

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. 예비 보고서>

학 부: 전자공학과

제출일: 2020.03.29

과목명: 기초전기실험

교수명: 구형일 교수님

분 반: 7

학 번: 202021025

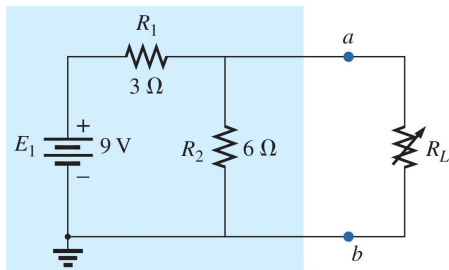
성 명: 안준영

Ch. 12 Thevenin's Theorem and Maximum Power Transfer

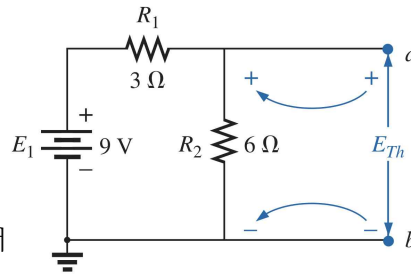
[1] 실험이론

1. Thevenin's Theorem

Thevenin's Theorem은 2개의 terminal을 가진 어떤 회로를 하나의 전압원과 하나의 저항만으로 구성된 회로로 바꾸는 이론이다. 우선 모든 전원을 0로 설정한다 (전압원은 short circuits으로, 전류원은 open circuits으로 바꾸어서). 그리고 나서 저항 R_{Th} 를 구한다(R_L 은 제외시켜야 한다). 다음으로 다시 모든 전원을 원래 위치로 되돌려놓고 open circuits의 전압 E_{Th} 을 구한다. E_{Th} 를 구하는 방법의 예시는 다음과 같다.

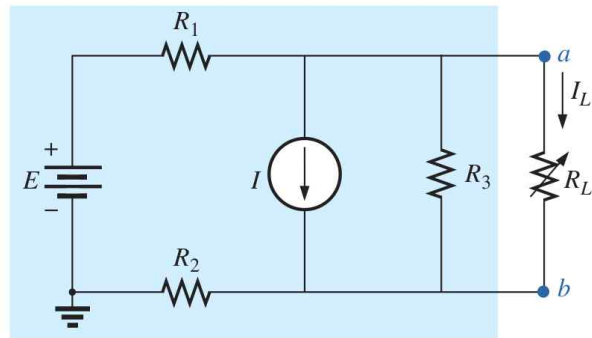


와 같은 회로에서

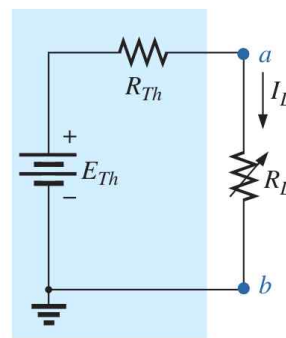


와 같이 E_{Th} 를 구한다.

R_{Th} 와 E_{Th} 를 구하였으면 아래와 같이 Thevenin equivalent circuit을 구성한다.



(a)



(b)

또한, 저항이 최대 전력을 소모할 때, R_{Th} 와 R_L 이 같다. 그러므로 VDR에 의하여 $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$ 이다. $P = \frac{V^2}{R}$ 이므로, 저항이 소모하는 최대 전력은 $P_{\max} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$ 이다.

[2] 실험부품

1. 저항 (330Ω, 91Ω, 220Ω, 330Ω, 470Ω)
2. DMM
3. dc power supply
4. 0-1kΩ, 0-10kΩ potentiometer(가변저항)

회로에서 임의로 저항값을 바꿀 수 있는 소자이다. 값을 변경할 때는 회로에서 적어도 한 터미널은 회로에서 빼주어야 하고, supply의 전원을 끄고 바꾸어야 한다.

[3] 실험방법 및 예상결과

[실험과정]

<Part 2>

(a) Fig. 12.7과 같이 회로를 구성하고 $R_{1\text{measured}}$ 를 측정한다. R_L 값을 0Ω , 50Ω , 100Ω , 200Ω , 300Ω , $R_{1\text{measured}}$, 400Ω , 600Ω , 800Ω , 1000Ω 으로 바꿔가면서 R_L 에 걸리는 전압을 측정하여 Table 12.4에 기록한다. 저항값을 조정할 때에는 power supply를 끄고 potentiometer의 한 단자를 빼야 하는 것을 주의한다. Table 12.4의 P를 계산하여 표를 채우고, 이를 바탕으로 Graph 12.1의 R-P 그래프를 완성한다.

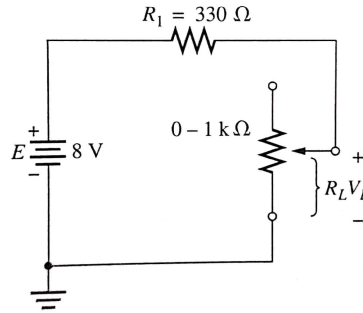


FIG. 12.7

(b) 이론적으로, Fig. 12.7의 회로에서 R_L 이 어떤 값을 가질 때 최대 전력을 소모할지 계산하고 Table 12.5에 기록한다. Graph 12.1에서 최대 전력을 갖는 R_L 을 Table 12.5에 기록한다.

(c) V_L 과 E이 어떤 관계에 있는지 알아본다. R_L 이 최대 전력을 소모할 때 V_L 을 계산하여 Table 12.5에 기록한다. Graph 12.1에서 R_L 이 최대 전력을 소모할 때, potentiometer를 그 R_L 의 값으로 설정하고 V_L 을 측정하여 Table 12.5에 기록한다.

<Part 3>

(a) Fig. 12.8과 같이 회로를 구성하고 각 저항값을 측정하여 기록한다.

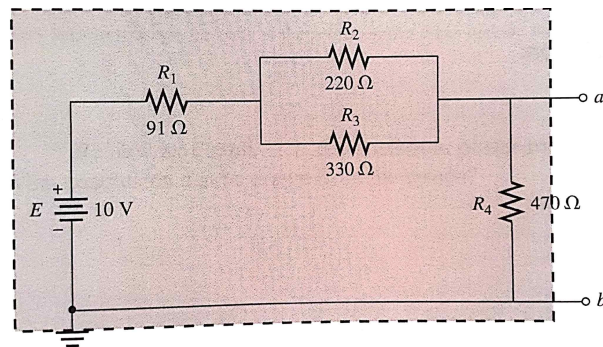


FIG. 12.8

(b) power supply를 키고 E_{Th} 를 결정한다. 열린 회로 구간의 전압 V_{ab} 를 측정하고 Table 12.6에 기록한다. 1-k Ω potentiometer를 Fig. 12.8에 Fig. 12.9와 같이 연결한다. power supply를 키고 $V_L = \frac{E_{Th}}{2}$, $R_{Th} = R_L$ 이 되도록 potentiometer를 설정한다. supply를 끄고 potentiometer를 연결 해제한다. a-b 사이의 저항을 R_{Th} 로서 측정하여 Table 12.6에 기록한다.

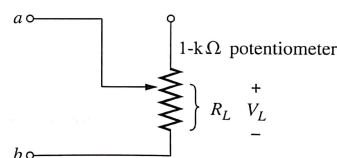
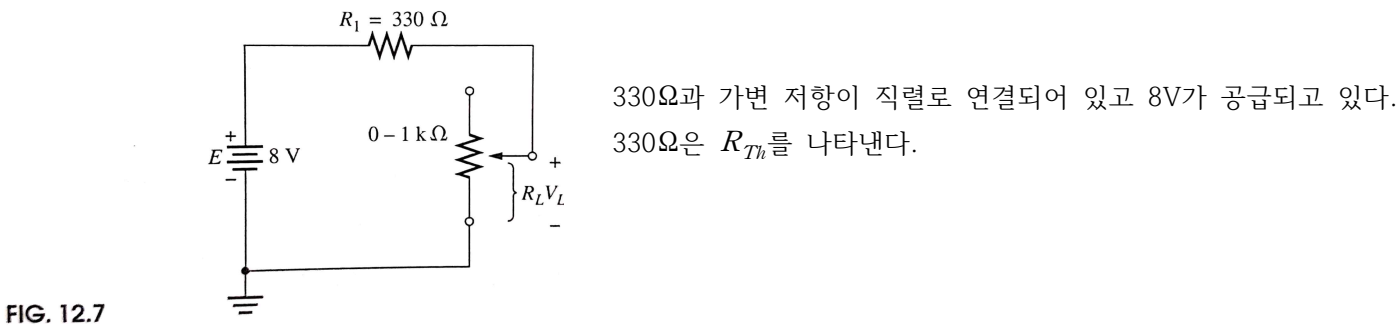


FIG. 12.9

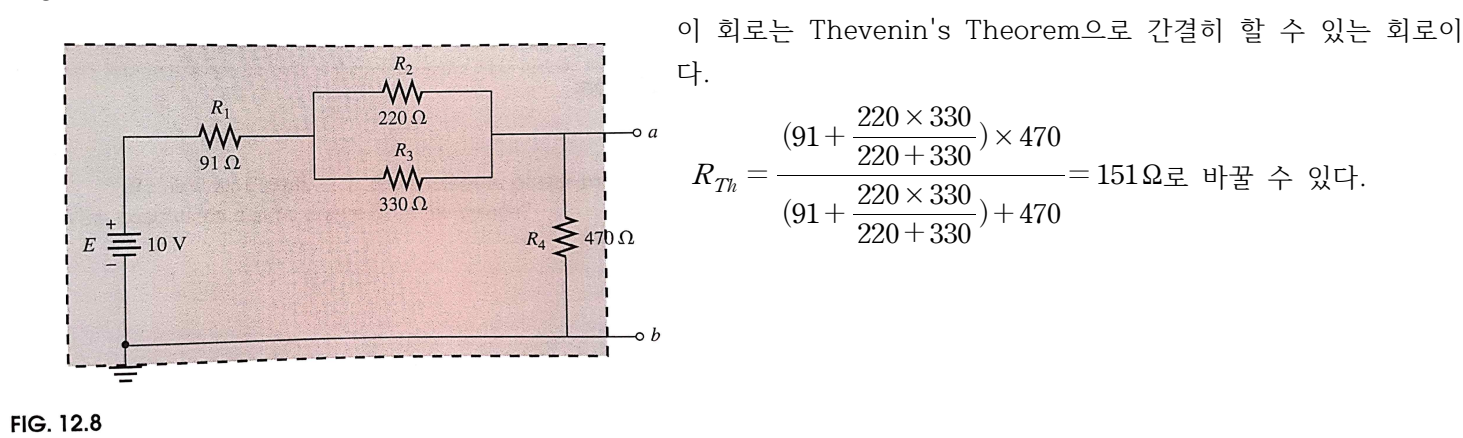
- (c) 측정 저항값을 이용하여 R_{Th} , E_{Th} 를 계산하여 Table 12.6에 기록한다.
- (d) potentiometer를 Fig. 12.9와 같이 연결한 채로 Table 12.7의 R_L 값들에 따른 V_L 를 측정하여 Table 12.7에 기록한다. P_L 을 계산하여 Table 12.7에 기록한다. Graph 12.2 (R-P)와 Graph 12.3 (R-V)를 완성한다.

[회로분석]

<Part 1>



<Part 2>



[예상결과]

<Part 1>

Table 12.4

R_L	V_L	$P = \frac{V_L^2}{R_L} (mW)$
0 Ω	0	0
50 Ω	1.05 V	22.1 mW
100 Ω	1.86 V	34.6 mW
200 Ω	3.02 V	45.6 mW
300 Ω	3.81 V	48.4 mW
330 Ω (이론)	4 V	48.5 mW
400 Ω	4.38 V	48.0 mW
600 Ω	5.16 V	44.4 mW
800 Ω	5.66 V	40.0 mW
1000 Ω	6.02 V	36.2 mW

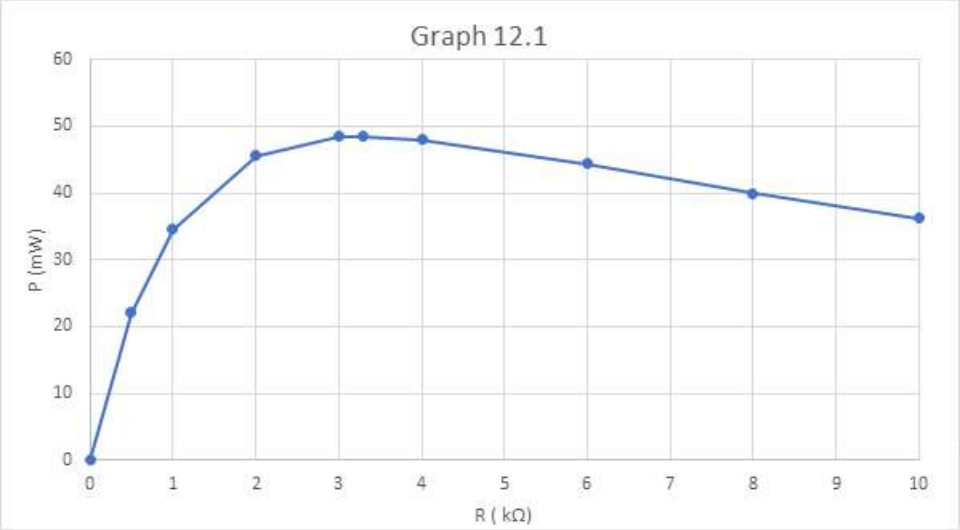
VDR에 의한 $V_L = \frac{R_L}{R_L + 330} \times 8V$ 에 각 R_L 값을 대입하여 V_L 을 얻을 수 있다. 계산값은 위의 표에 적었다. 또한, $P = \frac{V_L^2}{R_L} (mW)$ 로 전력값을 계산한 값 또한 적어 놓았다. 이론적으로, R_L 이 최대 전력을 소비할 때 R_L 의 값은 R_1 과 같은 330Ω이다. 또한 그때의 V_L 은 위에서의 계산식으로 계산하면 4 V이다. 위의 그래프에서, $R_L=330\Omega$ 일 때 전력이 48.5

mW 으로 최대인 것을 알 수 있다.

Table 12.5

	Theory
R_L	330 Ω
V_L	4 V

위에서의 표를 엑셀 그래프로 나타내면



와 같다. $R_L=330 \Omega$ 일때 전력이 최대이다.

R_L 이 최대 전력을 소비할 때, 측정값은 이론값인 330Ω 에 가까운 값이 측정될 것이다. V_L 또한 이론값인 4 V와 가까운 값으로 측정될 것이다.

<Part 3>

Table 12.6

	Theory
E_{Th}	151 Ω
R_{Th}	6.78 V

Thevenin's Theorem에 의하여 $R_{Th} = \frac{(91 + \frac{220 \times 330}{220 + 330}) \times 470}{(91 + \frac{220 \times 330}{220 + 330}) + 470} = 151 \Omega$ 이다.

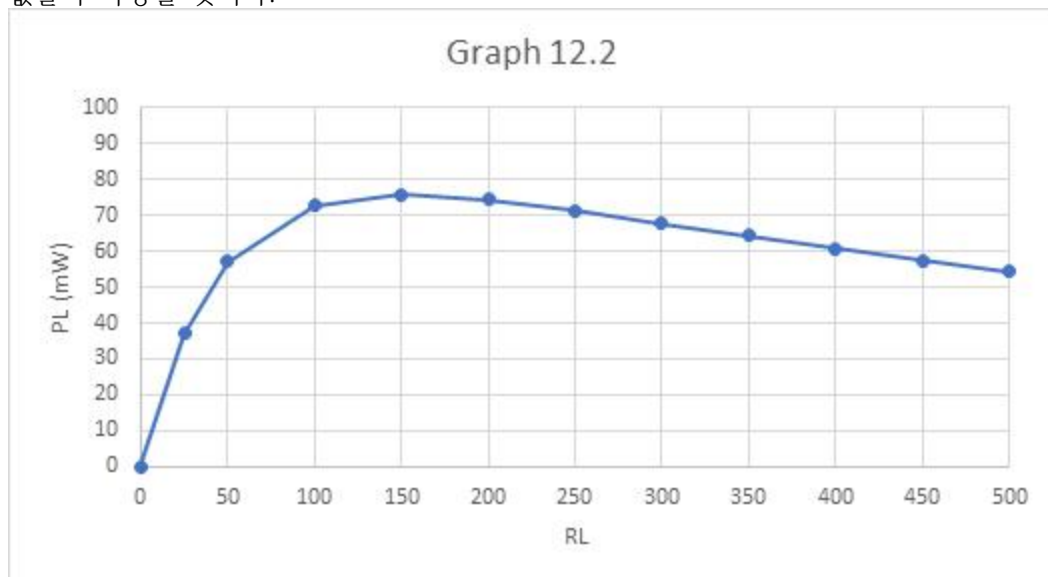
또한 E_{Th} 는 470Ω에 걸리는 전압이므로, VDR을 사용하여 $\frac{470}{(91 + \frac{220 \times 330}{220 + 330}) + 470} \times 10 = 6.78 V$ 이다.

E_{Th} 와 R_{Th} 의 측정값은 이론값인 151 Ω와 6.78 V와 근접한 값이 측정될 것이다.

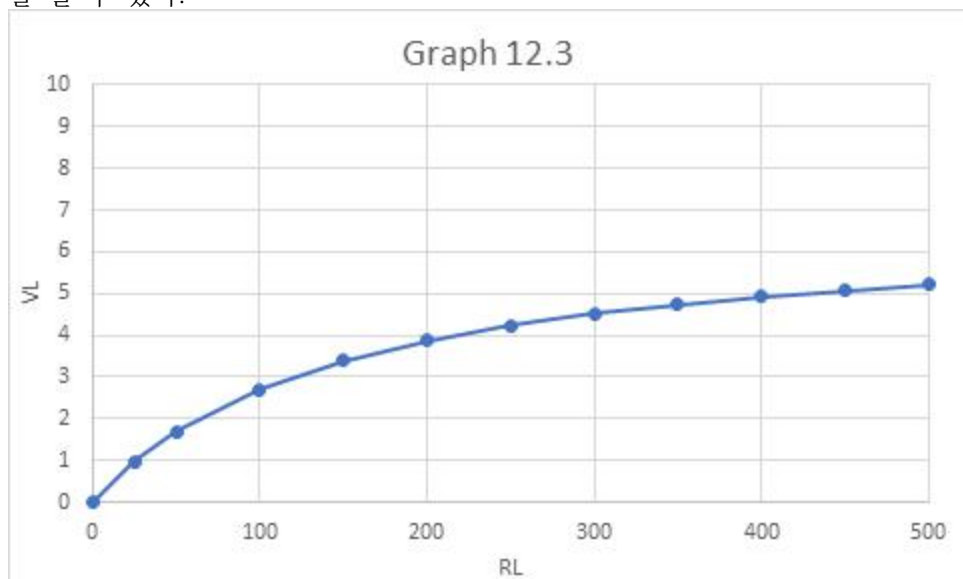
Table 12.7

R_L	V_L	$P = \frac{V_L^2}{R_L} (mW)$
0 Ω	0	0
25 Ω	0.963 V	37.1 mW
50 Ω	1.69 V	57.0 mW
100 Ω	2.70 V	72.6 mW
150 Ω	3.38 V	75.8 mW
200 Ω	3.86 V	74.5 mW
250 Ω	4.22 V	71.3 mW
300 Ω	4.51 V	67.6 mW
350 Ω	4.74 V	64.4 mW
400 Ω	4.92 V	60.7 mW
450 Ω	5.08 V	57.5 mW
500 Ω	5.21 V	54.2 mW

V_L 은 위에서와 같은 방법으로, $V_L = \frac{R_L}{R_L + R_{Th}} \times 6.78 = \frac{R_L}{R_L + 151} \times 6.78$ 으로 계산하였다. 표를 보면, R_L 이 150Ω 으로 151Ω 에 가장 가까울 때 전력을 75.8 mW 로 최대로 소비하는 것을 알 수 있다. 실제 측정값은 위의 표의 값들과 근접한 값들이 측정될 것이다.



이론 계산값으로 만든 Graph 12.2를 보면, R_L 이 150Ω 으로, 151Ω 에 가장 근접할 때 소비하는 전력이 최대가 된다는 것을 알 수 있다.



또한, 소비전력이 최대일 때, 즉 R_L 이 151Ω 에 가장 근접한 150Ω 일 때, V_L 은 $V_L = \frac{E_{Th}}{2} = 3.39\text{ V}$ 와 가장 근접한 $V_L = 3.38\text{ V}$ 이라는 것을 이론적으로 알 수 있다. 측정값 또한 이러한 점들을 만족하도록 측정될 것이다.

[4] 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 141~153p

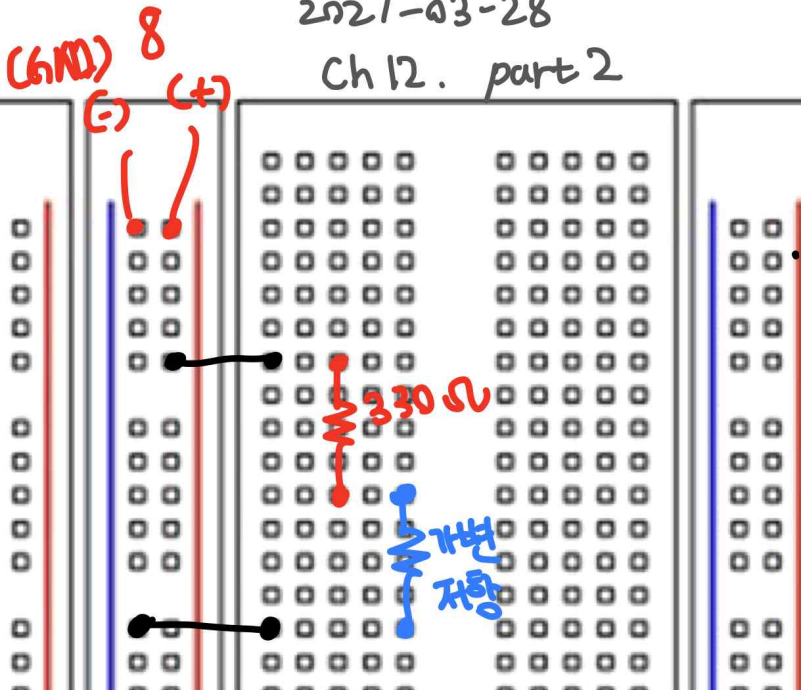
Introductory Circuit Analysis / 13판 / Robert L. Boylestad / 2016 / Pearson/ 380~382p, 397~402p

위키백과 : 가변저항 / <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EA%B0%80%EB%B3%80%EC%A0%80%ED%95%AD>

202021025 전자공학과 안준영

2021-03-28

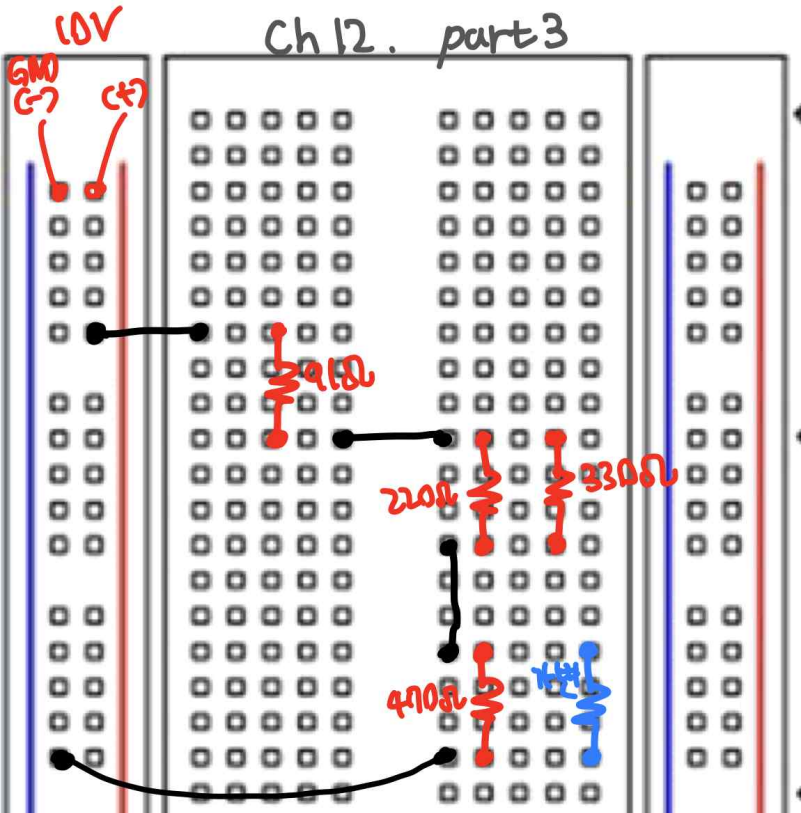
Ch 12. part 2



202021025 전자공학과 안준영

2021-03-28

Ch 12. part 3

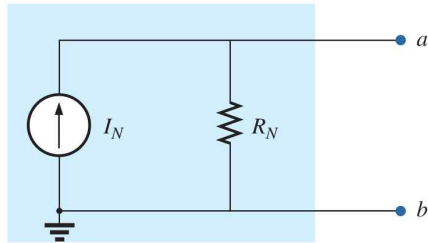


Ch. 13 Norton's Theorem and Current Sources

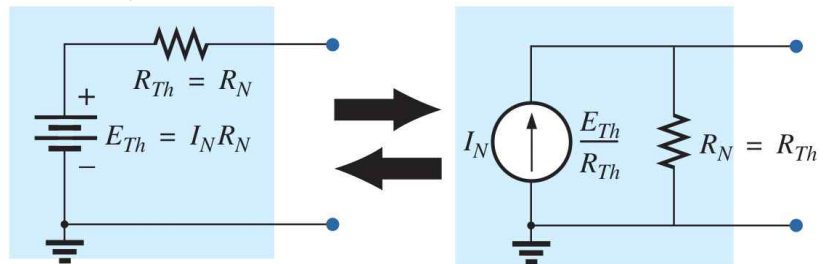
[1] 실험이론

1. Norton's Theorem

Norton's Theorem은 어떤 두 개의 단자가 있는 선형 dc 회로를 아래 그림과 같은 하나의 전류원과 병렬 저항이 연결된 형태로 바꿀 수 있다는 것이다.



이때 I_N 과 R_N 을 구하기 위해서 앞서 공부한 Thevenin's Theorem을 사용할 수 있다. R_N 을 결정하기 위해서 전류원은 오픈 시키고 전압원은 쇼트 시킨다. 그리고 저항을 구하면 되는데, $R_N = R_{Th}$ (Thevenin Resistance)이다. I_N 은 a와 b 사이에 흐르는 전류와 같다. (R_N 이 전류원의 내부저항보다 상당히 클 것이기 때문에). 아래 그림과 같이 Thevenin 이론과 Norton 이론의 등가 회로를 전환시킬 수 있다.



[2] 실험부품

1. 저항(10Ω , 47Ω , 100Ω , 220Ω , 330Ω , $3.3k\Omega$, $10k\Omega$)
2. 0-1k Ω potentiometer
3. DMM
4. dc power supply

[3] 실험방법 및 예상결과

[실험방법]

<Part 1>

(a) Figure. 13.2와 같이 회로를 구성하고 R_S 을 측정하여 기록한다.

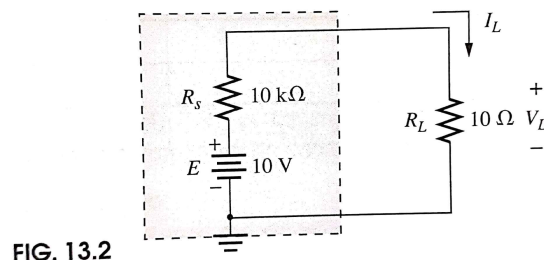


FIG. 13.2

(b) R_L 을 측정하고 Table 13.1에 기록한다. 측정 저항값으로 I_L 을 계산하고 Table 13.1에 기록한다.

(c) supply를 켜고 V_L 을 측정하여 I_L 을 계산한다. Table 13.1에 기록한다.

(d) supply를 끄고 R_L 을 47Ω 으로 바꾸고 저항값을 측정한다. 그리고 측정 저항값으로 I_L 을 계산하여 Table 13.1에 기록한다.

(e) supply를 켜고 V_L 을 측정하여 I_L 을 계산한다. Table 13.1에 기록한다.

(f) supply를 끄고 R_L 을 100Ω 으로 바꾸고 저항값을 측정한다. 그리고 측정 저항값으로 I_L 을 계산하여 Table 13.1에 기록한다.

- (g) supply를 켜고 V_L 을 측정하여 I_L 을 계산한다. Table 13.1에 기록한다.
- (h) supply를 끄고 R_L 을 220Ω 으로 바꾸고 저항값을 측정한다. 그리고 측정 저항값으로 I_L 을 계산하여 Table 13.1에 기록한다.
- (i) supply를 켜고 V_L 을 측정하여 I_L 을 계산한다. Table 13.1에 기록한다.
- (j) Graph 13.1에 I_L 대 R_L 그래프를 그린다. 이때 I_L 은 V_L 로 계산한 값을 사용한다.
- (k) I_L 이 상수인지 본다.
- (l) Fig. 13.3이 Fig. 13.2의 접근법으로서 어떠한지 생각해본다.

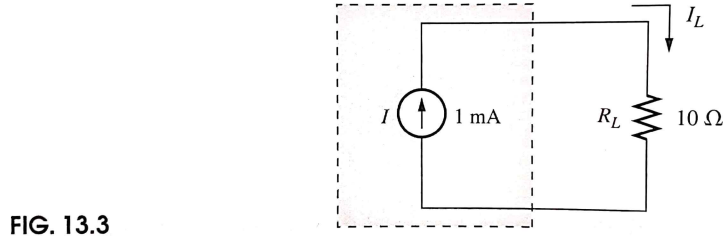


FIG. 13.3

<Part 2>

- (a) Fig. 13.4(a)와 같이 회로를 구성하고 각 저항값(R_1, R_2, R_3)을 측정하여 기록한다.

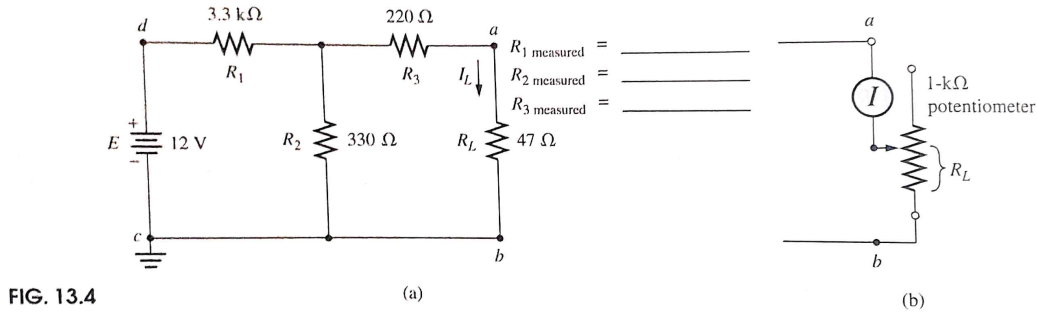


FIG. 13.4

- (b) 측정 저항값을 이용하여 I_N 과 R_N 을 계산한다. Table 13.2에 기록한다.
- (c) 위의 (b)에서 계산한 값들을 이용하여 Norton equivalent circuit을 구성하여 $I_L(47\Omega)$ 을 계산한다.
- (d) supply를 키고 V_{ab} 를 측정한다. 이 값과 47Ω 의 측정 저항값으로 I_L 을 계산한다. Table 13.3에 기록한다.
- (e) 47Ω 을 빼고 DMM의 ammeter를 연결하여 I_N 을 측정한다. Table 13.2에 기록한다.
- (f) $I_L = \frac{I_N}{2}$ 으로 I_L 을 계산한다. Fig. 13.4(b)와 같이 a와 b 사이에 potentiometer와 DMM의 ammeter를 직렬로 연결한다. supply의 전원을 키고 ammeter의 값이 $I_N/2$ 가 될 때까지 가변저항값을 바꾼다. 맞춰지면 potentiometer를 제거하고 R_N 을 측정한다. Table 13.2에 기록한다.

- (g) Fig. 13.5와 같이 회로를 구성한다. DMM의 측정값이 I_N 을 가리킬 때까지 공급 전압을 바꿔본다. 그때의 E 와 I_N 을 Fig. 13.6(b)에 기록한다. 그리고 DMM을 제거하고 potentiometer를 R_N 으로 설정하고 Fig. 13.6(b)처럼 회로에 삽입한다. V_{ab} 를 측정하고 측정 저항값을 이용하여 I_L 을 계산한다. Table 13.3에 기록한다.

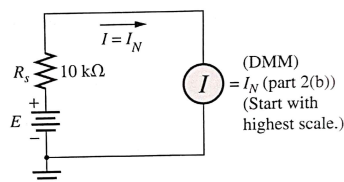


FIG. 13.5

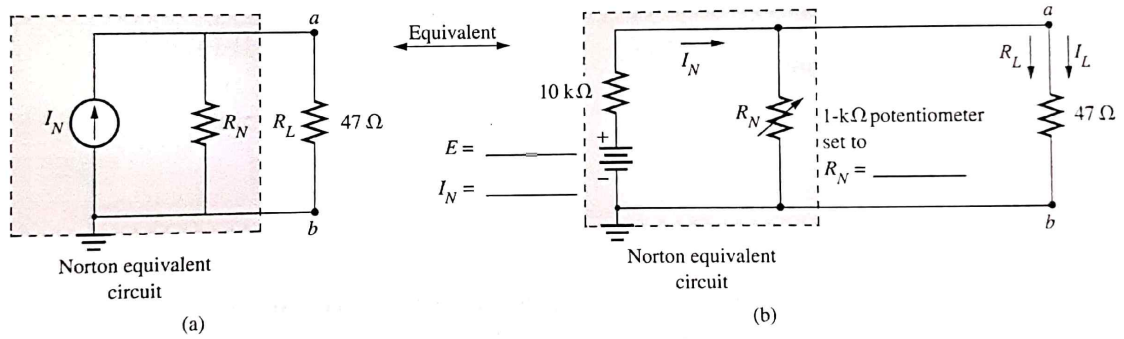


FIG. 13.6

(h) Fig. 13.6(b)에서 47Ω 을 100Ω 으로 교체하고 V_{ab} 를 측정한다. I_L 을 계산한다. Table 13.3에 기록한다. Fig. 13.4를 $R_L = 100\Omega$ 으로 재구성하고 V_{ab} 를 측정한다. I_L 도 계산한다. Table 13.3에 기록한다.

<Part 3>

(a) Fig. 13.6(b)에서 $E_{Th} = I_N R_N$ 를 계산한다.

(b) Fig. 13.7과 같이 회로를 구성한다. V_{ab} 를 측정하고 I_L 을 계산한다. Table 13.4에 기록한다. Part2(d)와의 상대오차를 계산하여 Table 13.4에 기록한다.

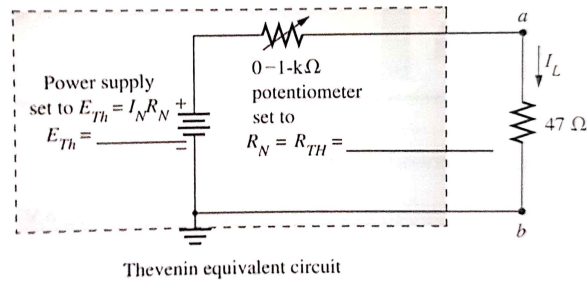


FIG. 13.7

[회로분석]

<Part 1>

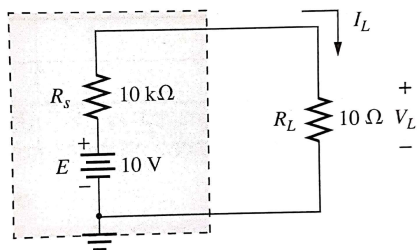


FIG. 13.2

R_S 와 R_L 이 직렬로 연결되어 있고 10V가 공급되고 있다. R_L 을 바꿔 주면 V_L 이 바뀐다. 하지만 옴의 법칙에 의해서 I_L 은 일정하다.

<Part 2>

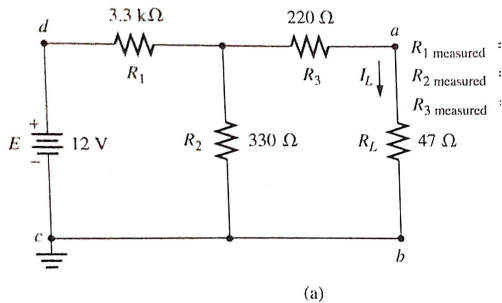


FIG. 13.4

Norton 이론에 따른 R_N 은 $\frac{3300 \times 330}{3300 + 330} + 220 = 520$ 이다.

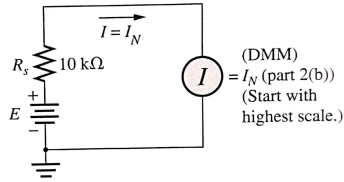
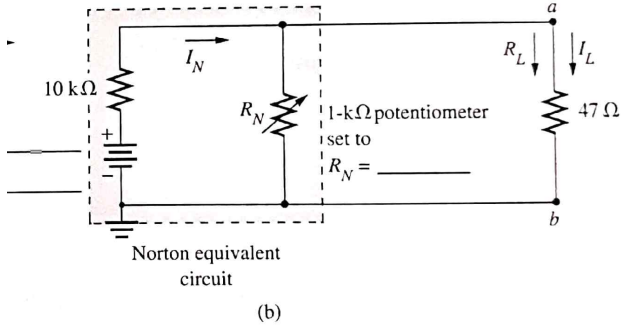


FIG. 13.5

적절한 E를 설정하기 위한 회로이다. DMM의 전류 측정값이 I_N 을 가리키도록 E를 설정한다.



Norton equivalent circuit이다. 가변저항의 저항값은 R_N 으로 설정한다. $10\text{k}\Omega$ 은 매우 크기 때문에 I_N 을 측정할 때 민감도를 낮춰주는 역할을 한다.

<Part 3>

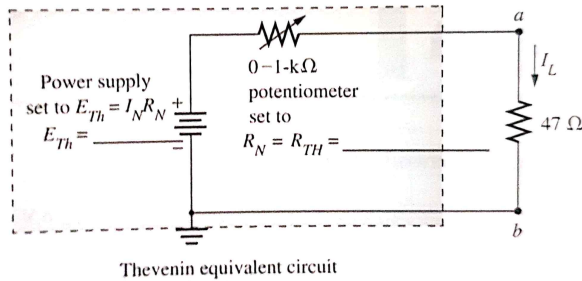


FIG. 13.7

위의 Fig. 13.6의 Norton 등가회로를 Thevenin 회로로 변환한 것이다. 그림에서 보이는 것과 같이 $R_N = R_{Th}$, $E_{Th} = I_N R_N$ 이다.

[예상결과]

<Part 1>

Table 13.1

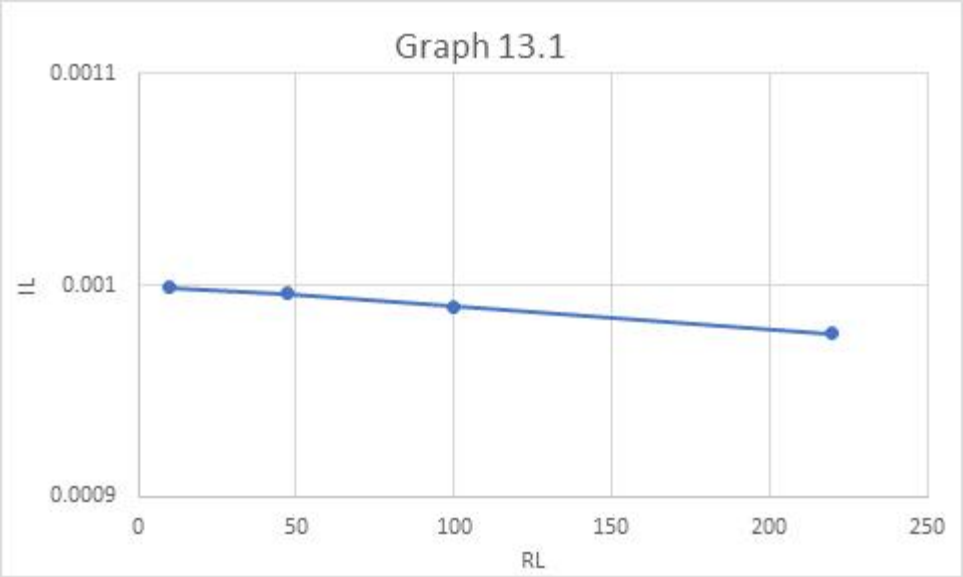
	10Ω	47Ω	100Ω	220Ω
R_L	10 Ω	47 Ω	100 Ω	220 Ω
I_L (calculated)	0.999 mA	0.995 mA	0.990 mA	0.978 mA
V_L (measured)	9.99 mV	0.0468 V	0.0990 V	0.215 V
I_L (from V_L)	9.99×10^{-4} A	9.96×10^{-4} A	9.90×10^{-4} A	9.77×10^{-4} A

I_L (calculated)는 옴의 법칙에 따라 $I_L = \frac{E}{10000 + R_L} = \frac{10}{10000 + R_L}$ 와 같은 식에 R_L 의 이론값을 대입하여 계산하였다. 또

한 V_L 은 VDR에 따라서 $V_L = \frac{R_L}{10000 + R_L} \times 10$ 와 같은 식에 R_L 을 대입하여 계산하였다. I_L (from V_L)은 옴의 법칙을 사

용하여 $\frac{V_L}{R_L}$ 로 계산하였다. 이때 V_L 은 V_L (measured) 값을 사용하였다. 실험 측정값은 위의 이론값과 유사하게 측정될 것이라고 예상한다.

위의 Table 13.1을 바탕으로 R_L - I_L (from V_L) 그래프를 엑셀로 나타내면 다음과 같다.



I_L 의 값이 R_L 값이 변하더라도 0.001 A 부근에 있는 것을 이론적으로 확인할 수 있다. 따라서 이론적으로는 I_L 의 값이 1 mA에 근접한 상수이다.

또한 Fig. 13.3과 같은 회로로 Fig. 13.2를 분석하여도 큰 문제가 없다고 생각한다. 10Ω은 10000Ω에 비하여 상당히 작은 값이므로 전류가 10000Ω 쪽으로는 거의 흐르지 않을 것이기 때문이다.

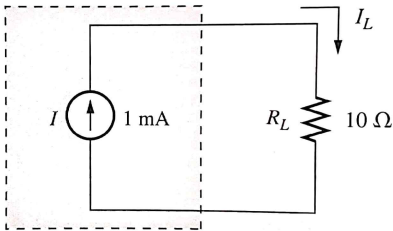


FIG. 13.3

<Part 2>

Table 13.2

	Calculated (b)	Measured (e) & (f)
R_N	520 Ω	
I_N	2.10 mA	

$R_N = \frac{3300 \times 330}{3300 + 330} + 220 (\Omega) = 520 \Omega$ 로 계산하였고, I_N 은 옴의 법칙에 의하여 $I_N = \frac{V_{330 \Omega}}{R_N}$ 로 계산하였고, 47Ω을 오픈하면 330Ω과 3.3 kΩ이 직렬로 연결된 형태이므로 VDR에 의하여 $V_{330 \Omega} = 12 \times \frac{330}{3300 + 330} = 1.09 V$ 이다. 따라서 I_N 은 2.10 mA로 계산되었다. 이때 앞서 이론에서 설명한 것 처럼, $V_{330 \Omega} = E_{Th}$ 이다. 실험 측정값은 이 이론값과 근접한 값이 측정될 것이라고 예상한다.

Table 13.3

	47 Ω	47 Ω	100 Ω	100 Ω
V_{ab}	0.0904 V	0.0907 V	1.76 mA	1.76 mA
I_L	1.924 mA	1.93 mA	0.176 V	0.176 V

Fig. 13.4에 Mesh Voltage method로 $-12 + 3300i_1 + 330(i_1 - i_2) = 0$, $(220 + 47)i_2 + 330(i_2 - i_1) = 0$ 를 계산하면 47 Ω 에 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.

I_L 을 이론적으로 계산하면 Norton equivalent circuit에서 CDR에 의해서

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

이 과정을 100 Ω 에 대해서 반복하면 $-12 + 3300i_1 + 330(i_1 - i_2) = 0$, $(220 + 100)i_2 + 330(i_2 - i_1) = 0$ 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.

I_L 은 Norton equivalent circuit에서 CDR에 의해서

$I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} = (2.10 \times 10^{-3}) \frac{520}{520 + 100} = 1.76 mA$ 이다. 이를 옴의 법칙에 적용하면 V_{ab} 는 $1.76 \times 10^{-3} \times 100 = 0.176 V$ 이다. 각 측정값들은 위 Table 13.3의 이론값들과 근접한 값들이 측정될 것이다.

<Part 3>

Table 13.4

	Measured
V_{ab}	90.4 mV
I_L	1.92 mA

앞선 값들로 $E_{Th} = I_N R_N = 2.10 \times 10^{-3} \times 520 = 1.09 V$ 임을 알 수 있다. 또한, $R_{Th} = R_N = 520 \Omega$ 이다. Thevenin equivalent circuit에서 V_{ab} 를 계산하면 $V_{ab} = E_{Th} \times \frac{520(R_N)}{520 + 47(R_L)} = 90.4 mV$ 이다. 옴의 법칙에 의하여 I_L 은 $I_L = \frac{90.4 mV}{47} = 1.92 mA$ 이다. 실제 실험 측정값은 위의 값들과 유사하게 측정될 것이라고 예상한다.

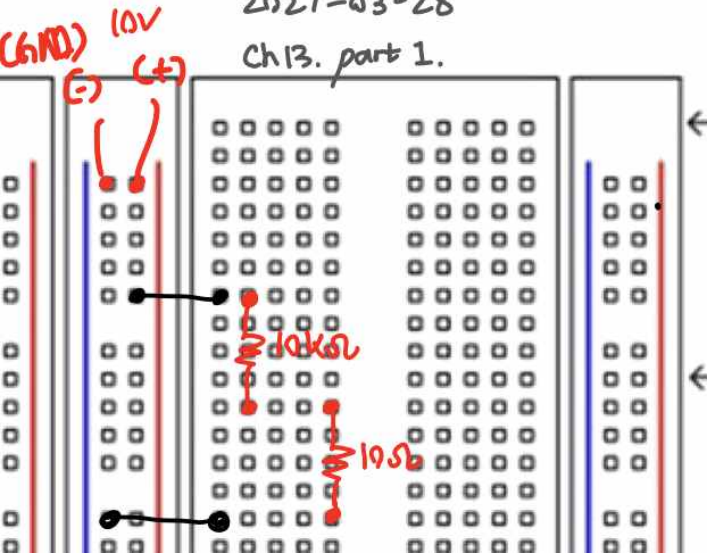
[4] 참고문헌

INTRODUCTORY CIRCUIT ANALYSIS / 12판 / Robert L. Boylestad, Gabriel Kousourou / 2015 / Pearson / 155~166p

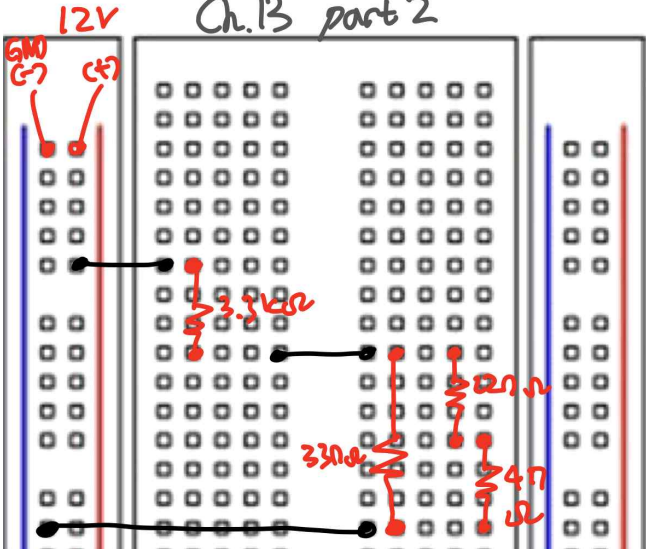
Introductory Circuit Analysis / 13판 / Robert L. Boylestad / 2016 / Pearson / 393~394p

Electric circuits / 10판 / Jame W.Nillson, Susan A.Riedel / Pearson / 2014 / 122~128p

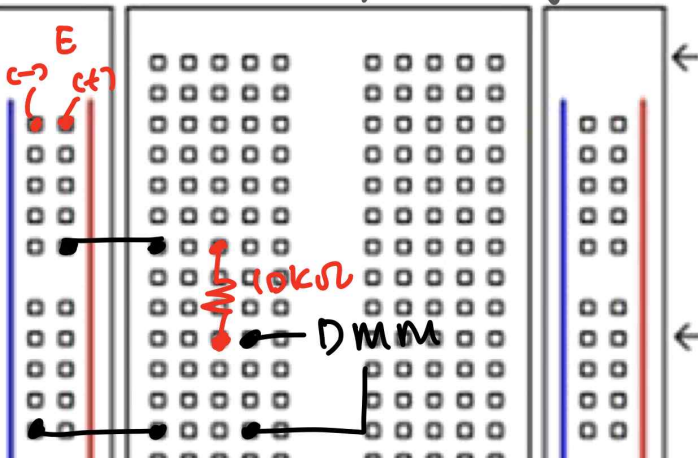
202021025 전자공학과 안준영
2021-03-28
Ch.13. part 1.



202021025 전자공학과 안준영
2021-03-28
Ch.13 part 2



202021025 전자공학과 안준영
2021-03-28
Ch.13 part 2 (Fig.13.5)



202021025 전자공학과 안준영
2021-03-28
Ch.13 part 2 (Fig.13.6)



202021025 전자공학과 안준영
2021-03-28
Ch.13 part 3

