56} = 0.985 \times 10^{-3} A$$

(f) & (g)

측정한 $R_L (measured)$ = 100.19Ω

$$I_L (calculated) = \frac{10}{9952 + 100.19} = 0.995 \times 10^{-3} A$$

측정한 $V_L (measured)$ = 98.97 mV

$$I_L (from V_L) = \frac{98.97 \times 10^{-3}}{100.19} = 0.988 \times 10^{-3} A$$

(h) & (i)

측정한 $R_L (measured)$ = 217.5Ω

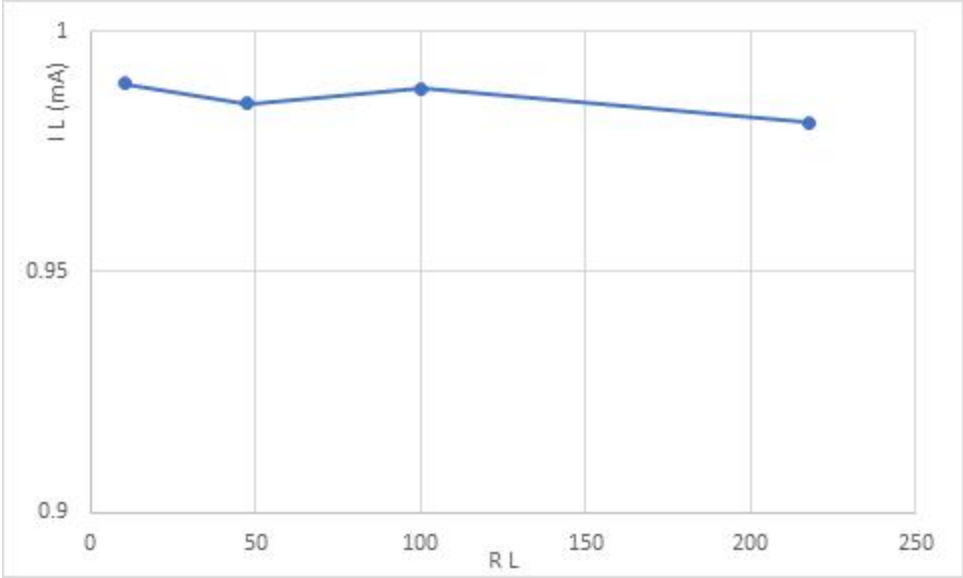
$$I_L (calculated) = \frac{10}{9952 + 217.5} = 0.983 \times 10^{-3} A$$

측정한 $V_L (measured)$ = 213.44 mV

$$I_L (from V_L) = \frac{213.44 \times 10^{-3}}{217.5} = 0.981 \times 10^{-3} A$$

(j) $R_L (measured)$ 대 $I_L (from V_L)$ 그래프는 아래와 같다

Graph 13.1



$R_{S\,measured} = 9.952\,k\Omega$ 로, R_L 들에 비하여 상당히 크다. 따라서 R_L 이 전류에 미치는 영향은 무시해도 상관없다. 그래프를 보면 일직선 형태이므로 그것을 확인 가능하다.

(k) Graph 13.1을 보면, I_L 이 거의 일직선 형태인 것을 알 수 있다.

(l) Graph 13.1을 보면, 모든 R_L 값에서 I_L 이 1에 근접한 값을 가지므로, 1mA의 전류원이 연결된 형태인 Fig. 13.3으로 실험에 사용한 회로를 분석하여도 무방하다.

<Part2>

(a) $R_{1\,measured} = 3.281\,k\Omega$ $R_{2\,measured} = 325.3\,\Omega$ $R_{3\,measured} = 217.5\,\Omega$ $R_{47\Omega\,measured} = 47.56\,\Omega$

(b)

$$R_N = \frac{3281 \times 325.3}{3281 + 325.3} + 217.5 = 513.5\,\Omega, \quad I_N = \frac{V_{330\,\Omega}}{R_N} = \frac{12 \times \frac{325.3}{3281 + 325.3}}{513.5} = 2.11 \times 10^{-3}\,A$$

Table 13.2

	Calculated (b)	Measured (e) & (f)
R_N	513.5Ω	0.5138kΩ
I_N	2.11mA	1.7654mA

(c)

$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = 2.11 \times 10^{-3} \times \frac{513.5}{513.5 + 47.56} = 1.93 \times 10^{-3}\,A$$

(d)

Table 13.3

	47 Ω (Fig. 13.4)	47 Ω (Norton Equiv.)	100 Ω (Norton Equiv.)	100 Ω (Fig. 13.4)
V_{ab}	90.84 mV	75.72 mV	145.39 mV	175.31 mV
I_L	1.91 mA	1.59 mA	1.45 mA	1.75 mA

$$I_L[47\Omega(\text{Fig. 13.4})] = \frac{V_{ab}}{R_L} = \frac{90.84 \times 10^{-3}}{47.56} = 1.91 \times 10^{-3} \text{ A}$$

(c)에서의 I_L 값인 1.93mA와 1.91mA는 $\frac{|1.93-1.91|}{1.93} \times 100\% = 1.04\%$ 의 상대오차를 가진다. 오차가 작으므로 두 값은 같다고 보아도 된다.

(e)

Table 13.2에서 확인 가능하듯이 47 Ω 을 제거하고 측정한 I_N 은 1.7654 mA이다. (b)에서의 이론 계산값인 2.11 mA와의 상대오차는 $\frac{2.11-1.7654}{2.11} \times 100\% = 16.3\%$

(f)

(e)에서 측정한 I_N 으로부터 $\frac{I_N}{2} = 0.8827 \text{ mA}$ 이다. 또한, Table 13.2에서 확인할 수 있는 측정한 R_N 은 0.5138 k Ω 이다.

R_N 의 측정값과 (b)에서의 계산값과의 상대오차는 $\frac{|513.5-513.8|}{513.5} \times 100\% = 0.0584\%$ 로, 두 R_N 은 일치한다고 보아도 된다.

(g)

$$E = 17.7 \text{ V}$$

$$I_N = 1.7654 \text{ mA}$$

Table 13.3에서 확인 가능하듯이 $V_{ab} = 75.72 \text{ mV}$, $I_L = \frac{V_{ab}}{47.56} = \frac{75.72 \times 10^{-3}}{47.56} = 1.59 \text{ mA}$ 로 측정 및 계산되었다.

I_L 의 (c)에서의 계산값은 1.93mA였다. 따라서 1.59mA와 $\frac{1.93-1.59}{1.93} \times 100\% = 17.6\%$ 의 상대오차를 가진다. 작지 않은 오차이지만, 두 값이 비슷하다는 것은 확인할 수 있다. 따라서 Norton 등가회로가 성립한다는 것을 확인할 수 있다.

(h)

실험에서 사용된 100 Ω 저항의 측정값은 100.19 Ω 이다.

Fig. 13.6에서 47 Ω 저항 소자를 100 Ω 으로 변경하여 측정한 V_{ab} 는 145.39mV이다.

$$I_L = \frac{145.39 \times 10^{-3}}{100.19} = 1.45 \times 10^{-3} \text{ A}$$

Fig. 13.4에서 R_L 을 100 Ω 으로 변경하여 측정한 V_{ab} 는 175.31mV이다.

$$I_L = \frac{175.31 \times 10^{-3}}{100.19} = 1.75 \times 10^{-3} \text{ A}$$

두 값의 상대오차는 $\frac{|1.75-1.45|}{1.75} \times 100\% = 17.1\%$ 이다. 위에서와 마찬가지로 작지 않은 오차가 발생하였지만, 그럼에도 값이 비슷하다는 것을 짐작할 수 있기에 Norton 등가회로가 성립함을 확인할 수 있다.

<Part 3>

(a)

$E_{Th} = I_N R_N = 1.7654 \times 513.8 = 0.9071 \text{ V}$

(b)

Table 13.4

	Measured	% Difference
V_{ab}	67.26mV	25.6%
I_L	1.41mA	26.2%

측정한 V_{ab} 는 67.26mV이다. $I_L = \frac{67.26 \times 10^{-3}}{47.56} = 1.41 \times 10^{-3} \text{ A}$

V_{ab} 의 part2(d)에서의 값과의 상대오차 = $\frac{|90.84 - 67.6|}{90.84} \times 100\% = 25.6\%$

I_L 의 part2(d)에서의 값과의 상대오차 = $\frac{|1.91 - 1.41|}{1.91} \times 100\% = 26.2\%$

이 실험에서 사용한 회로는 Fig.13.4의 Thevenin 등가회로이다. 오차자 작지는 않지만, 두 값이 비슷한 것을 짐작할 수 있으므로, source conversion이 성립함을 확인할 수 있다.

3. 이론과 결과 사이의 오차 비교 및 분석

<Part1>

저항의 이론값인 10Ω, 47Ω, 100Ω, 220Ω으로 Table 13.1을 다시 구성하면 다음과 같다.

	10Ω	47Ω	100Ω	220Ω
R_L	10 Ω	47 Ω	100 Ω	220 Ω
$I_L (calculated)$	0.999 mA	0.995 mA	0.990 mA	0.978 mA
$V_L (measured)$	9.99 mV	0.0468 V	0.0990 V	0.215 V
$I_L (from V_L)$	$9.99 \times 10^{-4} \text{ A}$	$9.96 \times 10^{-4} \text{ A}$	$9.90 \times 10^{-4} \text{ A}$	$9.77 \times 10^{-4} \text{ A}$

$V_L (measured)$ 은 VDR을 이용하여 $V_L = 10 \times \frac{R_L}{10000 + R_L}$ 와 같은 식을 구성하고, R_L 의 이론값들을 대입하여 계산하였다.

%Difference	10Ω	47Ω	100Ω	220Ω
$I_L (calculated)$	0.400%	0.503%	0.505%	0.511%
$V_L (measured)$	0.100%	0.150%	0.0303%	0.726%
V_L	1.00%	0.0110%	0.202%	0.409%

$I_L (calculated)$, $V_L (measured)$, V_L 의 이론값과 실험값과의 상대오차를 $\frac{|\text{이론} - \text{실험}|}{\text{이론}} \times 100\%$ 에, Tale 13.1의 실험 값들을 대입하여 위와 같은 상대오차 표를 구성하였다. 상대오차 값들이 모두 굉장히 작으므로, 측정은 잘 되었다. 약간의 오차가 발생한 원인은 접촉불량, DMM의 내부저항 및 도선의 저항 등이라고 생각한다.

<Part2>

(b)에서 저항의 이론값을 이용하여 $R_N = \frac{3300 \times 330}{3300 + 330} + 220 = 520 \Omega$, $I_N = \frac{12 \frac{330}{3300 + 330}}{520} = 2.10 \text{ mA}$ 의 두 이론값을 얻을 수 있다.

Table 13.2에서, 아래와 같이 저항의 이론값을 이용하여 이론값 부분을 추가한다.

	이론값	Calculated (b)	Measured (e) & (f)
R_N	520Ω	513.5Ω	0.5138kΩ
I_N	2.10mA	2.11mA	1.7654mA

R_N 의 이론값과 측정값의 상대오차는 $\frac{520-513.8}{520} \times 100\% = 1.19\%$ 이다. 또한 I_N 의 이론값과 측정값의 상대오차는 $\frac{2.10-1.7654}{2.10} \times 100\% = 15.9\%$ 이다. R_N 은 오차가 거의 발생하지 않은 반면, I_N 는 작지 않은 오차가 발생하였다. 이 오차는 소자의 접촉불량, 도선의 저항, DMM의 내부저항에 의해서 발생하였다고 생각한다.

저항의 이론값을 이용하여 (c)의 I_L 을 계산하면 $I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = (2.10 \times 10^{-3}) \frac{520}{520 + 47} = 1.93mA$ 이다. 이는 실험에서 계산한 1.93mA와 오차가 없다.

(d)에서, 저항의 이론값으로 Fig.13.4에 Mesh Current method로 $-12 + 3300i_1 + 330(i_1 - i_2) = 0$, $(220 + 47)i_2 + 330(i_2 - i_1) = 0$ 를 계산하면 47Ω에 흐르는 전류는 i_2 로, 1.924 mA인 것을 알 수 있다. 따라서 V_{ab} 는 $1.924 \times 10^{-3} \times 47 = 0.0904 V$ 임을 알 수 있다. 여기서 i_2 는 I_L 이다.

또한, Norton 등가회로를 이용하여 계산한 이론값은, CDR에 의해서

$I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = (2.10 \times 10^{-3}) \frac{520}{520 + 47} = 1.93mA$ 이다. 이를 옴의 법칙에 적용하면 V_{ab} 는 $1.93 \times 10^{-3} \times 47 = 0.0907 V$ 이다.

100Ω도 마찬가지로, Fig.13.4에서는 $-12 + 3300i_1 + 330(i_1 - i_2) = 0$, $(220 + 100)i_2 + 330(i_2 - i_1) = 0$ 를 계산하면 $i_2 = I_L = 1.76 mA$ 이다. 따라서 V_{ab} 는 $1.76 \times 10^{-3} \times 100 = 0.176 V$ 이다.

Norton 등가회로에서는 CDR에 의해서

$I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = (2.10 \times 10^{-3}) \frac{520}{520 + 100} = 1.76mA$ 이다. 이를 옴의 법칙에 적용하면 V_{ab} 는 $1.76 \times 10^{-3} \times 100 = 0.176 V$

이다. 이를 바탕으로 측정값과의 상대오차를 계산하면 아래 표와 같다.

Table13.3

% Difference	47 Ω (Fig. 13.4)	47 Ω (Norton Equiv.)	100 Ω (Norton Equiv.)	100 Ω (Fig. 13.4)
V_{ab}	0.487%	16.5%	17.4%	0.392%
I_L	0.728%	17.6%	17.6%	0.568%

표를 보면, 가변저항을 사용하지 않은 부분에선 오차가 거의 발생하지 않은 반면, 가변저항을 사용한 부분에서 오차가 작지 않게 발생하였다. 따라서 가변저항에 문제가 있음을 짐작할 수 있다. 가변저항을 다룰 때, 가변저항의 톱니를 돌려서 저항값을 조정할 때, 상당히 예민하여 조금의 접촉만 있어도 저항값이 변하던 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 가변저항값을 R_N 에 맞추고 회로를 구성하는 과정에서, 손이나 도선이 가변저항의 톱니를 건드려서 저항값이 변했다고 유추할 수 있다.

47 Ω을 사용한 Norton 등가회로 부분에서, $I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L}$ 를 $R_N = \frac{I_L R_L}{I_N - I_L}$ 로 변환할 수 있다. 이 식에 실험값을

집어넣으면 $\frac{1.59mA \times 47.65 \Omega}{1.7654mA - 1.59mA} = 432 \Omega$ 이다. 따라서, 513.8Ω에 맞춰놓은 R_N 이 실험 도중 톱니가 건들여져서 값이 432

Ω으로 변경되었다고 유추할 수 있다. 따라서 가변저항 소자를 브레드보드에 연결할 때, 도선 등 다른 소자들에 의해 영향을 받지 않도록 거리를 둔다면 더 정확한 측정이 가능했을 것이라고 생각한다. (Norton 등가회로는 성립하므로)

<Part3>

Table 13.4

	이론	Measured	% Difference
V_{ab}	90.4mV	67.26mV	25.6%
I_L	1.92mA	1.41mA	26.2%

V_{ab} 의 이론값은 $V_{ab} = E_{Th} \times \frac{520(R_N)}{520 + 47(R_L)} = 90.4mV$ 이다. 이와 측정값의 상대오차는 $\frac{90.14 - 67.26}{90.14} \times 100\% = 25.4\%$ 이다.

I_L 의 이론값은 $I_L = \frac{90.4mV}{47} = 1.92mA$ 이다. 측정값과의 오차는 $\frac{1.92 - 1.41}{1.92} \times 100\% = 26.6\%$ 이다.

적지 않은 오차가 발생하였다. 오차 발생 원인은 Part2에서 가변저항에 의해 발생한 오차와 같다고 생각한다. 이는 초기에 맞춰놓은 가변저항값이 그대로 유지되도록 브레드보드를 구성할 때 주의한다면 줄일 수 있다고 생각한다.

또한, Power supply에서 소수 첫 자리까지만 조정이 가능하므로 반영되지 않은 그 이하 자릿수의 영향도 있다.

4. 고찰

Norton 등가회로에 대한 실험을 진행하였다. 가변저항을 제대로 다루지 못하여 오차가 발생하였지만, Norton 이론에 따른 등가회로가 성립한다는 것과 Thevenin 등가회로와 전환 가능하다는 것을 확인할 수 있었다.

5. Exercise

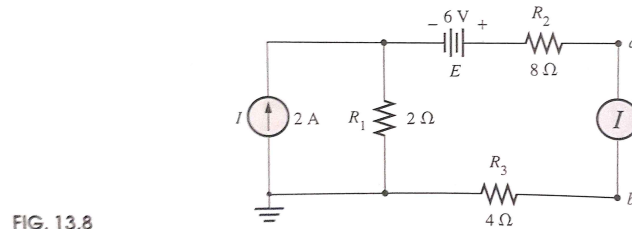


FIG. 13.8

(a)

ammeter에 흐르는 전류 I_N 을 구하기 위하여 망 전류법을 사용하면, $i_1 = 2, -6 + 2(I_N - i_1) + 8I_N + 4I_N$ 이다.

방정식을 계산하면 $I_N = 0.714A$ 이다.

(b)

$I_L = \frac{0.714}{2} = 0.357A$, a와 b 사이에 R_L 을 연결하였다고 가정하고 KVL을 적용하면

$-6 + 8 \times 0.357 + R_L \times 0.357 + 4 \times 0.357 + 2 \times (0.357 - 2) = 0$ 이다. 따라서 $R_L = 14\Omega$ 이다. 이때, $I_L = \frac{I_N}{2}$ 라는 것은

$R_N = R_L$ 라는 것을 의미하므로, $R_N = 14\Omega$ 이다.

6. 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 156~166p