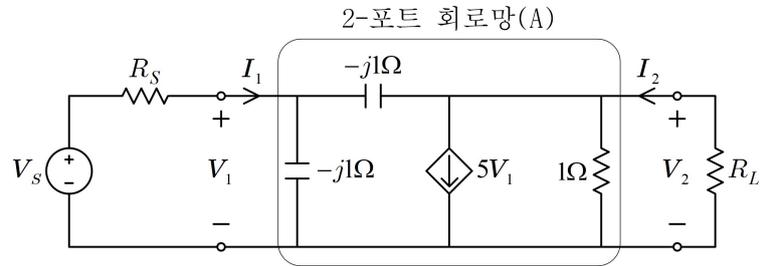


**[제1문](계산기사용 불가)**

그림과 같은 회로에서 다음 물음에 답하시오. (총 20점)

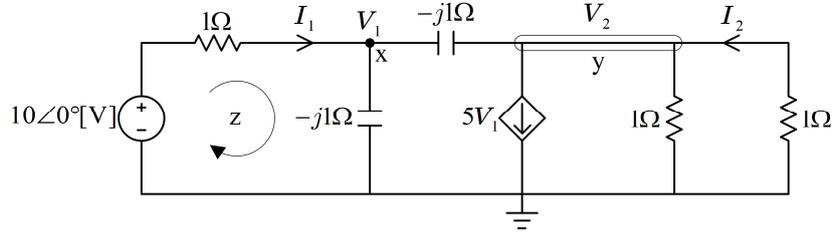


- 1) 2-포트 회로망(A)의  $h$ -파라미터(하이브리드)를 구하시오. (단, 신호원과 부하는 제거한다.) (12점)
- 2)  $V_s = 10 \angle 0^\circ [\text{V}]$ ,  $R_s = 1[\Omega]$ ,  $R_L = 1[\Omega]$ 일 때, 1)에서 구한  $h$ -파라미터를 이용하여  $V_2[\text{V}]$ 를 구하시오. (8점)

**[풀이]**

I. 설문(1)

다음 회로에서



1. 마디 x에 KCL을 적용하면  $I_1 = \frac{V_1}{-j} + \frac{V_1 - V_2}{-j}$

2. 마디 y에 KCL을 적용하면  $I_2 = 5V_1 + \frac{V_2}{1} + \frac{V_2 - V_1}{-j}$

3. 상기 1, 2의 결과식을  $V_1, I_2$ 에 관하여 연립하면

$V_1 = -j\frac{1}{2}I_1 + \frac{1}{2}V_2, I_2 = -\frac{1+j5}{2}I_1 + \frac{7+j}{2}V_2$ 이므로 2-포트 회로망(A)의 하이브리드 파

라미터는  $H = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j\frac{1}{2}\Omega & \frac{1}{2} \\ -\frac{1+j5}{2} & \frac{7+j}{2}S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j0.5\Omega & 0.5 \\ -0.5-j2.5 & 3.5+j0.5S \end{bmatrix}$

II. 설문(2)

1. 2-포트 회로망(A)의 포트전압, 전류관계식에서

$V_1 = -j\frac{1}{2}I_1 + \frac{1}{2}V_2, I_2 = -\frac{1+j5}{2}I_1 + \frac{7+j}{2}V_2$

2. 상기 회로의 망로 z를 따라 KVL을 적용하면  $10 = 1 \times I_1 + V_1$

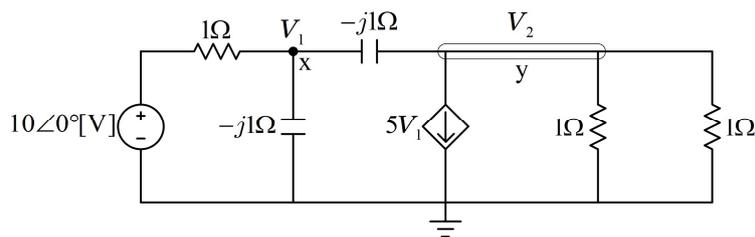
3.  $V_2 = -R_L I_2 = -I_2$

4. 상기 1~3의 결과식을 연립하면  $V_2 = \frac{50}{101} + j\frac{510}{101} = 5.0737 \angle 84.4007^\circ [V]$

5. [참고: 계산]

다음 회로의 마디 x에서 KCL을 적용하면  $\frac{V_1 - 10}{1} + \frac{V_1}{-j} + \frac{V_1 - V_2}{-j} = 0$ , 마디 y에서 KCL을

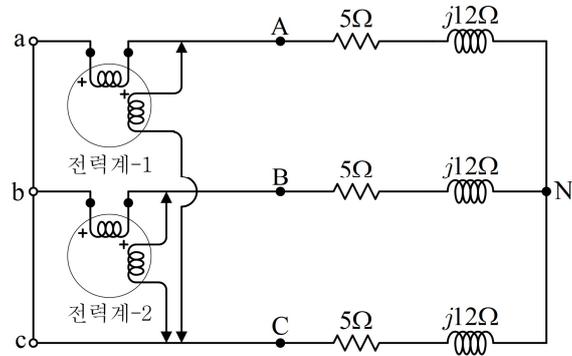
각각 적용하면  $\frac{V_2 - V_1}{-j} + 5V_1 + \frac{V_2}{1} + \frac{V_2}{1} = 0$ 이므로 두 식을 연립하면  $V_2 = \frac{50}{101} + j\frac{510}{101} [V]$



---

**[제2문](계산기사용 불가능)**

그림과 같이  $V_{ab} = 390 \angle 30^\circ [V_{r.m.s}]$  이고 정상순을 가지는 평형 3상 전원에 의해 구동되는 회로에 대해 다음 물음에 답하시오. (총 20점)

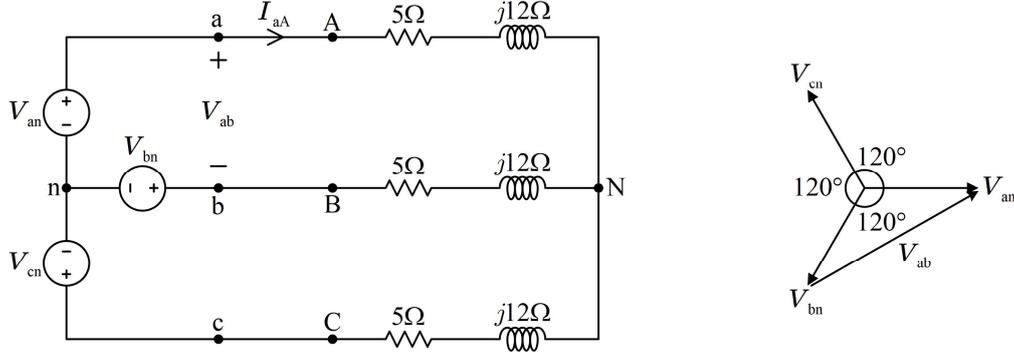


- 1) 전력계-1에 의해 측정되는 전력을 구하시오. (8점)
  - 2) 3상 평형부하에 의한 전체 소비전력을 구하시오. (12점)
-

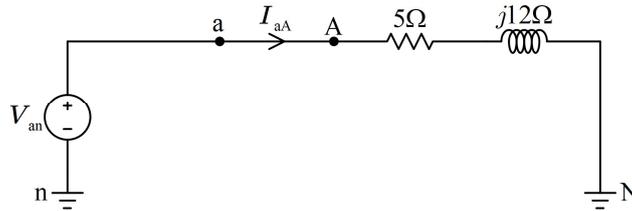
**[풀이]**

I. 설문(1)

전력계-1에 의해 측정되는 전력을  $P_1$ 이라 하면 전력계-1은 선전압  $V_{ac}$ 와 선전류  $I_{aA}$ 를 취하므로  $P_1 = \text{Re}[V_{ac}I_{aA}^*]$  [W]이다. 주어진 회로의 전원을 이와 등가인 Y결선 회로로 바꾸면 아래 좌측 회로와 같다.



또한 선전압  $V_{ab} = V_{an} \times \sqrt{3} \angle 30^\circ$ 이므로 상전압  $V_{an} = \frac{390 \angle 30^\circ}{\sqrt{3} \angle 30^\circ} = 130\sqrt{3} \angle 0^\circ$  [V<sub>rms</sub>] 이고 단상등가회로는 다음과 같다.



$$\text{선전류 } I_{aA} = \frac{130\sqrt{3} \angle 0^\circ}{5 + j12} = \frac{50\sqrt{3}}{13} - j\frac{120\sqrt{3}}{13} \text{ [A}_{\text{rms}}\text{]},$$

선전압  $V_{ac} = -V_{ca} = -390 \angle 150^\circ = 390 \angle -30^\circ$  [V<sub>rms</sub>] 이므로

$$P_1 = \text{Re}[V_{ac}I_{aA}^*] = \text{Re}[1800\sqrt{3} + 2250 + j(5400 - 750\sqrt{3})] = 1800\sqrt{3} + 2250 \text{ [W]}$$

II. 설문(2)

1. 3상 평형부하에 의한 전체 소비전력은

$$3 \times \text{Re}\left[\frac{|V_{an}|^2}{(5 + j12)^*}\right] = 3 \times \text{Re}\left[\frac{(130\sqrt{3})^2}{5 - j12}\right] = \text{Re}[4500 + j10800] = 4500 \text{ [W]}$$

2. [참고: 계산]

전력계-2에 의해 측정되는 전력을  $P_2$ 라 하면 전력계-2은 선전압  $V_{bc}$ 와 선전류  $I_{bB}$ 를 취하므로  $P_2 = \text{Re}[V_{bc}I_{bB}^*]$  [W]이다.

$$V_{bc} = 390 \angle -90^\circ \text{ [V}_{\text{rms}}\text{]}, \quad I_{bB} = I_{aA} \times 1 \angle -120^\circ = -\frac{25\sqrt{3}}{13} - \frac{180}{13} + j\left(\frac{60\sqrt{3}}{13} - \frac{75}{13}\right) \text{ [A}_{\text{rms}}\text{]} \text{ 이}$$

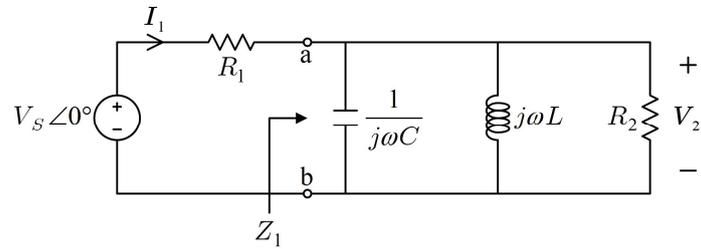
$$\text{므로 } P_2 = \text{Re}[V_{bc}I_{bB}^*] = \text{Re}[-450(4\sqrt{3} - 5) + j150(5\sqrt{3} + 36)] = 2250 - 1800\sqrt{3} \text{ [W]}$$

따라서 3상 평형부하에 의한 전체 소비전력은  $P_1 + P_2 = 4500$  [W]

---

**[제3문](계산기사용 불가능)**

그림과 같은 페이지 회로에서 다음 물음에 답하시오. (총 20점)



- 1) a-b 단자에서 들여다 본 임피던스  $Z_1$ 을 구하시오. (6점)
  - 2)  $V_2 = \frac{1}{2} V_S \angle 0^\circ$ 가 되기 위한 모든 조건을  $\omega$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C$ ,  $L$  사이의 관계식으로 표현하시오. (6점)
  - 3)  $V_S = 100[\text{V}]$ ,  $\omega = 1,000[\text{rad/s}]$ ,  $R_1 = 0.5[\Omega]$ ,  $R_2 = 2.5[\Omega]$ ,  $C = 200[\mu\text{F}]$ ,  $L = 1[\text{mH}]$ 일 때  $I_1$ 을 구하시오. (8점)
-

**[풀이]**

I. 설문(1)

$$\frac{1}{Z_1} = j\omega C + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) [\text{S}] \text{ 이므로}$$

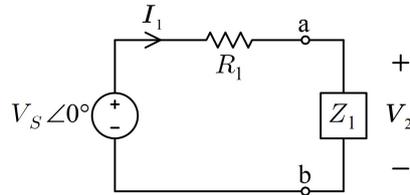
$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)} [\Omega]$$

II. 설문(2)

다음 등가회로에서 전압분배법칙에 의해

$$V_2 = \frac{Z_1}{R_1 + Z_1} \times V_S \angle 0^\circ = \frac{1}{2} V_S \angle 0^\circ [\text{V}] \text{ 이므로 } \frac{Z_1}{R_1 + Z_1} = \frac{1}{2}$$

따라서  $2Z_1 = Z_1 + R_1$ 에서  $Z_1 = R_1$ 이 성립해야 한다.

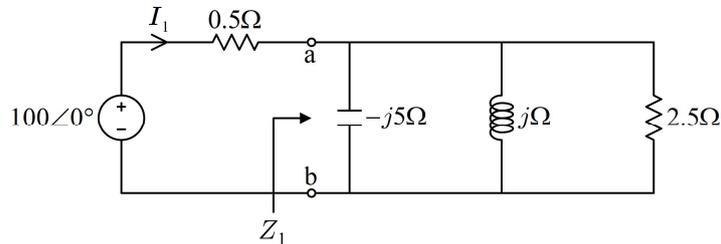


즉  $\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R_1}$ 에서  $\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{R_2} + j\left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right) = \frac{1}{R_1}$  이므로  $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_1}$ ,  $\omega C - \frac{1}{\omega L} = 0$ 이어야 한다.

따라서 구하는 조건은  $R_1 = R_2$ ,  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  [rad/sec]

III. 설문(3)

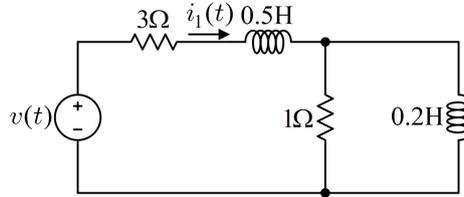
다음 회로에서  $I_1 = \frac{100 \angle 0^\circ}{0.5 + Z_1} = \frac{100 \angle 0^\circ}{0.5 + (-j5 \parallel j \parallel 2.5)} = 50 - j50 = 50\sqrt{2} \angle -45^\circ [\text{A}]$



---

**[제4문](계산기사용 불가)**

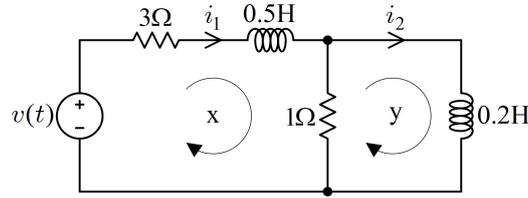
그림과 같은 회로에서 다음 물음에 답하시오. (단,  $v(t) = 12u(t)[V]$ 이고  $u(t)$ 는 단위 계단함수이다.) (총 20점)



- 1)  $i_1(t)$ 의 특성방정식의 근을 구하고,  $i_1(t)$ 의 고유응답은 어떤 제동 특성을 보이는지 기술하시오. (6점)
  - 2)  $i_1(0^+)$ ,  $\frac{di_1(0^+)}{dt}$ ,  $i_1(\infty)$ 를 각각 구하시오. (6점)
  - 3)  $i_1(t)$ 를 구하시오. (단,  $t > 0$ 이다.) (8점)
-

**[풀이]**

I. 설문(1)



상기 회로에서 망로 x를 따라 KVL을 적용하면  $v = 3i_1 + 0.5i_1' + 1 \times (i_1 - i_2)$ , 망로 y를 따라 KVL을 적용하면  $0.2i_2' + 1 \times (i_2 - i_1) = 0$ 이다. 미분연산자법 ( $D = \frac{d}{dt}$ )을 적용하여 상기 방정식을 다시 쓰면  $v = (4 + 0.5D)i_1 - i_2$ ,  $(0.2D + 1)i_2 - i_1 = 0$ 이고 이를 연립하면

$i_1 = \frac{2(D+5)v}{D^2 + 13D + 30}$ 이므로  $i_1$ 에 관한 미방은  $i_1'' + 13i_1' + 30i_1 = 2v' + 10v$ 이다. 특성방정식은  $s^2 + 13s + 30 = (s+3)(s+10) = 0$ 이므로 특성근은  $s = -3, -10$ 이고 고유응답은 과제동(over-damping) 특성을 보인다.

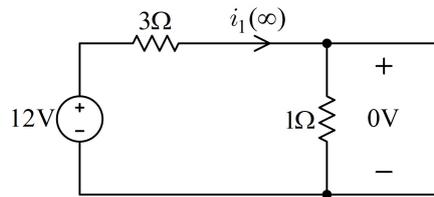
II. 설문(2)

(1)  $v(t) = 12u(t) = 0[V] (t < 0)$ 이므로  $t < 0$ 에서 회로에 저장된 에너지는 0J이다. 따라서  $i_1(0^-) = i_2(0^-) = 0[A]$ 이고 인덕터전류의 연속성에 의해  $i_1(0^+) = i_1(0) = i_1(0^-) = 0[A]$

(2)  $v = 3i_1 + 0.5i_1' + 1 \times (i_1 - i_2)$ 에서  $i_1' = 2(v - 4i_1 + i_2) = 2(12u(t) - 4i_1(t) + i_2(t))$ 이고 인덕터전류의 연속성에 의해  $i_1(0^+) = i_1(0) = i_1(0^-) = 0[A]$ ,  $i_2(0^+) = i_2(0) = i_2(0^-) = 0[A]$ 이므로

$$\frac{di_1(0^+)}{dt} = 2(12u(0^+) - 4i_1(0^+) + i_2(0^+)) = 2(12 - 0 + 0) = 24[A/sec]$$

(3) 다음 직류정상상태회로에서 KVL에 의해  $12 = 3i_1(\infty) + 0$ 이므로  $i_1(\infty) = \frac{12}{3} = 4[A]$



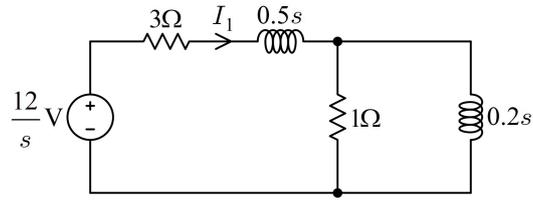
III. 설문(3)

설문 1)의 결과에서 고유응답  $i_{1n} = K_1e^{-3t} + K_2e^{-10t} [A]$ 이고 설문 2)의 결과에서 강제응답  $i_{1f} = i_1(\infty) = 4[A]$ 이므로 완전응답은  $i_1 = i_{1n} + i_{1f} = K_1e^{-3t} + K_2e^{-10t} + 4[A]$ 이다.

$i_1(0^+) = K_1 + K_2 + 4 = 0$ ,  $\frac{di_1(0^+)}{dt} = -3K_1 - 10K_2 = 24$ 이므로 두 식을 연립하면

$K_1 = -\frac{16}{7}$ ,  $K_2 = -\frac{12}{7}$ 이다. 따라서  $i_1(t) = 4 - \frac{16}{7}e^{-3t} - \frac{12}{7}e^{-10t} [A] (t > 0)$

[참고: 계산]



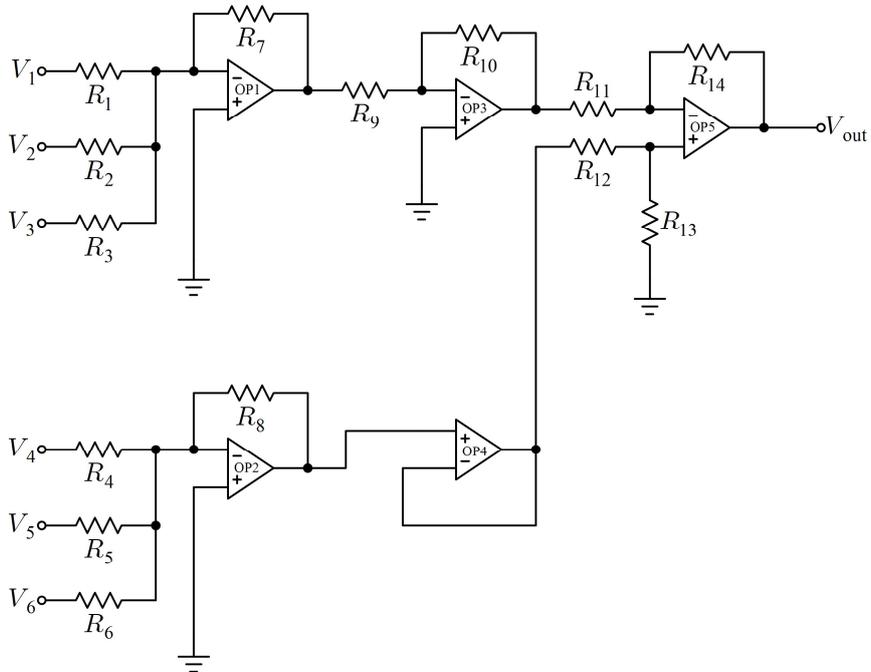
상기 라플라스변환회로에서 KVL에 의해  $\frac{12}{s} = (3 + 0.5s)I_1 + (1 \parallel 0.2s)I_1$  이므로

$$I_1 = \frac{\frac{12}{s}}{3 + 0.5s + (1 \parallel 0.2s)} = \frac{24(s+5)}{s(s^2 + 13s + 30)} = -\frac{12}{7(s+10)} - \frac{16}{7(s+3)} + \frac{4}{s}$$

$$\text{따라서 } i_1(t) = \mathcal{L}^{-1}[I_1(s)] = -\frac{12}{7}e^{-10t} - \frac{16}{7}e^{-3t} + 4[\text{A}] (t > 0)$$

**[제5문](계산기사용 불가능)**

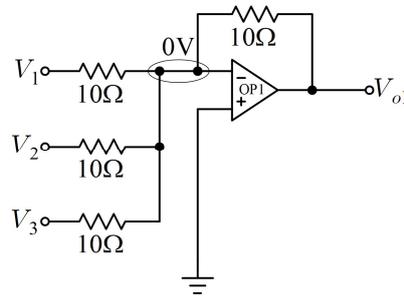
그림과 같은 회로에 대해 다음 물음에 답하시오. (단,  $V_1 = 1[V]$ ,  $V_2 = 3[V]$ ,  $V_3 = 5[V]$ ,  $V_4 = 2[V]$ ,  $V_5 = 4[V]$ ,  $V_6 = 6[V]$ 이며,  $R_1 \sim R_{14}$ 는  $10[\Omega]$ , 모든 연산증폭기는 이상적이다.) (총 20점)



- 1) OP1의 출력단 전압을 구하시오. (6점)
- 2) OP3의 출력단 전압을 구하시오. (6점)
- 3)  $V_{out}$ 을 구하시오. (8점)

**[풀이]**

I. 설문(1)

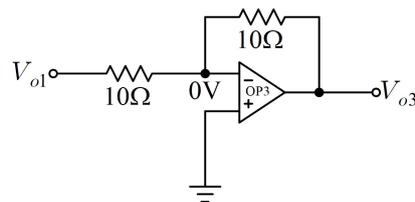


상기 회로에서 OP1의 반전입력단자에 KCL을 적용하면

$$\frac{0 - V_1}{10} + \frac{0 - V_2}{10} + \frac{0 - V_3}{10} + \frac{0 - V_{o1}}{10} = 0 \text{ 이므로}$$

$$V_{o1} = -(V_1 + V_2 + V_3) = -(1 + 3 + 5) = -9 [\text{V}]$$

II. 설문(2)

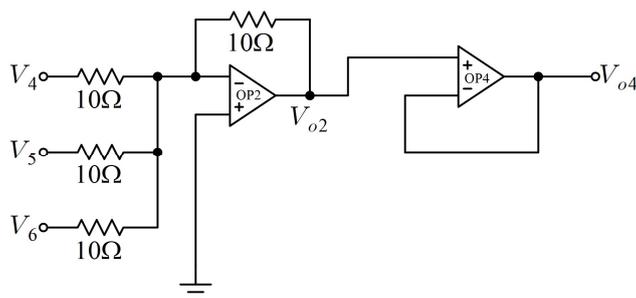


상기 회로에서 OP2의 반전입력단자에 KCL을 적용하면

$$\frac{0 - V_{o1}}{10} + \frac{0 - V_{o3}}{10} = 0 \text{ 이므로 } V_{o3} = -V_{o1} = 9 [\text{V}]$$

III. 설문(3)

- OP2에 연결된 회로의 구조는 OP1에 연결된 회로구조와 동일하므로 설문 1)의 결과를 이용하면  $V_{o2} = -(V_4 + V_5 + V_6) = -(2 + 4 + 6) = -12 [\text{V}]$ 이고 OP4는 버퍼를 구성하므로  $V_{o4} = V_{o2} = -12 [\text{V}]$ 이다.



2. 다음 회로에서 OP5의 반전입력단자에 KCL을 적용하면  $\frac{V - V_{o3}}{10} + \frac{V - V_{out}}{10} = 0$ , 비반전

입력단자에 KCL을 적용하면  $\frac{V}{10} + \frac{V - V_{o4}}{10} = 0$ 이므로 이를 연립하면

$$V_{out} = V_{o4} - V_{o3} = -12 - 9 = -21[V]$$

