

중첩의 원리, 테브난 & 노튼의 정리

기초전자 설계 및 실험
전자 IT 미디어공학과
최의민

Contents

- 이론

- 중첩의 원리
- 테브난의 정리
- 노튼의 정리

- 실험

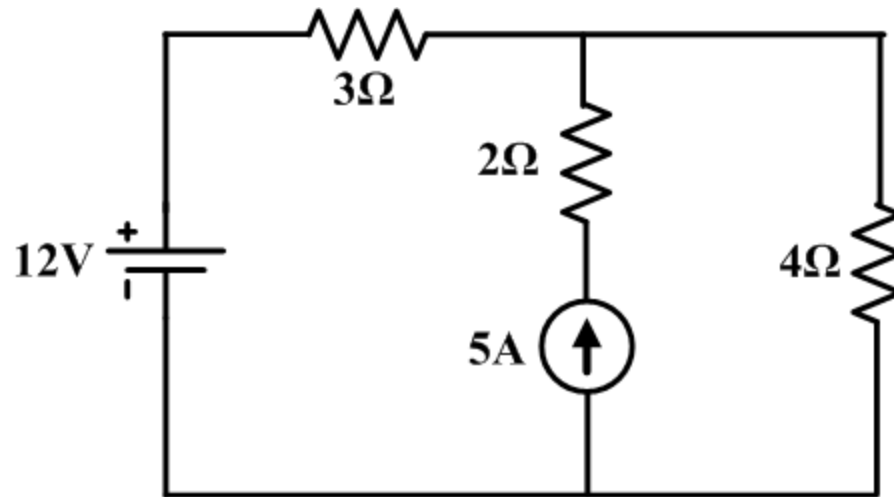
- 중첩의 원리
- 테브난의 정리
- 노튼의 정리

중첩의 원리

- 여러 개의 전원을 포함하는 선형 회로망에서 회로 내의 임의의 점에 흐르는 전류 또는 임의의 두 점 사이에 나타나는 전압은 각 전원이 독립적으로 작용할 때에 그 점에 흐르는 전류 또는 그 두 점 사이에 나타나는 전압을 합한 것과 같다.
- 중첩의 원리 적용 순서
 1. 하나의 전원을 선택하고, 다른 전원을 제거한다. 이 때, 전압원은 단락 시키고, 전류원은 개방 시킨다.
 2. 원하는 점의 전류 혹은 두 점 사이의 전압을 구한다.
 3. 다른 하나의 전원을 선택하고, 1에서 선택했던 전원은 제거한다.
 4. 원하는 점의 전류 혹은 두 점 사이의 전압을 구한다.
 5. 각 전원으로부터 얻은 전류 혹은 전압을 더한다.

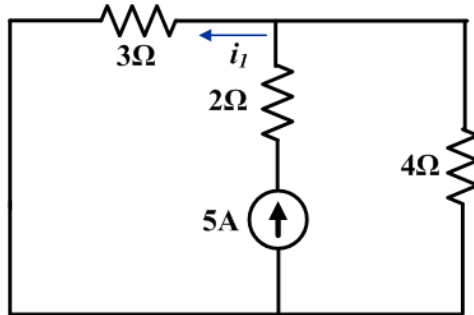
중첩의 원리

- 예제 1: 그림과 같이 전압원과 전류원으로 구성된 회로에서 $3\ \Omega$ 에 흐르는 전류를 구하라.



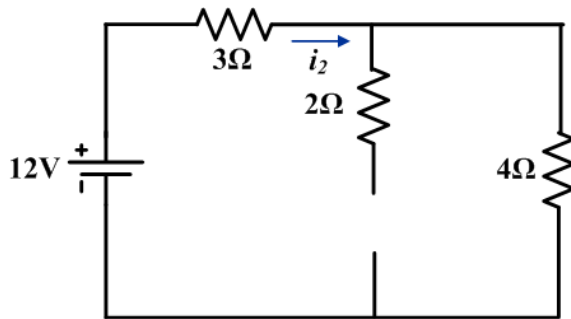
중첩의 원리

- 전류원을 선택, 전압원을 단락



$$i_1 = \frac{4}{3+4} \times 5 = 2.857 \text{ A}$$

- 전압원을 선택, 전류원을 개방

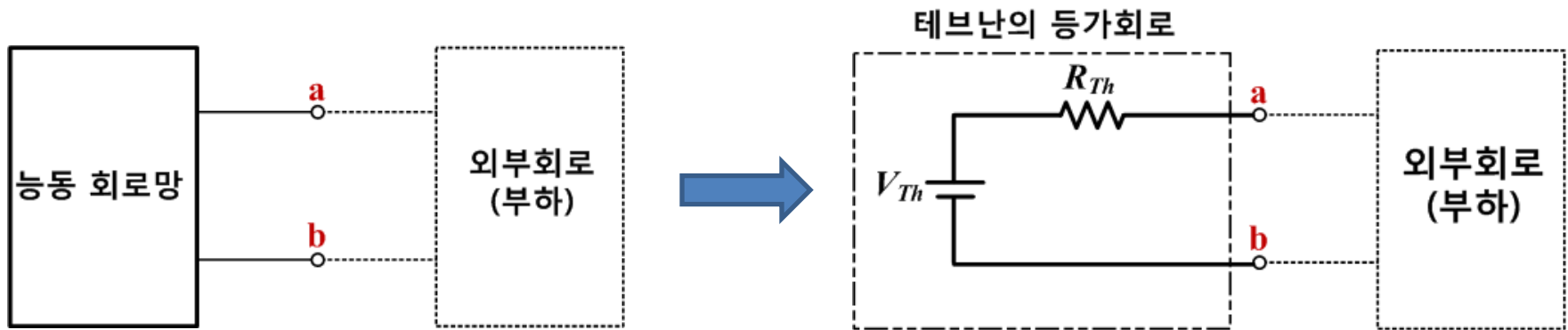


$$i_2 = \frac{12}{7} = 1.714 \text{ A}$$

- 각 전원으로로부터 얻은 전류를 더한다.

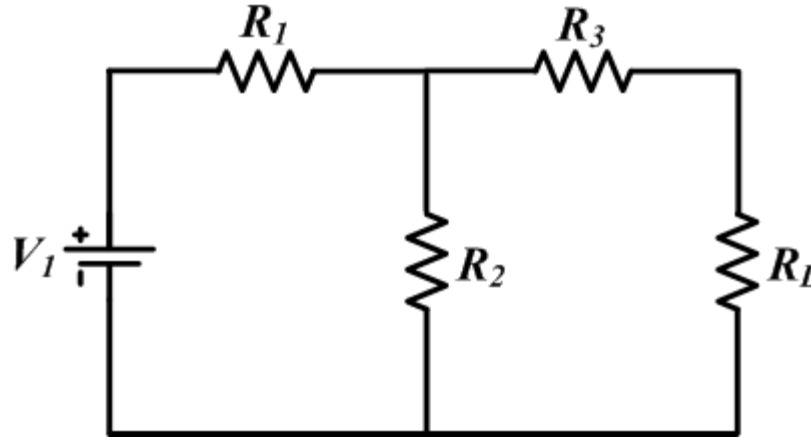
$$i = i_1 - i_2 = 2.857 - 1.714 = 1.143 \text{ A} \quad (\text{단, } i_1 \text{ 과 같은 방향})$$

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)



- 전원이 포함된 회로망, 즉 능동 회로망에서 회로내의 임의의 두 단자 A, B를 선택하고 이 단자에 대하여 외부에서 보았을 때 등가적으로 하나의 전압원 (테브난의 등가전압, V_{Th})과 직렬로 연결된 하나의 저항 (테브난의 등가저항, R_{Th}) 으로 대체할 수 있다.

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)



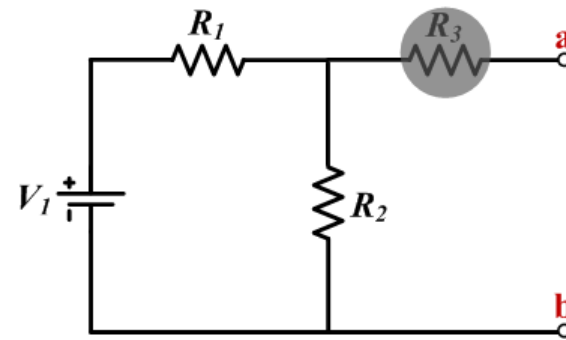
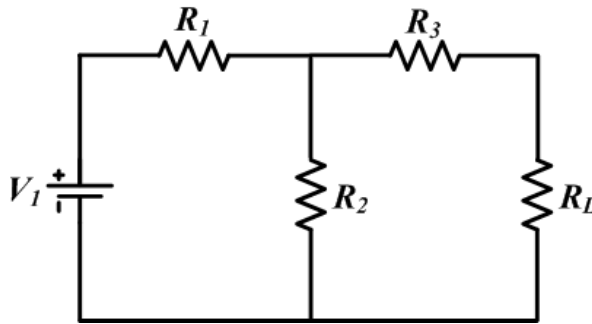
➤ 테브난의 등가회로를 구하는 과정

1. 전류 또는 전압을 구하려는 연결점이나 부품을 개방된 단자로 만든다.
2. 단자 간에 나타나는 전압, 즉 등가전압 V_{Th} 를 구한다.
3. 전원을 제거하고 개방된 단자에서 바라본 등가저항 R_{Th} 를 구한다.
4. V_{Th} 와 R_{Th} 를 직렬로 연결하여 테브난의 등가회로를 만든다.

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

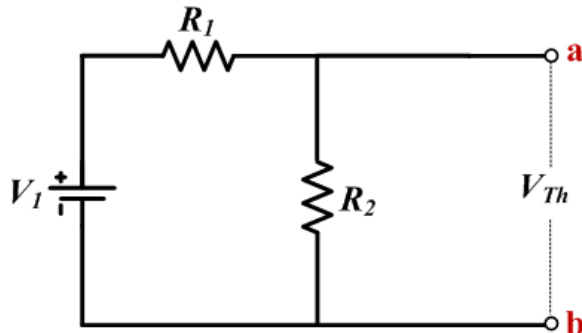
➤ 1. 전류 또는 전압을 구하려는 연결점이나 부품을 개방된 단자로 만든다.

- 부하 저항 R_L 을 제거하여 개방된 단자 **a**과 **b**를 만듦.
- R_3 는 포함한 회로는 개방되므로 R_3 을 제거.



➤ 2. 단자 간에 나타나는 전압, 즉 등가전압 V_{Th} 를 구한다.

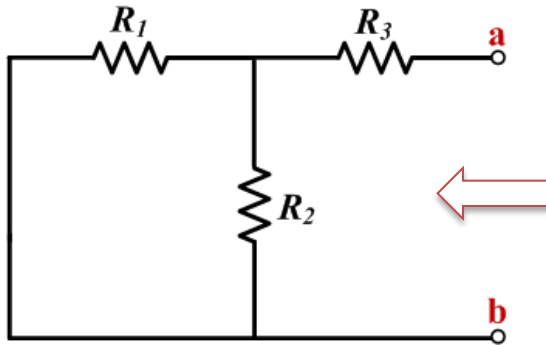
- 단자간에 나타나는 전압은 R_2 에 걸린 전압이 됨.



$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

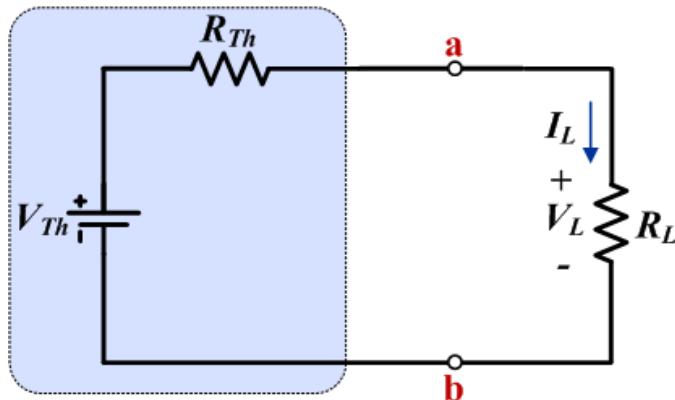
테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

- 3. 전원을 제거하고 개방된 단자에서 바라본 등가저항 R_{Th} 를 구한다.
- R_1 과 R_2 는 병렬 R_3 는 이들과 직렬로 연결되어 있음.



$$R_{Th} = (R_1 // R_2) + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

- 4. V_{Th} 와 R_{Th} 를 직렬로 연결하여 테브난의 등가회로를 만든다.



$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

$$V_L = I_L R_L$$

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

➤ 예제1: 아래 회로의 테브난 등가회로를 구하고 부하 R_L 에 흐르는 전류와 전압을 구하여라.

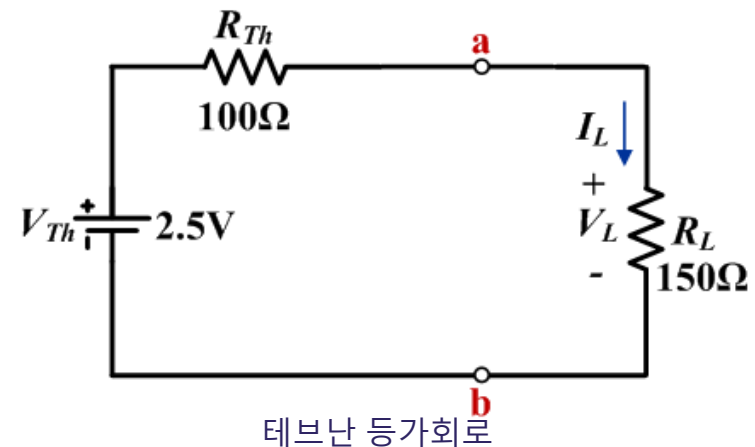
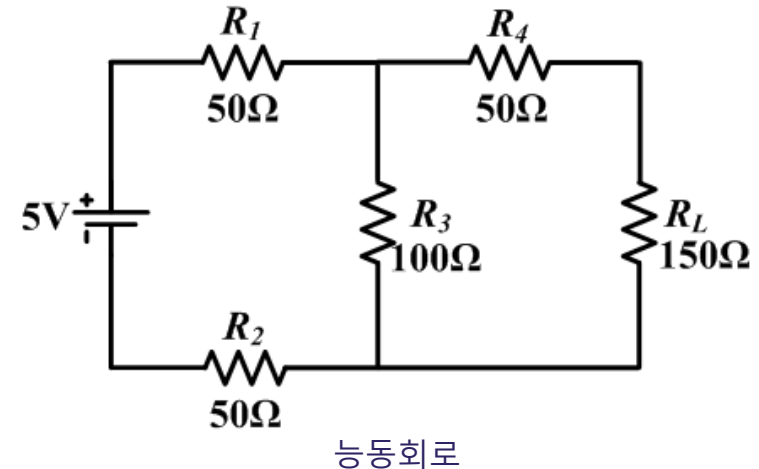
$$V_{Th} = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V_1 = \frac{100}{50 + 50 + 100} \times 5 = 2.5 \text{ V}$$

$$R_{Th} = [(R_1 + R_2) // R_3] + R_4$$

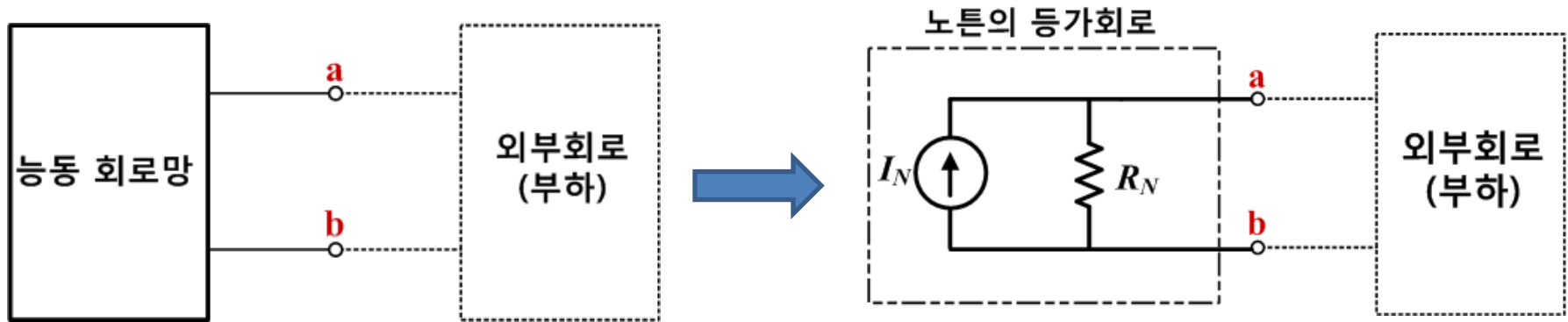
$$= [(50 + 50) // 100] + 50 = 100 \Omega$$

$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{2.5 \text{ V}}{250 \Omega} = 10 \text{ mA}$$

$$V_L = I_L R_L = 10 \text{ mA} \times 150 \Omega = 1.5 \text{ V}$$

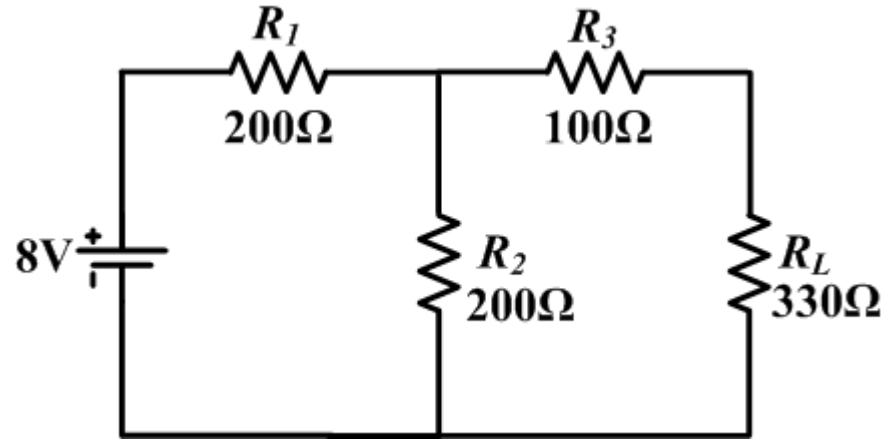


노튼의 정리 (Norton's theorem)



- 전원이 포함된 회로망, 즉 능동 회로망에서 회로내의 임의의 두 단자 A, B를 선택하고 이 단자에 대하여 외부에서 보았을 때 등가적으로 하나의 전류원 (노튼의 등가전류, I_N)과 병렬로 연결된 하나의 저항 (테브난의 등가저항, R_N) 으로 대체할 수 있다.

노튼의 정리 (Norton's theorem)



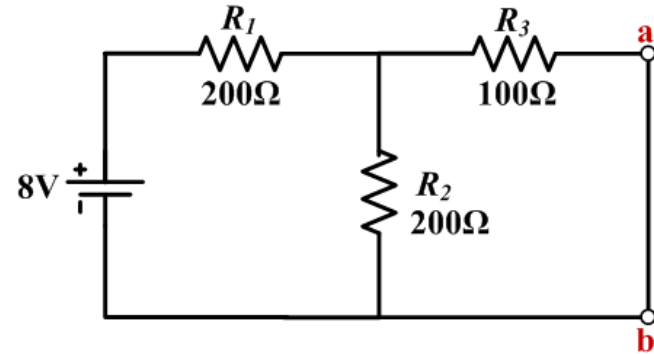
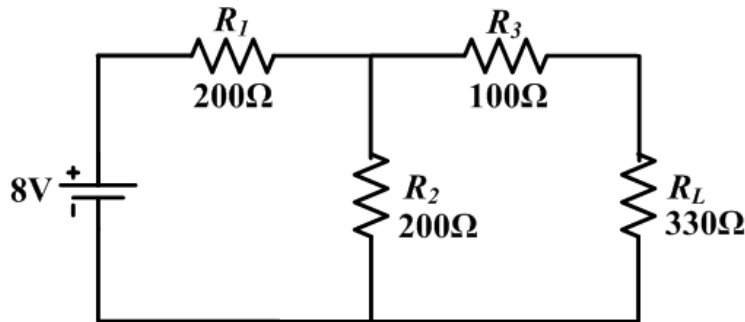
➤ 노튼의 등가회로를 구하는 과정

1. 부하저항을 제거하고 단락된 단자를 만든다.
2. 단자 간에 흐르는 전류, 즉 등가전류 I_N 을 구한다.
3. 전원을 제거하고 개방된 단자에서 바라본 등가저항 R_N 을 구한다.
4. I_N 과 R_N 을 병렬로 연결하여 노튼의 등가회로를 만든다.

노튼의 정리 (Noton's theorem)

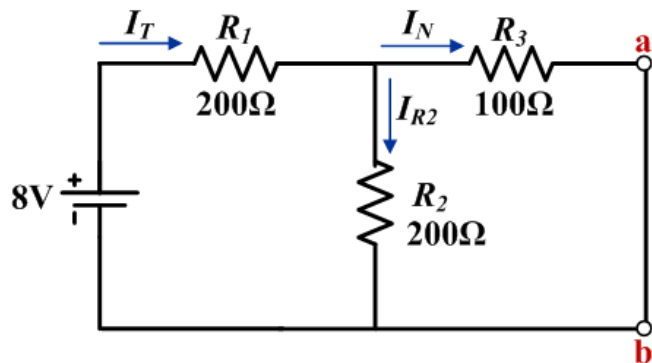
➤ 1. 부하저항을 제거하고 단락된 단자를 만든다.

- 부하 저항 R_L 을 제거하여 단락된 단자 **a**과 **b**를 만듬.



➤ 2. 단자 간에 흐르는 전류, 즉 등가전류 I_N 을 구한다.

- 단자간에 흐르는 전류는 R_3 에 걸흐르는 전류가 됨.



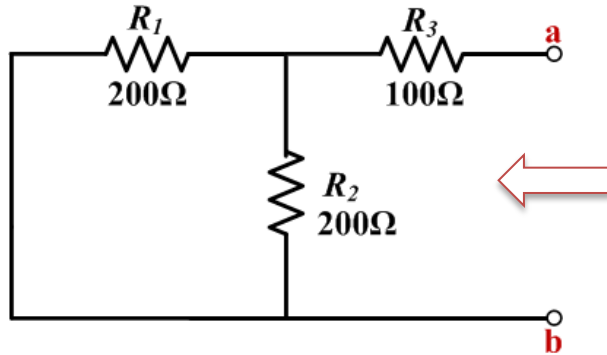
$$R_T = R_1 + (R_2 \parallel R_3) = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 200 + \frac{20000}{300} \approx 267\Omega$$

$$I_T = \frac{V_1}{R_T} = \frac{8V}{267\Omega} \approx 30mA$$

$$I_N = I_T \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 30mA \times \frac{200}{200 + 100} = 20mA$$

노튼의 정리 (Norton's theorem)

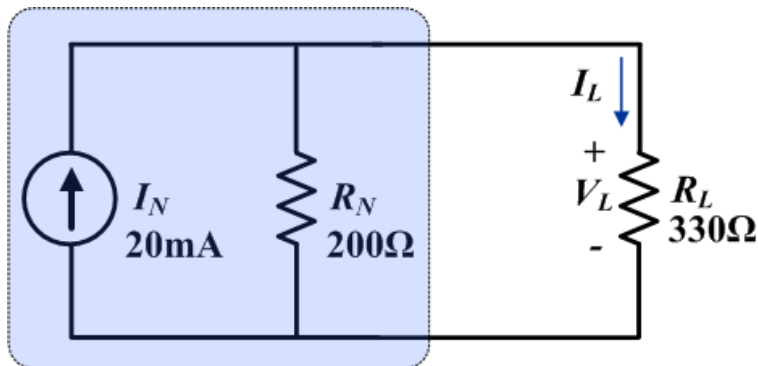
- 3. 전원을 제거하고 개방된 단자에서 바라본 등가저항 R_N 를 구한다.
- R_1 과 R_2 는 병렬 R_3 는 이들과 직렬로 연결되어 있음.



$$R_N = (R_1 // R_2) + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

$$= \frac{40000}{400} + 100 = 200\Omega$$

- 4. I_N 과 R_N 을 병렬로 연결하여 노튼의 등가회로를 만든다.



$$I_L = I_N \frac{R_N}{R_N + R_L}$$

$$= 20\text{mA} \times \frac{200}{200 + 330} \approx 7.5\text{mA}$$

$$V_L = I_L R_L = 7.5\text{mA} \times 330\Omega$$

중첩의 원리

➤ 목적

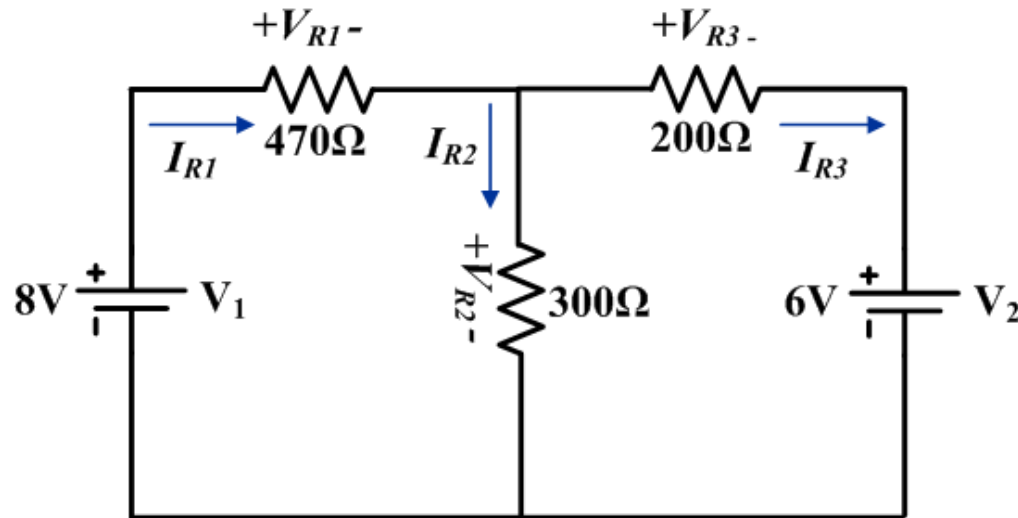
- 중첩의 원리를 이해한다.
- 중첩의 원리를 실험으로 확인한다.

➤ 실험기자재 및 부품

- DC Power Supply (직류전원장치)
- 멀티미터
- 브레드보드
- 저항 : 470 Ω , 300 Ω , 200 Ω 각 1개

중첩의 원리

➤ 실험 1-1 – 전체회로 실험

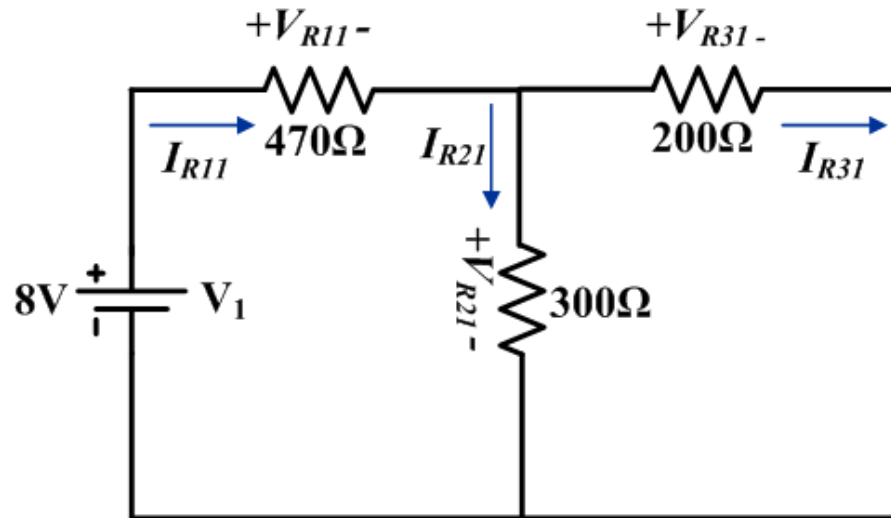


실험회로도 (기본회로)

- (1) 위의 그림과 같이 회로도를 구성하고 직류전원 $V_1 = 8V$, $V_2 = 6V$ 를 인가하라.
- (2) 각 저항에 걸린 전압 V_{R1} , V_{R2} , V_{R3} 를 측정한다. 이 때 그림에 표시된 극성에 맞추어 프로브를 연결한다.
- (3) 각 저항에 흐르는 전류 I_{R1} , I_{R2} , I_{R3} 를 측정한다.

중첩의 원리

➤ 실험 1-2 – V_1 에 의한 전류, 전압 측정

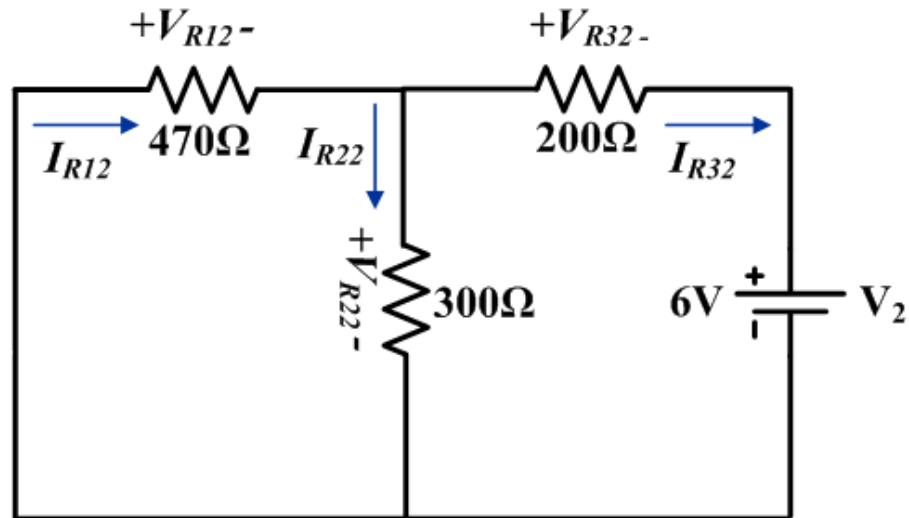


실험회로도 (직류전원 V_2 제거)

- (1) 직류전원 V_2 을 제거하여 위와 같이 실험 회로를 구성하라.
- (2) 직류전원 V_1 에 의해 각 저항에 걸린 전압 V_{R11} , V_{R21} , V_{R31} 을 측정한다.
- (3) 각 저항에 흐르는 전류 I_{R11} , I_{R21} , I_{R31} 을 측정한다.

중첩의 원리

➤ 실험 1-3 – V_2 에 의한 전류, 전압 측정



실험회로도 (직류전원 V_1 제거)

- (1) 직류전원 V_1 을 제거하여 위와 같이 실험 회로를 구성하라.
- (2) 직류전원 V_2 에 의해 각 저항에 걸린 전압 V_{R12} , V_{R22} , V_{R32} 을 측정한다.
- (3) 각 저항에 흐르는 전류 I_{R12} , I_{R22} , I_{R32} 을 측정한다.

중첩의 원리

➤ 실험 1 – 결과 검토

표3. 저항 양단의 전압

	V_{R1}	V_{R2}	V_{R3}
V1, V2			
V1 선택			
V2 선택			

표4. 저항에 흐르는 전류

	I_{R1}	I_{R2}	I_{R3}
V1, V2			
V1 선택			
V2 선택			

- (1) 각 각의 전원을 선택해서 얻은 저항의 전압 및 전류 측정 값이 전체 전원 V_1 과 V_2 를 동시에 인가했을 때의 전압 및 전류 측정 값과 일치하는가?
- (2) 실험결과가 V_1 과 V_2 각각을 기준으로 키르히호프의 전압 전류 법칙을 만족하는지 설명하라.

테브난과 노턴의 정리

➤ 목적

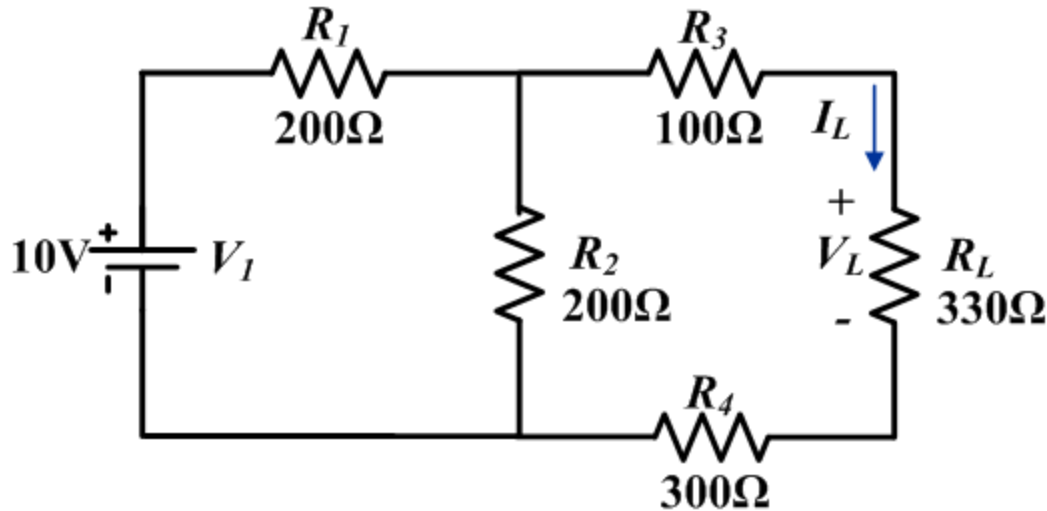
- 테브난 정리와 노턴의 정리를 이용하여 저항 직·병렬 회로의 등가회로를 구하는 방법을 익힌다.
- 테브난 정리와 노턴의 정리를 실험으로 확인하다.

➤ 실험기자재 및 부품

- DC Power Supply (직류전원장치), 오실로스코프
- 멀티미터, 브레드보드
- 저항 : 100 Ω , 150 Ω , 220 Ω 각 1개
200 Ω , 300 Ω , 330 Ω 각 2개

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

➤ 실험 2-1 – 기본회로

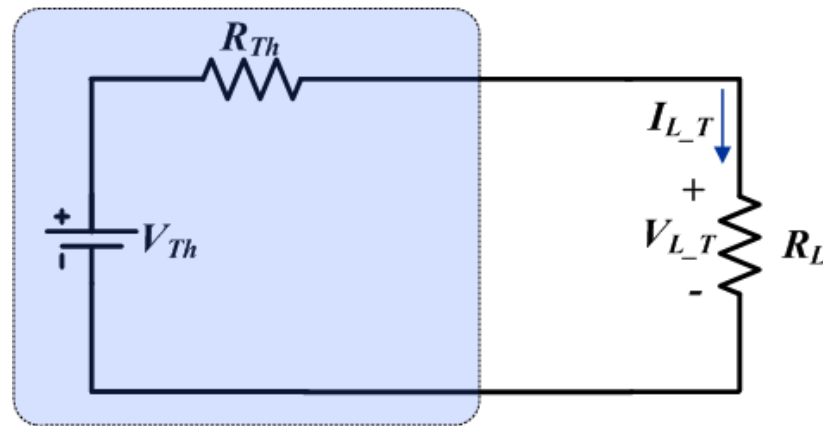


실험회로도 (기본회로)

- (1) 위의 그림과 같이 회로도를 구성하라.
- (2) 직류전원 $V_I=10\text{ V}$ 를 인가한다.
- (3) R_L 에 걸리는 전압 V_L 을 측정하라.
- (4) R_L 에 흐르는 전류 I_L 을 측정하라.

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

➤ 실험 2-1 – 기본회로

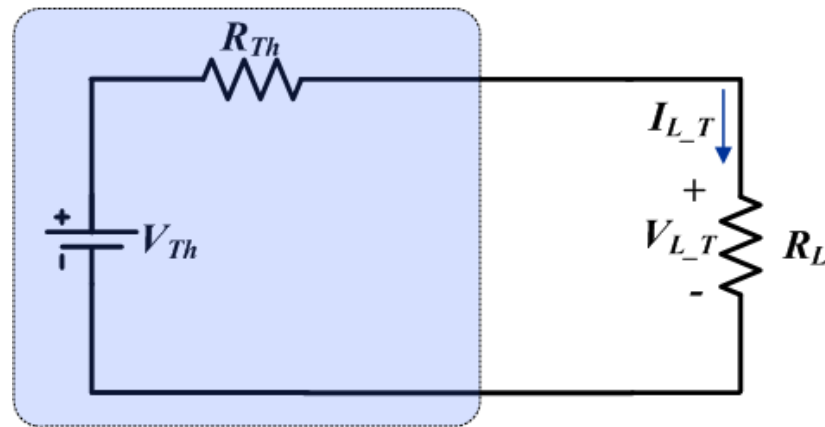


테브난 등가회로

- (5) 테브난 등가전압 V_{Th} 와 등가저항 R_{Th} 를 이론적으로 계산하여 기본회로에 대한 테브난 등가회로를 구하여라.
- (6) 저항 R_2 양단의 전압 V_{R2} 를 측정한다.
- (7) 부하저항을 제거하고 부하 단에서 본 회로의 전체저항 R_T 를 측정한다.
- (8) 계산값과 측정값은 서로 같은가?

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

➤ 실험 2-2 – 테브난 등가회로



테브난 등가회로

- (1) 이론적으로 계산한 테브난 등가전압 V_{Th} 와 등가저항 R_{Th} 값을 사용하여 위의 그림과 같이 테브난 등가회로를 구성한다.
- (2) R_L 에 걸리는 전압 V_{L-T} 를 측정하라.
- (3) R_L 에 흐르는 전류 I_{L-T} 를 측정하라.

테브난의 정리 (Thevenin's theorem)

➤ 실험 2 – 결과 검토

표1. 테브난 등가전압과 등가저항

이론값		측정값	
V_{Th}	R_{Th}	V_{R2}	R_T

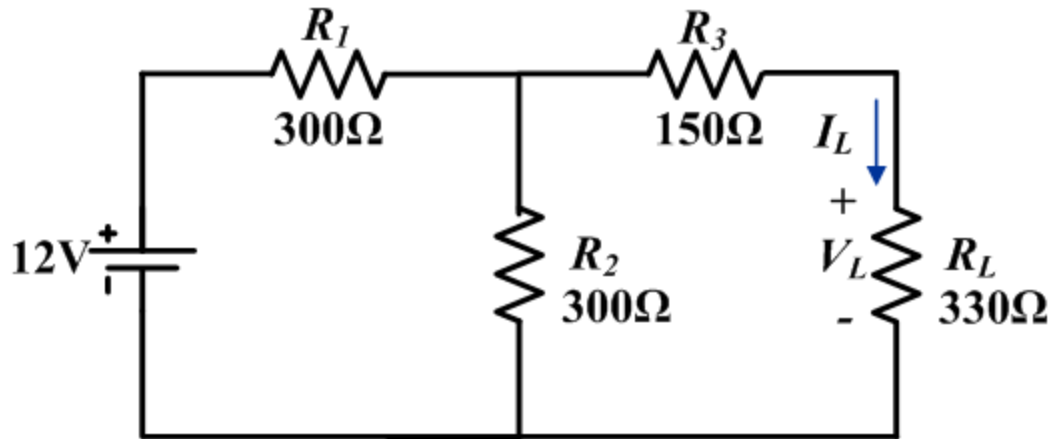
표2. 부하전압과 전류

기본회로		테브난 등가회로	
V_L	I_L	V_{L_T}	I_{L_T}

- (1) V_L 과 V_{L_T} 의 값이 서로 같은지 확인하라. 같지 않다면 그 이유는 무엇인가?.
- (2) I_L 과 I_{L_T} 의 값이 서로 같은지 확인하라. 같지 않다면 그 이유는 무엇인가?

노튼의 정리 (Noton's theorem)

➤ 실험 3-1 – 기본회로

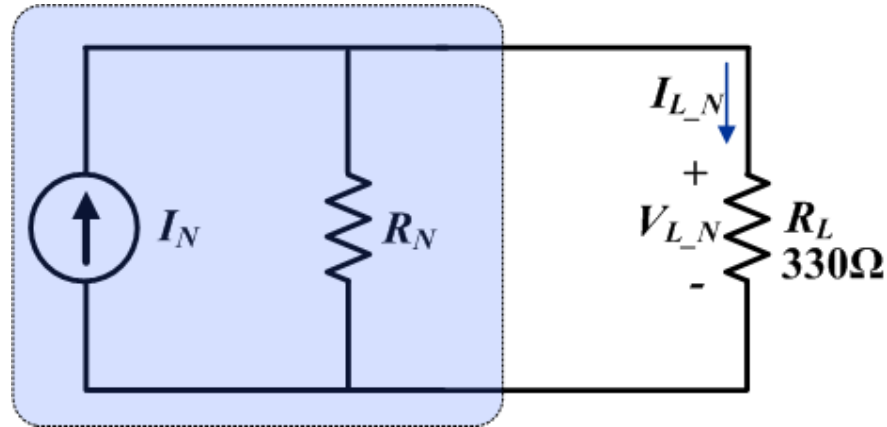


실험회로도 (기본회로)

- (1) 위의 그림과 같이 회로도를 구성하라.
- (2) 직류전원 $V_I=12\text{ V}$ 를 인가한다.
- (3) R_L 에 걸리는 전압 V_L 을 측정하라.
- (4) R_L 에 흐르는 전류 I_L 을 측정하라.

노튼의 정리 (Norton's theorem)

➤ 실험 3-1 – 기본회로

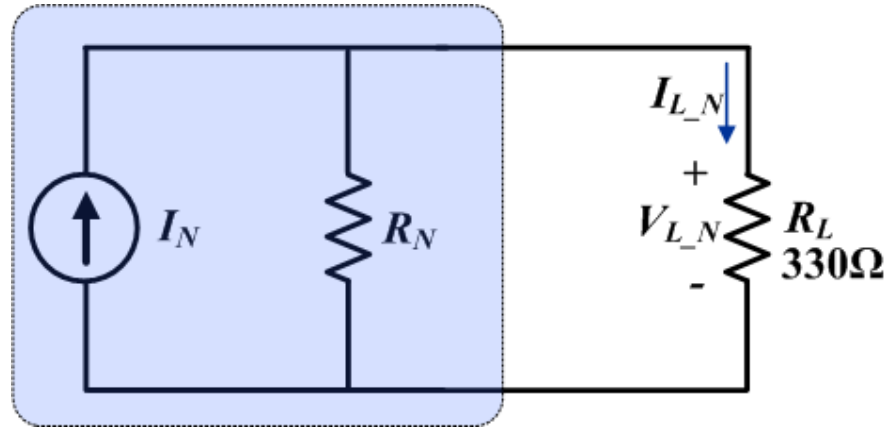


노튼 등가회로

- (5) 노튼 등가전류 I_N 과 등가저항 R_N 을 이론적으로 계산하여 기본회로에 대한 노튼 등가회로를 구하여라.
- (6) 부하 저항 R_L 을 제거하고 단락 시킨 후 저항 R_3 에 흐르는 전류를 측정한다.
- (7) 부하저항을 제거하고 부하 단에서 본 회로의 전체저항 R_T 를 측정한다.
- (8) 계산값과 측정값은 서로 같은가?

노튼의 정리 (Norton's theorem)

➤ 실험 3-2 - 노튼 등가회로



노튼 등가회로

- (1) 이론적으로 계산한 노튼 등가전류 I_N 과 등가저항 R_N 값을 사용하여 위의 그림과 같이 노튼 등가회로를 구성한다.
- (2) R_L 에 걸리는 전압 V_{L_N} 을 측정하라.
- (3) R_L 에 흐르는 전류 I_{L_N} 을 측정하라.

노튼의 정리 (Norton's theorem)

➤ 실험 3 – 결과 검토

표3. 노튼 등가전류와 등가저항

이론값		측정값	
I_N	R_N	I_{R3}	R_T

표4. 부하전압과 전류

기본회로		노튼 등가회로	
V_L	I_L	V_{L_N}	I_{L_N}

- (1) V_L 과 V_{L_N} 의 값이 서로 같은지 확인하라. 같지 않다면 그 이유는 무엇인가?.
- (2) I_L 과 I_{L_N} 의 값이 서로 같은지 확인하라. 같지 않다면 그 이유는 무엇인가?