

실험 3.

테브넵의 정리

1. 목 적

- (1) 단일 전압원의 DC회로의 등가 저항 (R_{TH})과 등가 전압(V_{TH})을 구하는 방법을 익힌다.
- (2) 직·병렬 회로의 분석시 R_{TH} 와 V_{TH} 의 값을 실험적으로 확인한다.

2. 이 론

① 테브넵의 정리

테브넵의 정리 (Thevenin's theorem)는 복잡한 선형 회로를 분석하는 데 있어서 매우 유용한 수학적 방법이다. 이 정리는 회로의 임의의 지점에서 전류나 전압을 구할 수 있도록 한다. 또한 이 정리를 이용하여 복잡한 회로를 단순한 등가 회로로 축소 할 수 있다.

② 테브넵의 정리와 적용

테브넵의 정리는 선형 2단자망이 부하 저항에 흐르는 전류를 발생시키는 하나의 내부 저항 R_{TH} 와 직렬로 연결된 하나의 테브넵 전압원 V_{TH} 로 구성된 등가회로로 대체될 수 있음을 서술한 것이다. 그러므로 그림 3.1(a)의 회로에 대한 테브넵 등가 회로는 그림 3.1(d)와 같다. 만약, R_{TH} 와 V_{TH} 의 값을 계산할 수 있다면 저항 R_L 의 전류 I_L 을 구하는 방법은 단순히 옴의 법칙을 적용하면 될 것이다

[V_{TH} 와 R_{TH} 를 구하는 규칙]

- ① 전압 V_{TH} 는 부하 저항이 제거된 상태(open 회로 전압)에서 본래의 회로망 내에 있는 부하 단자에서 본 전압이다. 즉, 그림 3.1(a)에서 A, B단자 사이에 전압계를 연결하면 전압을 측정할 수 있다.
- ② 회로 내의 전압원을 단락시키고 내부 저항으로 대체한 후 회로망을 해석하면 저항 R_{TH} 는 개방 부하 (open load)의 단자에서 본 저항이다.

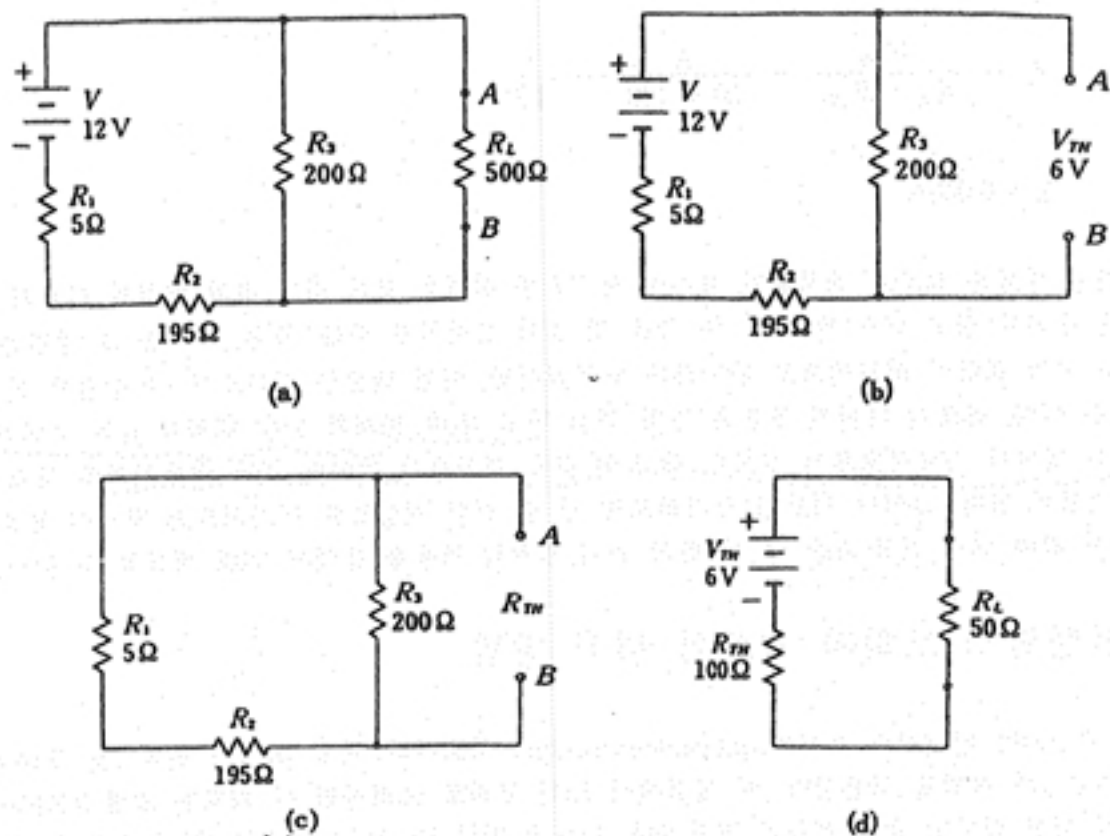


그림 3.1 테브넨의 정리를 이용한 직·병렬 회로의 해석

③ 테브넨 등가회로를 구하는 순서

그림 3.1(a)의 테브넨 등가 회로를 구하는 순서는 다음과 같다.

- ① 그림 3.1(a)에서 부하 저항 R_L 이 제거되고 Open Circuit화 한다. 그림 3.1(b)의 A단과 B단 사이의 전압을 계산하면 R_3 사이의 전압 강하는 전압원 V 의 1/2이 된다. 왜냐하면 R_3 의 전압 V 는 전압원 V 의 내부 저항 R_1 과 R_2 그리고 R_3 로 구성되는 직렬 회로에서의 전체 저항의 1/2이 되기 때문이다. 그리고 테브넨 등가 전압 $V_{TH} = 6V$ 이다.
- ② 그림 3.1(c)에서 전압원 V 는 단락되고 Short Circuit화 내부 저항만이 회로상에 남게 된다. A단과 B단 사이의 병렬 회로의 등가 저항은 다음과 같이 계산된다.

$$R_{TH} = \frac{(R_1 + R_2) \times R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(5 + 195) \times 200}{(5 + 195 + 200)} = \frac{40,000}{400} = 100$$

- ③ 그림 3.1(d)에서 테브넨 등가 전압과 저항은 부하 저항 R_L 과 직렬로 연결되므로 간단한 직렬 회로를 구성한다. 부하 전류 I_L 은 옴의 법칙을 사용해서 구할 수 있다.

$$I_L = \frac{V_{TH}}{R_L + R_{TH}} = \frac{6}{50 + 100} = \frac{6}{150}$$

$$I_L = 0.040A$$

테브넵 방법은 회로를 해석하기 위하여 불필요한 작업을 하게 되고 옴의 법칙과 키르히호프의 법칙은 문제를 쉽고 더욱 빨리 풀 수 있을 것 같아 보이기도 한다. 물론, 예제는 그 방법을 더욱 분명히 하기 위하여 의도적으로 간단하게 만들었지만, 이런 단순한 회로로도 그 방법의 진가를 증명할 수 있다. 회로의 나머지 부분은 변화 없이 두고 R_L 의 10개의 값에 대하여 I_L 을 구해야 한다면 옴의 법칙과 키르히호프의 법칙은 각 I_L 의 값을 계산하기 위하여 10번 적용시켜야 하므로 매우 힘든 작업이 된다. 그러나 테브넵 등가회로는 단 한 번의 계산으로 등가회로를 구하여 놓으면 어떤 R_L 의 값에 대한 전류 I_L 은 단 한 번의 옴의 법칙의 적용을 통해서 빨리 계산할 수 있다.

4 언밸런스 브리지 회로의 해석 방법

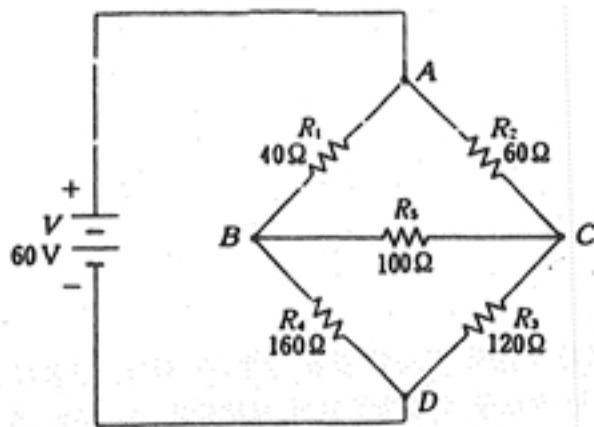
그림 3.2(a)는 언밸런스 브리지(unbalanced bridge) 회로이다. 저항 R_5 에서 전류 I 를 구하기 위하여 테브넵의 정리를 적용한다. 이 실험에서 R_5 를 부하로 고려하면 이 회로는 그림 3.2(b)에서처럼 R_5 에 대한 테브넵 등가 전류로 변환한다. 테브넵 전압 V_{TH} 는 그림 3.2(c)에서 회로의 저항 R_5 를 제거하고 V_{BC} 에 대하여 계산하면 되고 이 V_{BC} 는 점 B , D 사이와 점 D , C 사이의 전압차가 된다. 전압 V_{BD} 와 V_{CD} 는 저항 비를 사용함으로써 직접 구할 수 있다.

$$V_{BD} = \frac{R_4}{(R_1 + R_4)} \times V = \frac{160}{200} \times 60 = 48V$$

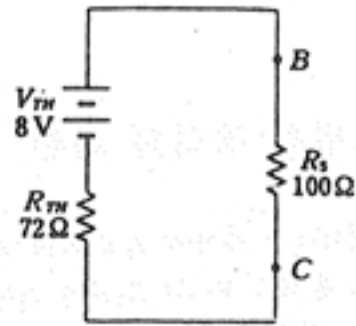
$$V_{CD} = \frac{R_3}{(R_2 + R_3)} \times V = \frac{120}{180} \times 60 = 40V$$

$$V_{BD} - V_{CD} = V_{BC} = 48 - 40 = 8V = V_{TH}$$

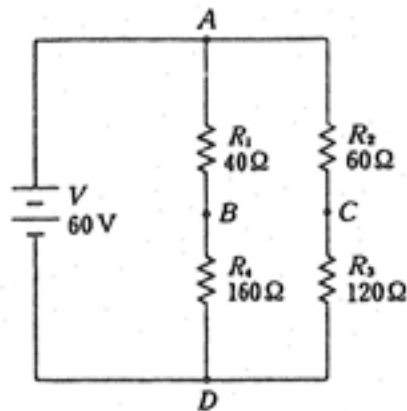
테브넵 저항 R_{TH} 는 전압원을 단락시키고 전압원의 내부 저항으로 대체시킴으로써 구해진다. 이 경우 V 는 이상적인 전압원이고 내부 저항은 0이다. 이처럼 A 단과 D 단 사이는 효과적으로 단락된다. B 단과 C 단 사이의 저항(테브넵 등가 저항)은 그림 3.2(c)의 회로가 A 단과 D 단사이가 단락 상태로 다시 그리면 쉽게 표시할 수 있다.



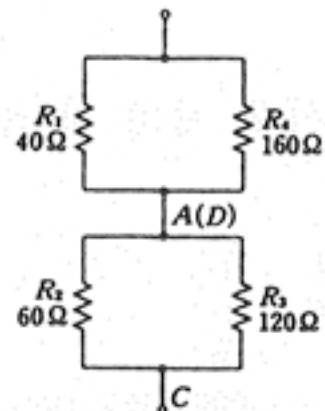
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3.2 테브넵의 정리를 이용한 언밸런스 브리지 회로의 해석

그림 3.2(d)는 B단과 C단 사이를 분명히 보여 주므로 R_{BC} 를 찾기가 훨씬 쉽다. R_4 와 병렬 연결된 저항 R_1 부분의 저항은

$$\frac{40 \times 160}{40 + 160} = \frac{6400}{200} = 32\Omega$$

R_3 와 병렬 연결된 저항 R_2 부분의 저항은

$$\frac{60 \times 120}{60 + 120} = \frac{7200}{180} = 40\Omega$$

따라서

$$R_{BC} = 32 + 40 = 72\Omega = R_{TH}$$

테브넵 등가 저항 회로(그림 3.2(b))에 이런 값을 대입하고 I 에 대해 풀면

$$I = -\frac{V_{TH}}{R_{TH} + R_S} = \frac{8}{172} = 0.0465A$$

⑤ 테브넝의 정리의 검증

특정 회로망에서 측정에 의해 부하 R_L 에 대한 V_{TH} 와 R_{TH} 의 값을 구할 수 있다. 실험적으로 정 전압 전원의 출력을 V_{TH} 와 R_L 과의 직렬로 저항 R_{TH} 를 연결함으로써 세팅한다. 이 등가 회로에서 I 를 측정할수 있으며, 만일 원 회로망에서 측정된 R_L 의 전류 I_L 이 테브넝 등가 회로에서 측정된 전류 I 와 같다면 테브넝의 정리는 검증이 될 것이다. 더욱 완전한 검증을 위해서는 이런 과정을 임의의 회로에 대하여 몇번이고 반복해야 할 것이다.

3. 사용 계기 및 부품

직류 전원 장치 : -1-

디지털 멀티미터 : -1-

SPST 스위치 : -1-

저항 : 330 Ω , 390 Ω , 470 Ω , 1k Ω , 1.2k Ω , 3.3k Ω (1/2W), 5k Ω (2W)

4. 실험 방법

[실험 1 : 옴미터의 사용]

- (1) 옴미터(ohmmeter)를 사용하여 제공된 7개의 저항기의 각 저항을 측정하고 그 값을 표 3.1에 기록하라

[실험 2 : R_L 이 330 Ω 일 때 I_L , V_{TH} , R_{TH} 의 측정 ($R_L=330\Omega$)]

- (2) 전원을 끄고 S_1 과 S_2 를 개방시킨다. 그림 3.3의 회로에서 $R_L=330\Omega$ 을 연결하고 전원을 켜 다음 스위치 S_1 을 닫는다. 그리고 15V로 V_{PS} 를 조정한다. S_2 를 닫고 부하 저항 R_L 의 전류 I_L 을 측정하고 이 값을 표 3.2의 330 Ω 란에 기록하라. S_2 를 개방하고 S_2 을 닫는다..
- (3) S_1 을 닫고, S_2 는 개방한 상태에서 그림 3.3의 B단과 C단 사이의 전압을 측정한다. 이 전압이 V_{TH} 이다. 측정된 값을 표 3.2의 V_{TH} 상의 330 Ω 란에 기록하라. S_1 을 개방하고 전원을 끈다.
- (4) A단과 D단 사이를 연결함으로써 회로의 전원을 제거하고 그 점 간에 선을 연결하여 A단과 D단 사이를 단락시키고, S_2 를 여전히 개방시킨 채 점 B단과 C의 저항을 측정하기 위하여 B단과 C단에 옴미터를 연결하여 측정된 R_{TH} 값을 표 3.2에서 330 Ω 란에 값을 기록하라.

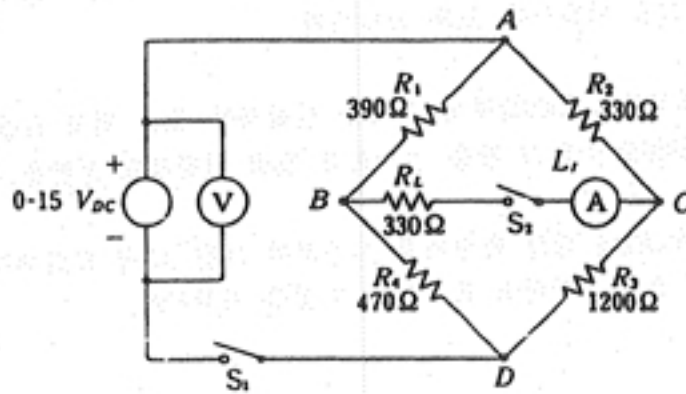


그림 3.3 실험 2의 회로

[실험 3 : 전원 장치의 전압과 테브넨 전압을 같게 했을 때($V_{PS} = V_{TH}$)]

- (5) $V_{PS} = V_{TH}$ 가 되도록 전원을 조정한다. 포텐쇼미터에 용미터를 연결하고 포텐쇼미터의 저항이 R_{TH} 가 되도록 저항을 조절하라.
- (6) 그림 3.3의 회로에서 330Ω의 부하 저항, S_2 그리고 milliammeter를 분리하고 그림 3.4와 같이 연결한다. S_2 를 개방한 전원을 켜고 $V_{PS} = V_{TH}$ 가 되는지 확인하라
- (7) S_2 를 단락시키고, I_L 을 측정하여 표 3.2의 측정된 테브넨 등가 회로에 값을 기록하라. S_2 를 개방하고 전원을 끄고, V_{PS} , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 의 측정치를 사용하여 그림 3.3의 회로에 대한 V_{TH} 의 값을 계산하여 표 3.2의 330Ω란에 값을 기록하라
- (8) R_1 , R_2 , R_3 , R_4 에 대한 측정치를 사용하여 그림 3.3의 R_{TH} 를 계산하라. 계산된 값을 R_{TH} 의 표 3.2의 330Ω란에 값을 기록하라
- (9) 표 3.2에 기록된 (7)과 (8)의 V_{TH} 와 R_{TH} 의 값을 사용하여 I_L 을 계산하고, 전류 I_L 하의 표 3.2의 330Ω란에 값을 기록하라.

[실험 4 : 저항 R_L 을 1kΩ, 3.3kΩ으로 각각 했을 때]

- (10) 그림 3.3의 회로에서 1000Ω저항을 R_L 로 대체한다. V_{PS} 를 15V로 조정하고 전원을 켜 다음 S_1 과 S_2 를 닫는다. 표 3.2에 I_L 밀의 1000Ω란에 값을 기록하라. S_2 를 개방하라.
- (11) 1000Ω의 부하 저항 R_L 을 제거하고 3300Ω의 부하 저항을 연결하라. 필요하다면 V_{PS} 를 15V로 조정하라. S_2 를 닫아라. I_L 을 측정하고 측정치 I_L 밀의 3300Ω란에 그 값을 기록하라. S_1 , S_2 를 개방하고 전원을 꺼라.
- (12) 330Ω저항 대신에 1000Ω의 부하 저항을 사용하여 그림 3.4와 같이 테브넨 등가 회로를 연결하라. V_{TH} 와 R_{TH} 는 표 3.2에서 330Ω란에 기록된 측정치이다.

- (13) 전원을 켜라. V_{PS} 를 V_{TH} 에 맞추고 S_2 를 닫고 I_L 을 측정하라. 표 3.3에서 측정치 V_L 밑의 1000Ω란에 그 값을 기록하라. S_3 를 개방하라.
- (14) 1000Ω 저항은 제거하고 3300Ω 부하 저항을 연결하라. S_2 를 닫고 I_L 을 측정하라. 테브넵 등가 회로 표 3.2의 3300Ω란에 그 값을 기록하라. S_2 를 개방하고 전원을 끈다.
- (15) R_1 , R_2 , R_3 , R_4 와 R_L 에 대한 측정치를 사용하여 그림 3.3의 회로에서 $R_L = 3300\Omega$ 과 $R_L = 1000\Omega$ 에 대하여 I_L 을 계산하고 표 3.2에 그 값을 기록하라.

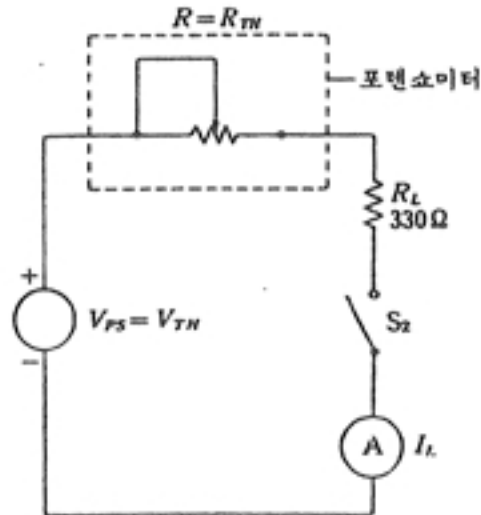


그림 3.4 실험 4의 테브넵 등가회로

5. 예비 보고서

- (1) 그림 3.1(a)의 회로에서 $V=24V$, $R_1=30\Omega$, $R_2=270\Omega$, $R_3=500\Omega$ 그리고 $R_L=560\Omega$ 일 때 (내부 저항은 0이다) 다음을 구하라.
- ① $V_{TH} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 - ② $R_{TH} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
 - ③ $I_L = \underline{\hspace{2cm}} A$
- (2) 그림 3.2(a)의 회로에서 $V=12V$, $R_1=200\Omega$, $R_2=500\Omega$, $R_3=300\Omega$, $R_4=600\Omega$, 그리고 $R_5=100\Omega$ 일 때 (정격 전압) 다음을 구하라.
- ① $V_{TH} = \underline{\hspace{2cm}} V$
 - ② $R_{TH} = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$
 - ③ $I_5 = \underline{\hspace{2cm}} A$ (R_5 의 전류)

실험 3. 테브닝의 정리

			제출일	
학 과	학 년	학 번	조	성 명

- 예비 보고서 -

(1)

(2)

실험 3. 테브닝의 정리

			실험일	
			제출일	
학 과	학 년	학 번	조	성 명

- 실험 결과 -

표 3.1 측정된 저항값

저 항	평균치(Ω)	측정치(Ω)
R_1	390	
R_2	3300	
R_3	1200	
R_4	470	
R_L	330	
R_L	1000	
R_L	3300	

표 3. 2 테브넨의 정리를 검증하기 위한 측정

$R_L(\Omega)$	$V_{TH}(V)$		$R_{TH}(\Omega)$		$I_L(mA)$		
	측정치	계산치	측정치	계산치	측정치		계산치
					원 회로	테브넨 동가회로	
330							
1000							
3300							

-검 토 -