1.9 그림 1.5의 소자의 전류는 다음과 같다.

$$i = 0, \qquad t < 0;$$
$$i = 40te^{-500t}\ \text{A}, \qquad t \geq 0.$$

a) 위쪽 단자에 축적되는 전하에 대한 식을 구하라.

b) $t = 1$ ms에 축적된 전하를 구하라.

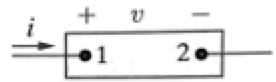


그림 1.5▲ 이상적인 기본 회로 소자.

(a) $i = \dfrac{dq}{dt}$ 이므로 $dq = i \cdot dt$ 이다.

q를 구하기 위해 양변을 적분하면 $\int dq = \int i \cdot dt$ 가 된다.

$$q(t) - q(0) = \int_0^t 40xe^{-500x} \cdot dx = 40xe^{-500x}\left(-\frac{1}{500}\right)\Big|_0^t - \int_0^t 40e^{-500x}\left(-\frac{1}{500}\right) dx$$

$t=0$일때 축전된 전하 "$q(0)=0$"이다.

$$= \left\{40xe^{-500x}\left(-\frac{1}{500}\right) - 40e^{-500x}\left(-\frac{1}{500}\right)^2\right\}\Big|_0^t$$

$$= 40te^{-500t}\left(-\frac{1}{500}\right) - 40e^{-500t}\left(-\frac{1}{500}\right)^2 + 40\left(-\frac{1}{500}\right)^2$$

$$= 40\left(-\frac{1}{500}\right)^2\left(te^{-500t} \cdot (-500) - e^{-500t} + 1\right)$$

$$= 160 \cdot 10^{-6}\left(1 - e^{-500t} - 500te^{-500t}\right)$$

$$\therefore\ q(t) = 160 \cdot 10^{-6}\left(1 - e^{-500t} - 500te^{-500t}\right)$$

(b) $t = 1$ms에 축전된 전하는 $q(1\text{ms})$와 같다.

$1\text{ms} = 1 \cdot 10^{-3}$s 이므로 $q(0.001) = 160 \cdot 10^{-6}\left(1 - e^{-500 \cdot 10^{-3}} - 500 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-500 \cdot 10^{-3}}\right)$

$= 1.443 \times 10^{-5} = 14.43 \times 10^{-6} = 14.43\,\mu C$ 이다.

1.14 두 개의 전기 회로가 상자 A와 B로 표시되었는데, 그림 P1.14와 같이 연결되어 있다. 상호 연결된 부분에서 전류 i에 대한 기준 방향과 상호 연결된 부분에 걸리는 전압 v에 대한 기준 극성은 그림에 나타낸 것과 같다. 각각의 다음 수치 값에 대해 상호 연결 부분에서의 전력을 계산하고, 이 전력이 A로부터 B로 흐르는지 혹은 그 반대인지 밝혀라.

a) $i = 8\text{ A}$, $v = 40\text{ V}$

b) $i = -2\text{ A}$, $v = -10\text{ V}$

c) $i = 2\text{ A}$, $v = -50\text{ V}$

d) $i = -10\text{ A}$, $v = 20\text{ V}$

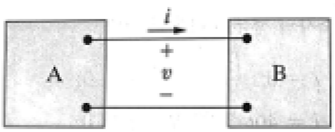


그림 P1.14

Sol) 상호 연결 부분에서 전력 P의 부호가 (+)이면 A가 에너지를 생성하는 것, 즉 A→B로 전력이 흐르는 것이고, 전력 P의 부호가 (−)이면 A가 에너지를 흡수하는 것, 즉 B→A로 전력이 흐르는 것이다.

(a) $i = 8A$, $v = 40V$일 때

전력 $P = v \cdot i = 40 \cdot 8 = 320[W]$ 이다.

P의 부호가 (+)이므로 A에서 B로 전력이 흐르는 것이다.

(b) $i = -2A$, $v = -10V$일 때

전력 $P = v \cdot i = (-10) \cdot (-2) = 20[W]$ 이다.

P의 부호가 (+)이므로 A에서 B로 전력이 흐르는 것이다.

(c) $i = 2A$, $v = -50V$일 때

전력 $P = v \cdot i = (-50) \cdot (2) = -100[W]$ 이다.

P의 부호가 (−)이므로 B에서 A로 전력이 흐르는 것이다.

(d) $i = -10A$, $v = 20V$일 때

전력 $P = v \cdot i = (20) \cdot (-10) = -200[W]$ 이다.

P의 부호가 (−)이므로 B에서 A로 전력이 흐르는 것이다.

1.18 그림 1.5의 회로 소자 단자에서 전압과 전류는 $t < 0$일 때 0이고, $t \geq 0$일 때는 다음과 같다.

$$v = 3e^{-50t}\ \mathrm{V},$$
$$i = 5e^{-50t}\ \mathrm{mA}.$$

a) 5 ms일 때 이 소자에 공급된 전력을 구하라.

b) 이 회로 소자로 전달되는 총에너지를 구하라.

(a) 소자에 공급된 전력 $P(t) = \begin{cases} 0 & (t<0) \\ v(t)\cdot i(t) & (t \geq 0) \end{cases}$

따라서 $P(t) = (3e^{-50t})(5e^{-50t}\cdot 10^{-3}) = 15\cdot 10^{-3}\cdot e^{-100t}$이다. ($t \geq 0$일때)

5ms ($= 5\cdot 10^{-3}$ s)일때 소자에 공급된 전력은

$P(5\cdot 10^{-3}) = 15\cdot 10^{-3}\cdot e^{-100\cdot 5\cdot 10^{-3}} = 0.009098[\mathrm{W}] = 9.098[\mathrm{mW}]$

(b) $W_{total} = \int_{-\infty}^{\infty} P(x)\,dx = \int_{0}^{\infty} P(x)\,dx = \int_{0}^{\infty} 15\cdot 10^{-3}\cdot e^{-100x}\,dx$

$= 15\cdot 10^{-3}\cdot e^{-100x}\cdot\left(\frac{1}{-100}\right)\Big|_{0}^{\infty} = -15\cdot 10^{-3}\cdot\left(-\frac{1}{100}\right) = 15\cdot 10^{-5} = 150\mu\mathrm{J}$

2.18 그림 P2.18의 회로에서

PSPICE MULTISIM

a) i_a의 값을 구하라.

b) i_b의 값을 구하라.

c) v_o의 값을 구하라.

d) 각 저항에서 소비되는 전력을 구하라.

e) 200 V 전압원에 의해 전달되는 전력을 구하라.

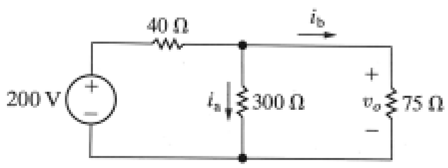
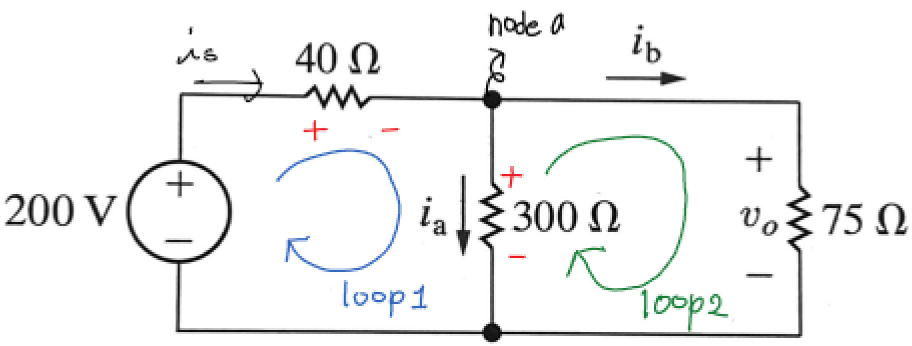


그림 P2.18

Sol)



KCL에 의해 node a에서 들어가는 전류(i_s) = 나가는 전류($i_a + i_b$) 이므로

$i_s = i_a + i_b$ 이다.

KVL에 의해 loop 1에서 $-200[V] + 40[\Omega]\, i_s + 300[\Omega] \cdot i_a = 0$ 이다.

$-10 + 2i_s + 15i_a = 0$, $2i_s + 15i_a = 10$

$i_s = i_a + i_b$ 이므로 $2(i_a + i_b) + 15i_a = 10$, $17i_a + 2i_b = 10$

loop 2에서 $-300[\Omega] \cdot i_a + 75[\Omega] \cdot i_b = 0$,

$75i_b = 300i_a$, $i_b = 4i_a$

따라서 $17i_a + 2(4i_a) = 10$, $25i_a = 10$, $i_a = \frac{10}{25} = \frac{2}{5} = 0.4[A]$

(a) $i_a = 0.4[A]$

(b) $i_b = 4i_a$ 이므로 $i_b = 1.6[A]$

(c) 옴의 법칙 ($V=IR$)에 의해 $v_o = i_b \cdot 75[\Omega]$이다.

$i_b = 1.6[A]$ 이므로 $v_o = 1.6[A] \cdot 75[\Omega] = 120[V]$

(d) 저항 $40[\Omega]$, $300[\Omega]$, $75[\Omega]$ 에서의 소비되는 전력을

각각 $P_{40\Omega}$, $P_{300\Omega}$, $P_{75\Omega}$ 이라 하자.

$P = I^2R$을 이용해 각각 전력을 구하면

$P_{40\Omega} = i_g^2 \cdot 40[\Omega] = \{2[A]\}^2 \cdot 40[\Omega] = 160[W]$ 이다.

$P_{300\Omega} = i_a^2 \cdot 300[\Omega] = (0.4[A])^2 \cdot 300[\Omega] = 48[W]$ 이다.

$P_{75\Omega} = i_b^2 \cdot 75[\Omega] = (1.6[A])^2 \cdot 75[\Omega] = 192[W]$이다.

(e) 200 V 전압원에 의한 전달되는 전력을 P_{200V} 라고 하자.

$P=VI$를 이용하면 전류방향이 전압이 상승하는 방향이므로 (−)를 붙여줘야 한다.

따라서 $P_{200V} = -200[V] \cdot i_g = -200[V] \cdot 2[A] = -400[W]$이다.

+) (d)에서 각각 저항에서의 전력의 부호가 (+)인 것으로 보아 각각의 저항이 전력을 소비하는 것을, (e)에서 전압원에서의 전력의 부호가 (−)인것으로 보아 전력을 전달해주는 것이라는 걸 알 수 있다.

또 (d)와 (e)에서 $\Sigma P_{소비} = P_{40\Omega} + P_{300\Omega} + P_{75\Omega} = 400[W]$

$P_{전달} = -400[W]$ 임을 통해

소비되는 전력의 크기와 전달되는 전력의 크기가 동일함을 알수있다.

2.20 그림 P2.20에 제시된 회로를 고려하자.

a) 키르히호프의 법칙과 옴의 법칙을 사용하여 v_o를 구하라.

b) 공급되는 총전력이 흡수되는 총전력과 동일함을 확인함으로써 v_o에 대한 해를 검증하라.

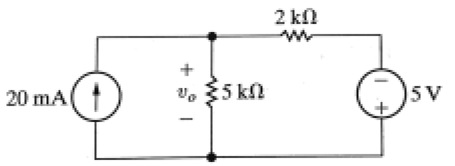
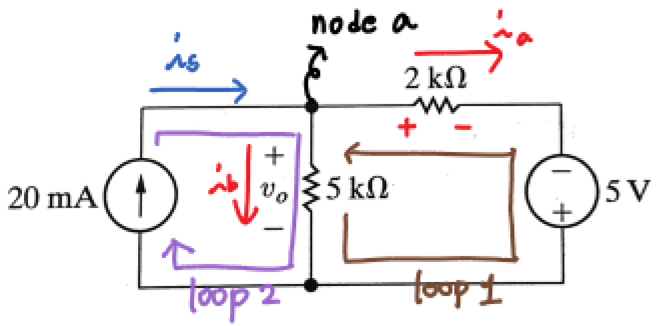


그림 P2.20

Sol)



KCl에 의해서 node a로 들어가는 전류(i_s)와 나가는 전류(i_a+i_b)가 동일하다.

따라서 $i_s = i_a + i_b = 20\,mA = 20 \cdot 10^{-3}\,A$ 이다.

KVl에 의해서 loop 1 에서 다음과 같은 등식이 성립한다

$$5[V] + 5 \cdot 10^3[\Omega] \cdot i_b - 2 \cdot 10^3[\Omega] \cdot i_a = 0$$

↳ 옴의 법칙 (V=IR 이용 ↲

$2000\,i_a - 5000\,i_b = 5$ 이므로 $2000(i_a + i_b) - 7000\,i_b = 5$이다.

$i_a + i_b = 20 \cdot 10^{-3}\,A$이므로 $2000 \cdot (20 \cdot 10^{-3}[A]) - 7000\,i_b = 5$,

$40 - 7000\,i_b = 5 \Rightarrow 7000\,i_b = 35$, 즉 $i_b = 0.005\,A = 5\,mA$이다.

i_b가 $5mA$이므로 $i_a = 20mA - 5mA = 15mA$이다

(a) 옴의 법칙를 이용해 V_o를 구하면

$$V_o = i_b \cdot (5k\Omega) = 5mA \cdot 5k\Omega = 25[V] \text{ 이다.}$$

(b) 20mA, 5V, 5kΩ, 2kΩ 에서의 전력을 각각 P_{20mA}, P_{5V}, $P_{5k\Omega}$, $P_{2k\Omega}$ 이라 하자.

20mA 에서의 전압은 loop 2에서의 KVL에 의해 v_0와 동일하다.

따라서 $P_{20mA} = -v_0 \cdot i_b = -(25V)\cdot(20mA) = -0.5[W]$ 이다.

$P_{5V} = -(5V)\cdot i_a = -(5V)(15mA) = -0.075[W]$ 이다.

$P_{5k\Omega} = i_b^2 \cdot (5k\Omega) = (5mA)^2 \cdot (5k\Omega) = 0.125[W]$ 이다.

$P_{2k\Omega} = i_a^2 \cdot (2k\Omega) = (15mA)^2 \cdot (2k\Omega) = 0.45[W]$ 이다.

공급되는 총전력 $(= P_{20mA} + P_{5V})$ 이 흡수되는 총전력 $(= P_{5k\Omega} + P_{2k\Omega})$ 과 같은 것으로 보아,

$= -(0.5 + 0.075) = -0.575$ $= 0.125 + 0.45 = 0.575$

v_0가 25[V]라는 것을 검증할 수 있다.

2.26 그림 P2.26의 회로에서 (a) R과 (b) 240 V 전원에 의해 전달된 전력을 구하라.
PSPICE
MULTISIM

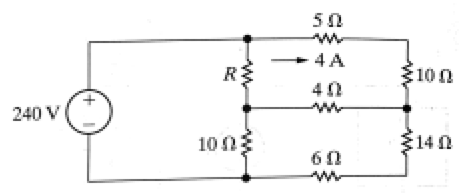
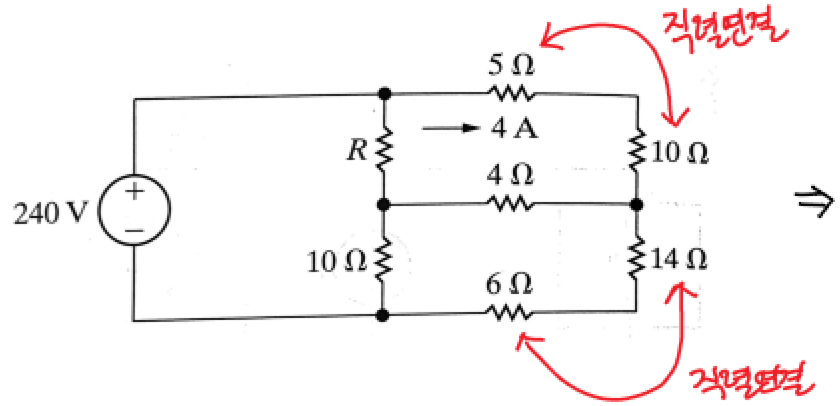
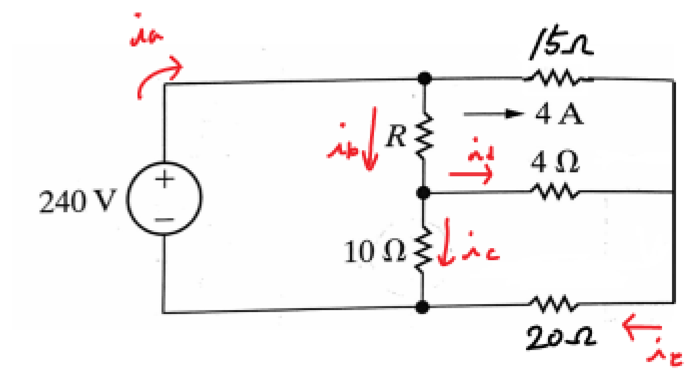


그림 P2.26

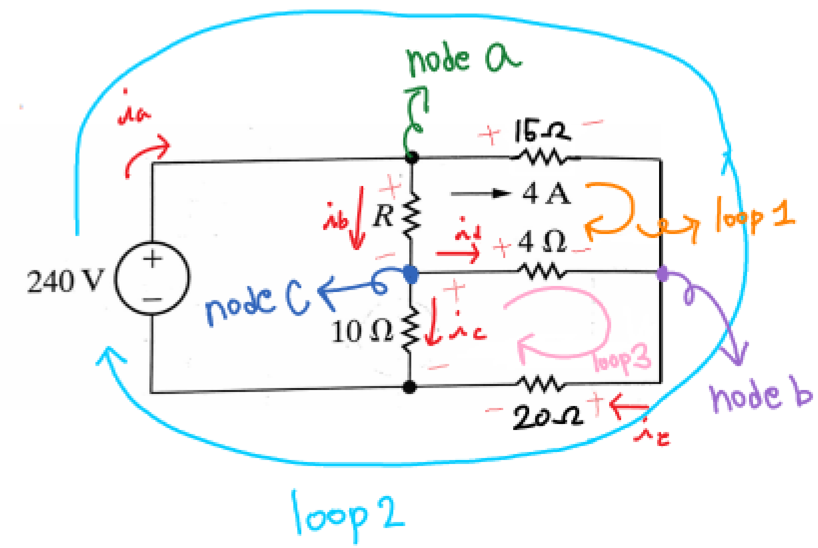
Sol)



⇒



5Ω와 10Ω / 14Ω와 6Ω이
직렬로 연결된 상태이므로 회로를 왼쪽과 같이
나타낼 수 있다



loop 2에서 KVL에 의해
$-240[V] + 4[A]\cdot 15[\Omega] + i_e \cdot 20[\Omega] = 0$
$\Rightarrow 20 i_e = 180$, $i_e = 9$ 이다.

node b에서 KCL에 의해
들어가는 전류의 합 (i_d+4) = 나가는 전류의 합 (i_e)이다.
$i_d + 4 = i_e \Rightarrow i_d = i_e - 4 = 9 - 4 = 5A$ 이다.

loop 3에서 KVL에 의해 $i_d \cdot 4[\Omega] + i_e \cdot 20[\Omega] - i_c \cdot 10[\Omega] = 0$
$\Rightarrow 5[A]\cdot 4[\Omega] + 9[A]\cdot 20[\Omega] - i_c \cdot 10[\Omega] = 200 - 10 i_c = 0$
$\Rightarrow i_c = 20[A]$

node c에서 KCL에 의해
들어가는 전류의 합(i_b) = 나가는 전류의 합 ($i_c + i_d$)이다.
$i_b = i_c + i_d = 20[A] + 5[A] = 25[A]$

loop 1에서 KVL에 의해
$4[A]\cdot 15[\Omega] - i_d \cdot 4[\Omega] - i_b R = 0 \Rightarrow R i_b + 4 i_d = 60$ 이다 — ①

식 ①에서

(a) $Ri_b + 4 i_d = 60$ 이므로 $25R + 4 \cdot 5 = 60$, $25R = 40 \Rightarrow R = \frac{40}{25} = 1.6\,[\Omega]$ 이다.

⟹

(b) node a에서 KCL에 의해

들어가는 전류의 합(i_a) = 나가는 전류의 합 ($i_b + 4A$) 이므로

$i_a = i_b + 4 = 29\,[A]$ 이다

240V 전원이 공급하는 전력을 P_{240V}라 하자.

$P_{240V} = -240\,[V] \cdot i_a = -240\,[V] \cdot 29\,[A] = -6960\,[W]$ 이다

전류의 방향이 "rise" 방향

따라서 240V 전원에 의해 전달된 전력은 6960[W] 이다.

공급하는 전력이므로 부호가 ⊖이다.

2.35 그림 P2.35의 회로에서 (a) i_o, (b) i_1, (c) i_2를 구하라.

PSPICE MULTISIM

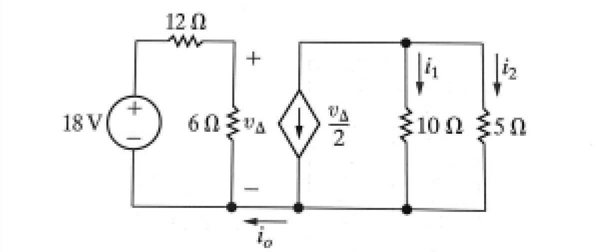
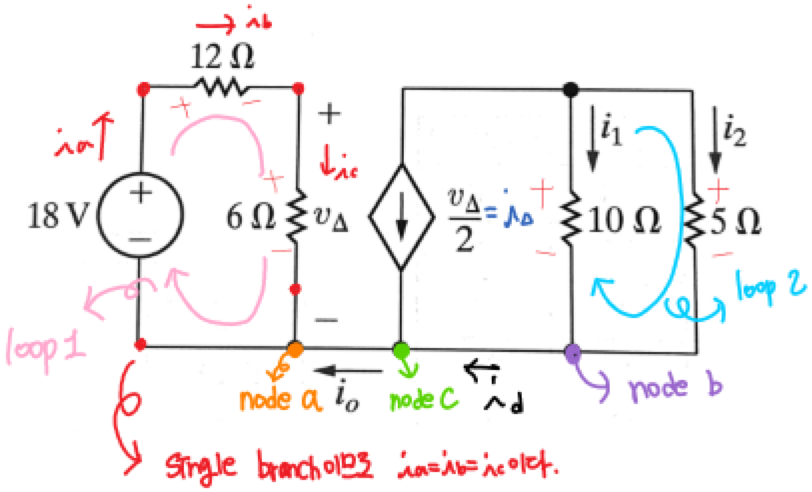


그림 P2.35



(a) KCL에 의해 node a에서 들어가는 전류의 합($i_a + i_o$)과 나가는 전류의 합(i_a)이 동일해야 한다.

따라서 $i_a + i_o = i_a$이므로 $i_o = 0$이어야 한다.

(b),(c) KVL에 의해 loop 1에서 다음과 같은 등식이 성립한다.

$-18[V] + i_b \cdot 12[\Omega] + i_c \cdot 6[\Omega] = 0$

$i_b = i_c$이므로 $-18 + 12i_b + 6i_b = 18i_b - 18 = 0$,

⇒ $i_b = 1[A]$이다.

따라서 $v_\Delta = 1[A] \cdot 6[\Omega] = 6[V]$이다.

$i_\Delta = \frac{v_\Delta}{2} = 3[A]$ 이다.

KCL에 의해 node c에서 들어가는 전류의 합($i_\Delta + i_d$) = 나가는 전류의 합(i_o)이다.

$i_\Delta + i_d = i_o = 0$이므로 $i_d = -i_\Delta = -3[A]$이다.

KCL에 의해 node b에서 들어가는 전류의 합($i_1 + i_2$) = 나가는 전류의 합(i_d)이다.

⇒ $i_d = i_1 + i_2 = -3[A]$ — ①

KVL에 의해 loop 2에서 다음과 같은 등식이 성립한다.

$i_2 \cdot 5[\Omega] - i_1 \cdot 10[\Omega] = 0 \Rightarrow 5i_2 - 10i_1 = 0$, $i_2 = 2i_1$

식 ① $i_1 + i_2 = -3$이므로 $3i_1 = -3$, $i_1 = -1[A]$이고 $i_2 = -2[A]$이다.