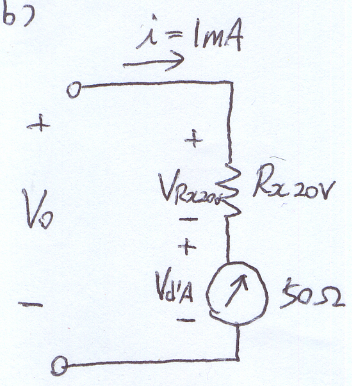
[1]

(a) $R_{d'Arsonval} = \dfrac{50mV}{1mA} = 50\Omega$

(b)



(b-1)

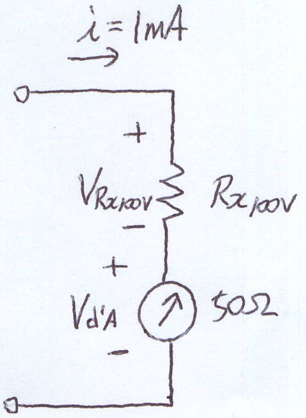
note) $i_{full\text{-}scale} = 1mA$.

$\Rightarrow \; 20V = 1mA \cdot (R_{x20V} + 50)$

(b-2) $R_{x20V} \fallingdotseq 19.95k\Omega$

(b-3) $R_{internal20V} \fallingdotseq 20k\Omega$

(C)



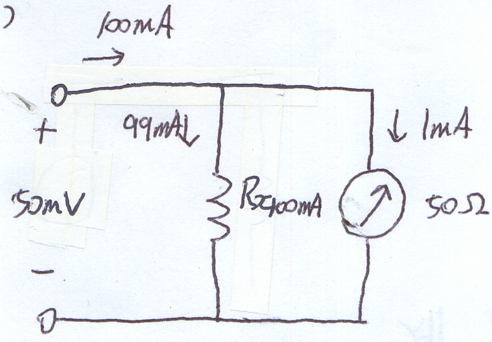
$\Rightarrow \; 100V = 1mA \cdot (R_{x100V} + 50)$

(C-1) $R_{x100V} = 99950\,\Omega$

$= 99.95\,k\Omega$

(C-2) $R_{internal100V} = 100k\Omega$.

(d)



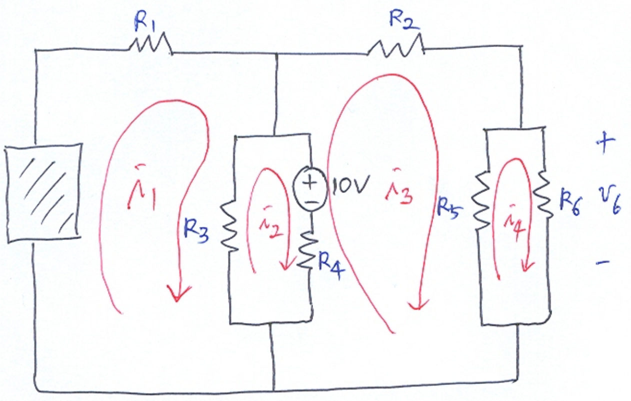
(d-1)

$\Rightarrow$ (d-2) $R_{x100mA} = \dfrac{50mV}{99mA} \fallingdotseq 0.51\Omega$

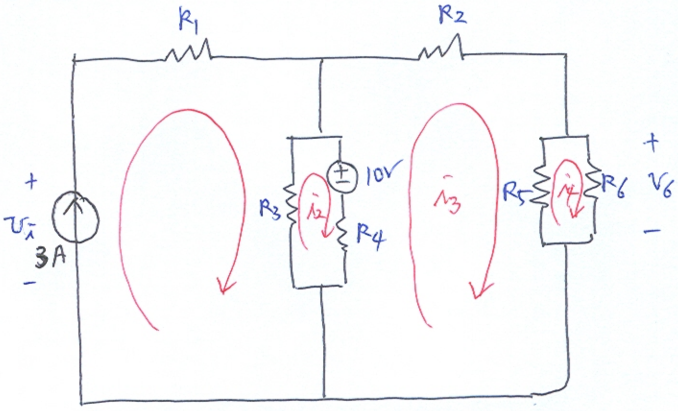
(d-3) $R_{internal100mA} = (50 // 0.51)\Omega$

$\fallingdotseq 0.5\Omega$.

[2] 주어진 회로를 아래와 같이 정리해볼 수 있다.



(A)



(B)

네 개의 mesh에 흐르는 전류를 각각 i_1, i_2, i_3, i_4 로 설정하면

각 mesh에 대해 KVL을 적용할 수 있다.

(A) mesh 1 : $-5 + R_1 i_1 + R_3(i_1 - i_2) = 0$

2 : $R_3(i_2 - i_1) + 10 + R_4(i_2 - i_3) = 0$

3 : $R_4(i_3 - i_2) - 10 + R_2 i_3 + R_5(i_3 - i_4) = 0$

4 : $R_5(i_4 - i_3) + R_6 i_4 = 0$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = 1\,[\Omega]$ 이고 위 4개 식을 이용하여 i_4를 구하면 $i_4 = \frac{15}{11}\,[A]$

$\therefore v_6 = i_4 \times R_6 = \frac{15}{11}\,[V]$ //

(B) (A) 문제에서 unknown element 에 대한 부분만 제외하고 동일하다. 각 mesh에 대해 KVL을 적용하면
current source 양단의 전압을 v_i 라고 두면

mesh 1 : $-v_i + 3R_1 + R_3(3 - i_2) = 0$

2 : $R_3(i_2 - 3) + 10 + R_4(i_2 - i_3) = 0$

3 : $R_4(i_3 - i_2) - 10 + R_2 i_3 + R_5(i_3 - i_4) = 0$

4 : $R_5(i_4 - i_3) + R_6 i_4 = 0$

위 4개의 식으로부터 v_i, i_2, i_3, i_4 를 구할 수 있고, 이때 i_4를 구해보면 $i_4 = \frac{13}{8}\,[A]$

$\therefore v_6 = i_4 \times R_6 = \frac{13}{8}\,[V]$ //

(C) 역시 (A), (B) 에서 unknown element 부분을 제외하고 나머지 부분은 동일하다.

dependent current source 양단의 전압을 v_d 라고 두고 KVL을 적용하면

mesh 1 : $-v_d + 5v_6 R_1 + R_3(5v_6 - i_2) = 0$

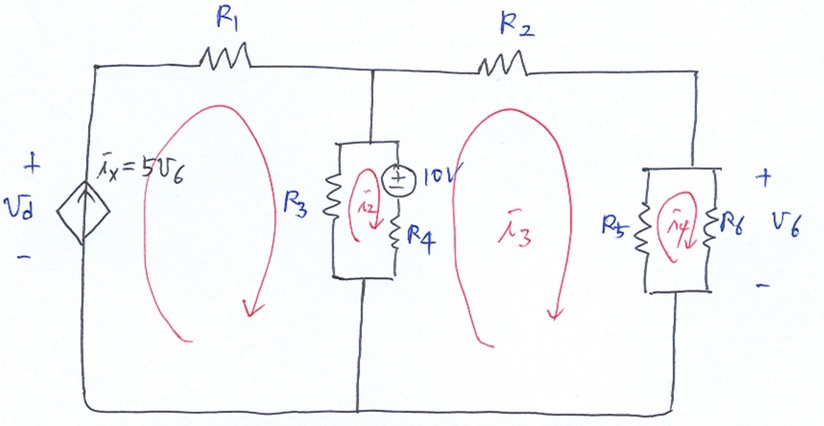
2 : $R_3(i_2 - 5v_6) + 10 + R_4(i_2 - i_3) = 0$

3 : $R_4(i_3 - i_2) - 10 + R_2 i_3 + R_5(i_3 - i_4) = 0$

4 : $R_5(i_4 - i_3) + R_6 i_4 = 0$

위 4개 식으로부터 v_d, i_2, i_3, i_4 를 구할 수 있고, 이때 i_4를 구해보면 $i_4 = \frac{10}{3}$ [A]

∴ $v_6 = i_4 \times R_6 = \frac{10}{3}$ [V]



(C)

(a) 식 : 4점 답 : 2점.

* 단위(최종답) 없을시 -1점.

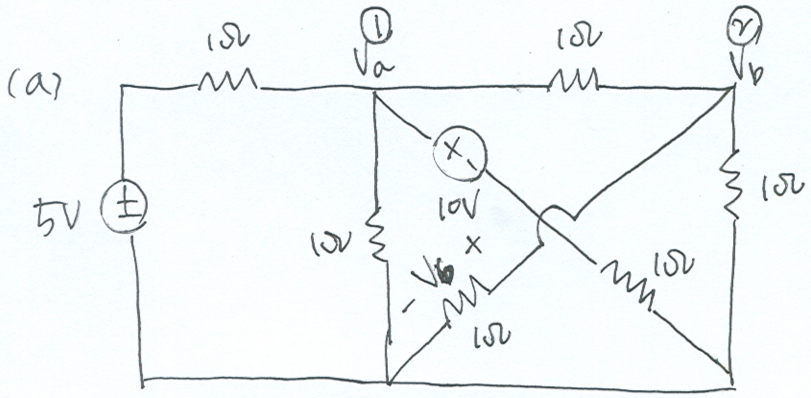
(b) 〃 〃

(c) 〃 답 : 4점.

Mesh analysis를 이용하지 않고 node voltage analysis를 이용한 경우

식, 답 모두 맞을 경우에만 각 문제당 (1) – 3점 (2) – 3점 (3) – 4점.

(a)



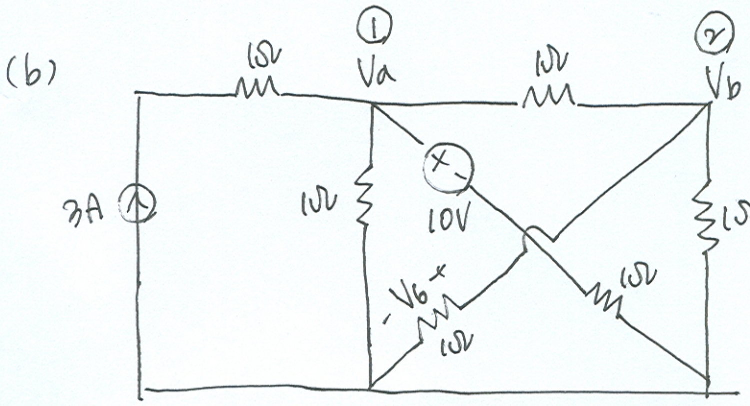
$$\frac{5-V_a}{1} = \frac{V_a}{1} + \frac{V_a-V_b}{1} + \frac{V_a-10}{1} \quad \text{—— ①}$$

$$4V_a - V_b = 15$$

$$\frac{V_a-V_b}{1} = \frac{V_b}{1} + \frac{V_b}{1} \quad \text{—— ②}$$

$$V_a = 3V_b \qquad \therefore V_b = \frac{15}{11}V = V_6$$

(b)



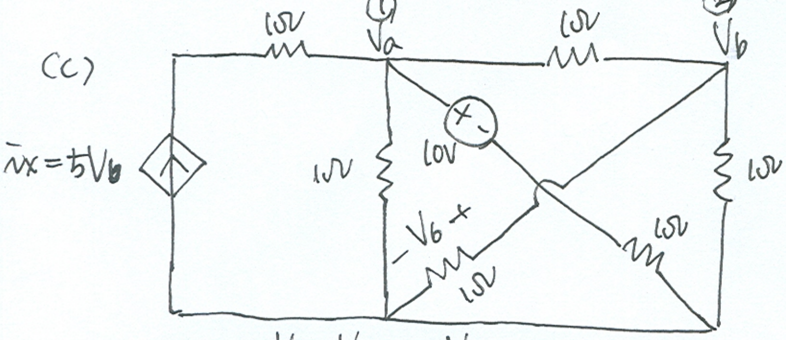
$$3 = \frac{V_a}{1} + \frac{V_a-V_b}{1} + \frac{V_a-10}{1} \quad \text{—— ①}$$

$$3V_a - V_b = 13$$

$$\frac{V_a-V_b}{1} = \frac{V_b}{1} + \frac{V_b}{1} \quad \text{—— ②}$$

$$V_a = 3V_b \qquad \therefore V_b = \frac{13}{8}V = V_6$$

(c)

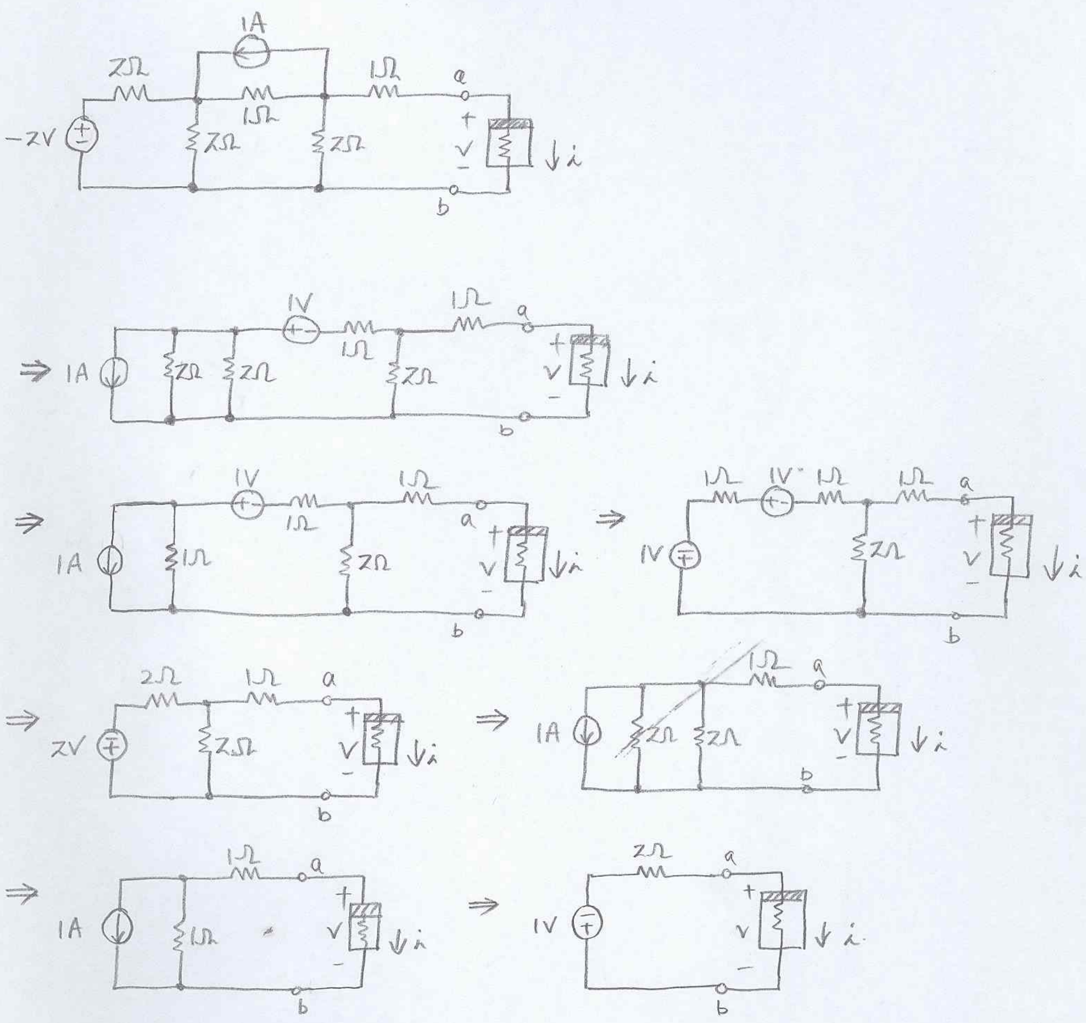


$$5V_b = \frac{V_a-V_b}{1} + \frac{V_a}{1} + \frac{V_a-10}{1} \quad \text{—— ①} \qquad 3V_a - 6V_b = 10$$

$$\frac{V_a-V_b}{1} = \frac{V_b}{1} + \frac{V_b}{1} \quad \text{—— ②} \qquad V_a = 3V_b \qquad \therefore V_b = \frac{10}{3}V = V_6$$

3. (a) 회로를 간략하게 하기 위해서 source transformation을

[6점] 이용하자. Fig. 1의 회로를 간략화 하는 과정은 다음과 같다.



그러면 다음과 같이 a-b 단자의 왼쪽의 circuit을 thevenin equivalent circuit으로 간단하게 나타낼 수 있다. 이에 대하여 KVL을 적용하면,

$$1+2i+v = 1+2\left(\frac{v^2}{8}\right)+v=0$$

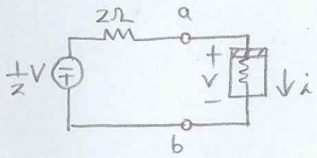
$$\Rightarrow \frac{v^2}{4}+v+1=0 \qquad \therefore v=-2[V],\ i=\frac{v^2}{8}=\frac{1}{2}[A].$$

[채점 기준]

- source transformation을 이용해 회로를 간략하게 하는 과정 +2점.
  (thevenin 또는 norton equivalent circuit)
- KVL 또는 KCL을 이용해 v에 대한 방정식 유도 +2점.
- 올바른 v 값 구하면 +1점, i 값 구하면 +1점.
- source transformation을 이용하지 않고 node analysis나 mesh analysis 등으로 식을 세워서 풀이와 답이 올바르면 점수 부여.

(b) 역시 source transformation을 이용해서 회로를 간략하게 하면

[5점] 다음과 같이 나타낼 수 있다.



KVL을 적용하면,

$$\frac{1}{2} + 2i + v = \frac{1}{2} + 2\left(\frac{v^2}{8}\right) + v = 0$$

$\Rightarrow \frac{v^2}{4} + v + \frac{1}{2} = 0$ $\therefore v = -2 \pm \sqrt{2}$ [V] (= −0.586V, −3.414V)

(i) $v = -(2+\sqrt{2})$ [V]인 경우, $i = \frac{(-2-\sqrt{2})^2}{8} = \frac{3+2\sqrt{2}}{4}$ [A] (= 1.457A)

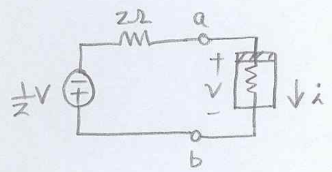
(ii) $v = -2+\sqrt{2}$ [V]인 경우, $i = \frac{(-2+\sqrt{2})^2}{8} = \frac{3-2\sqrt{2}}{4}$ [A]. (= 0.043A)

[채점 기준]

- Source Transformation을 이용해 회로를 간략하게 하는 과정 +2점.
- v에 대한 방정식 유도 + 1 점
- 올바른 v값 구하면 +1점, 한 가지 v값만 쓰면 +0.5점
- 올바른 i값 구하면 +1점, 한 가지 i값만 쓰면 +0.5점

· Source Transformation은 이용하지 않고 직접 node analysis나 mesh analysis 등으로 직접 식을 세워서 풀어서 답이 올바르면 점수 부여.

(c) Source transformation을 이용해서 회로를 간략하게 하면,
[5점] 다음과 같이 나타낼 수 있다. ((b)의 경우와 같음)



KVL을 적용하면,

$$\frac{1}{2} + 2i + v = \frac{1}{2} + 2\left(\frac{v^2}{8}\right) + v = 0$$

$$\Rightarrow \frac{v^2}{4} + v + \frac{1}{2} = 0 \qquad \therefore v = -2 \pm \sqrt{2}\,[V] \; (= -0.586V, -3.414V)$$

(i) $v = -(2+\sqrt{2})\,[V]$인 경우, $i = \frac{(-2-\sqrt{2})^2}{8} = \frac{3+2\sqrt{2}}{4}\,[A]$ $(=1.457A)$

(ii) $v = -2+\sqrt{2}\,[V]$인 경우, $i = \frac{(-2+\sqrt{2})^2}{8} = \frac{3-2\sqrt{2}}{4}\,[A]$ $(=0.043A)$

[채점 기준] 문제 (b)의 채점 기준과 같음.

(d)
[4점] Fig. 2의 회로는 Fig. 1의 회로에서 Voltage source를 short 시킨 것이고, Fig. 3의 회로는 Fig. 1의 회로에서 current source를 open 시킨 것이다. 따라서 superposition method의 성립 여부를 확인하기 위해서는 (b)의 결과와 (c)의 결과를 합쳐서 (a)의 결과가 나오는 지 확인하면 된다. (b)에서 $v = -2 \pm \sqrt{2}\,[V]$ 이고 (c)에서도 역시 $v = -2 \pm \sqrt{2}\,[V]$ 이므로 (b)와 (c)의 v의 합은 $-4-2\sqrt{2}\,[V]$, $-4\,[V]$, $-4+2\sqrt{2}\,[V]$ 3가지 경우가 가능하다. 하지만 이 중에서 (a)의 결과인 $v = -2\,[V]$와 일치하는 경우는 없다.

또한 (b)에서 $i = \frac{3 \pm 2\sqrt{2}}{4}$ [A], (c)에서도 역시 $i = \frac{3 \pm 2\sqrt{2}}{4}$ [A] 이므로

(b)와 (c)의 i의 합은 $\frac{3+2\sqrt{2}}{2}$ [A], $\frac{3-2\sqrt{2}}{2}$ [A], $\frac{3}{2}$ [A] 3가지 경우가

가능하다. 하지만 이 중에서 (a)의 결과인 $i = \frac{1}{2}$ [A]와 일치하는 경우는 없다.

즉, (b)의 결과와 (c)의 결과를 합쳐서 (a)의 결과가 나오지 않으므로

superposition method가 성립하지 않는다.

이와 같이 superposition method가 성립하지 않는 이유는 이 방법은

linear element인 경우에만 적용될 수 있기 때문이다. 주어진 회로에서는

$i = \frac{V^2}{8}$ 의 관계를 가지는 nonlinear element가 있기 때문에 superposition

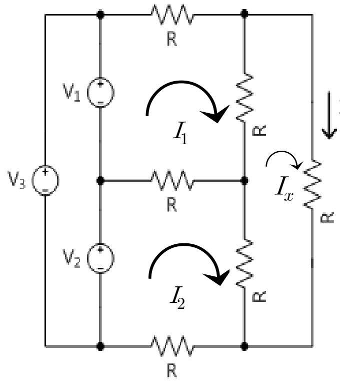
method가 성립하지 않는 것이다.

[채점 기준]

- (a), (b), (c) 결과를 올바르게 비교 +1점
- superposition method가 성립하지 않는다고 언급 +1점
- 적합한 이유 설명 +2점 (superposition이 가능한 조건인 'linear element'가 반드시 언급되어야 함).

#4.(a)

■mesh current를 이용한 풀이



$$V_1 = R(I_1 + (I_1 - I_x) + (I_1 - I_2)) = R(3I_1 - I_2 - I_x)$$

$$V_2 = R(I_2 + (I_2 - I_1) + (I_2 - I_x)) = R(3I_2 - I_1 - I_x)$$

$$0 = R((I_x - I_1) + I_x + (I_x - I_2)) = R(3I_x - I_1 - I_2)$$

$$R = 1\Omega,\ \ V_1 = 1V,\ V_2 = 2V$$

---------------- (4점)

위의 식에 의해

$1 = 3I_1 - I_2 - I_x$

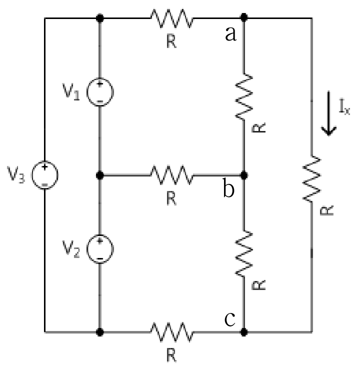
$2 = -I_1 + 3I_2 - I_x$

$0 = -I_1 - I_2 + 3I_x$

$\therefore I_1 = 1A,\ I_2 = 1.25A,\ I_x = 0.75A$

$\therefore I_x = 0.75A$ ---------------- (2점)

■node voltage를 이용한 풀이



$$(V_a - (V_1 + V_2)) + (V_a - V_c) + (V_a - V_b) = 0$$

$$(V_b - V_2) + (V_b - V_a) + (V_b - V_c) = 0$$

$$(V_c - 0) + (V_c - V_b) + (V_c - V_a) = 0$$

$R = 1\Omega,\ \ V_1 = 1V,\ V_2 = 2V$ & V_2 하단을 접지

---------------- (4점)

위의 식에 의해

$3V_a - V_b - V_c = V_1 + V_2$

$3V_b - V_a - V_c = V_2$

$3V_c - V_a - V_b = 0$

$\therefore V_a = 2V,\ V_b = 1.75V,\ V_c = 1.25V$

$\therefore I_x = (V_a - V_c)/R = 0.75A$ ---------------- (2점)

▶KVL 또는 KCL 식을 올바르게 식을 세운 경우 :4점

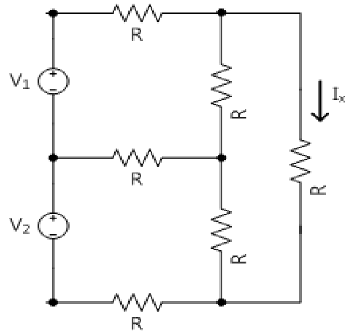
▶답 점수 :2점

(superposition으로 푼 경우 답이 맞더라도 0점)

#4.(b)

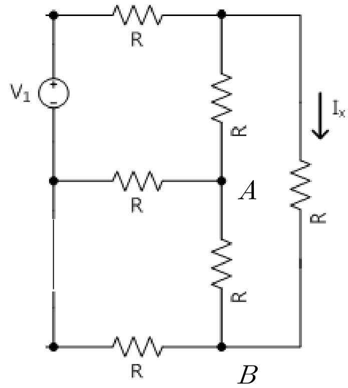
■Superposition을 이용한 풀이

Superposition을 이용하기 위해서, 정의에 따라 independent한 전압원만 고려해야한다.
V_1, V_2, V_3는 서로 dependent하므로 V_3 전압원을 open시킨 상태에서 시작한다.
(V_1 또는 V_2 전압원을 open시킨 상태에서 문제를 풀어도 답은 같게 나옴)

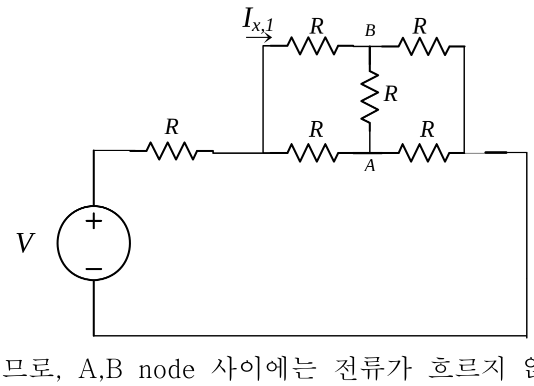


위의 그림처럼 V_3을 open한 경우 V_1, V_2는 서로 independent한 전압원이므로 superposition을 적용할 수 있다. ----------------- (1점)

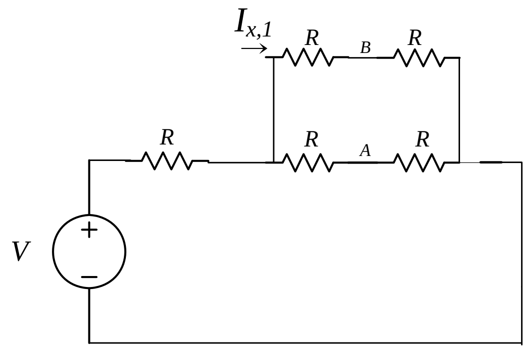
① V_2를 off 시키면(short), 다음과 같은 회로로 바뀐다. -----------(3점)



전위가 같은 node를 고려하면, 위의 회로를 다음 그림과 같이 알아보기 쉽게 바꿀 수 있다.



A, B node는 등전위 이므로, A,B node 사이에는 전류가 흐르지 않기 때문에 open 시켜도 상관없다. 이때 회로는 다음과 같이 단순화 된다.



따라서 , $I_{x,1} = \frac{V_1}{2R} * \frac{1}{2} = 0.25A$ ---------------- (1점)

② V_1를 off 시키면(short), ①에서 푼 회로와 전압원만 다른 동일한 회로이므로

$I_{x,2} = \frac{V_2}{2R} * \frac{1}{2} = 0.5A$ ---------------- (1점)

따라서, $I_x = I_{x,1} + I_{x,2} = 0.75A$ ---------------- (1점)

▶전압원의 독립성에 대해 적절하게 언급한 경우 :1점

▶Superposition의 정의에 따라 전압원이 비활성화 되는 case를 분리한 경우 :3점

(전압원의 독립성을 고려하지 않고 전압원 3개로 case를 분리한 경우 2점, 이후의 풀이에는 점수 없음)

▶두 가지 case에 대해 전류를 맞게 구한 경우 :각각 1점

▶답 점수 :1점

(superposition을 이용하지 않은 경우 or 답만 있는 경우 답이 맞더라도 0점 처리)

(superposition을 이용하여 case를 잘 분리한 후 KCL이나 KVL을 이용하여 답이 맞은 경우 정답으로 인정)

#4.(c)

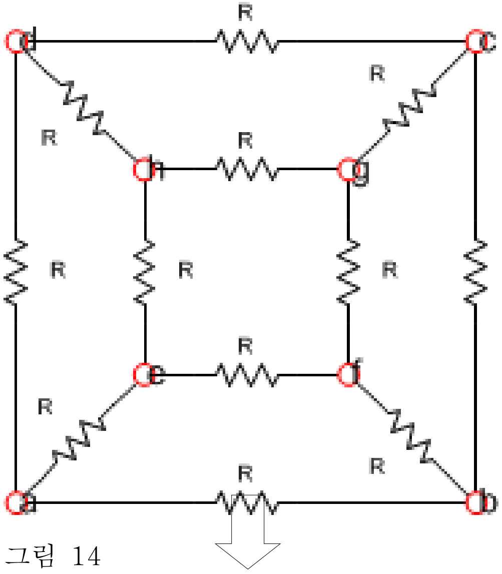


그림 14

- Cubit Circuit을 평면으로 나타내면 그림 1과 같은 회로로 나타낼 수 있다.

- node a와 node c 사이의 회로가 완전히 대칭이기 때문에 h 와 f의 전위는 같으므로 그림 2와 같이 회로를 변환 할 수 있다.

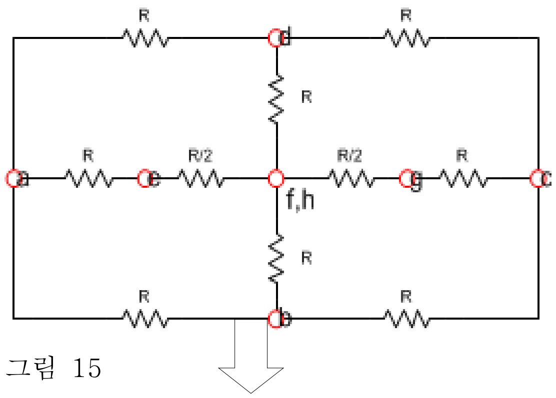


그림 15

- 그림 2를 보면 node d, node (h,f), node b의 전위가 모두 같으므로 node d와 node (h,f)사이의 저항과 node(h,f)와 node b 사이의 저항으로는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 해당하는 저항은 없는 것과 마찬 가지이다.

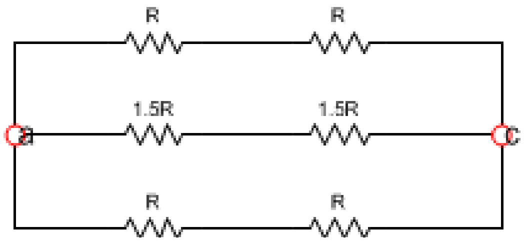


그림 16

- 따라서 그림 3과 같이 변환 할 수 있으며 최종적인 node a에서 node c까지의 등가 저항은 $2R \| 3R \| 2R$ = $\frac{3}{4}R$ = $\frac{3}{4}\Omega$ 을 구할 수 있다.

채점 기준

▶그림 1과 같이 평면회로로 나타내면 2점

▶대칭성을 이용하여 회로를 변환하면 1점

▶답이 맞으면 4점

▶이와 같이 풀지 않았을 경우에 풀이방법과 답이 맞으면 7점