Appendix

기출문제 정답과 해설

Chapter_02

[2.1] ③

$i = \dfrac{V}{R}$ 로부터 $1.2i = \dfrac{V}{0.83R}$

[2.2] ②

[2.3] ②

$4 /\!/ 6 + 10 /\!/ 10 = \dfrac{24}{4+6} + \dfrac{100}{10+10} = 7.4[\Omega]$

[2.4] ③

$1.5 \times 3 \times 180 = 810[\mathrm{J}]$

[2.5] ②

$i^2R = 90\mathrm{K}$ 그러므로 $i^2 \cdot 300 = 90 \times 10^3$, $i \cong 17.3[\mathrm{A}]$

[2.6] ②

$1 \times 60 = 60[\mathrm{C}]$

[2.7] ②

$R = \dfrac{V}{i}$ 로부터 $R = \dfrac{100}{5} = 20[\Omega]$이다. 120V에 가하면 $i = \dfrac{120}{20} = 6[\mathrm{A}]$

[2.8] ③

[2.9] ③

[2.10] ①

$180000 \div 180 = 1[\mathrm{KW}]$

[2.11] ④

$i^2R = 60$, $i = 20$이므로 $R = 0.15[\Omega]$이다. 따라서 $i^2R = 30^2 \times 0.15 = 135[\mathrm{W}]$

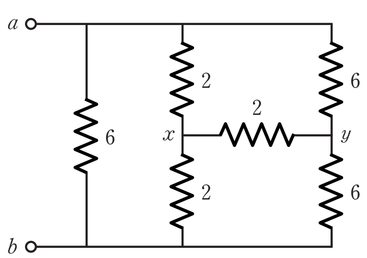
Chapter_03

[3.1] ①

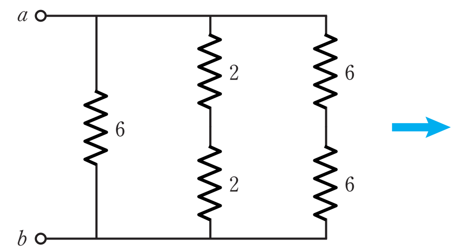
키르히호프의 제1법칙 = 키르히호프의 전류법칙

[3.2] ②

회로를 변형하면



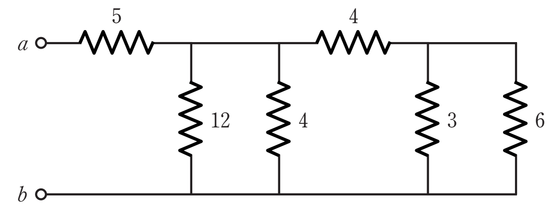
여기에서 x, y 사이를 가로지르는 2Ω의 저항은 x, y 두 점의 전압이 같으므로 전류가 흐르지 않아 없는 것으로 생각할 수 있다.



$6 /\!/ (2+2) /\!/ (6+6) = 2[\Omega]$

[3.3] ①

회로를 변형하면



그러므로 전체 저항은 $5 + 12 /\!/ 4 /\!/ (4 + 3 /\!/ 6) = 7[\Omega]$

[3.4] ②

$24 : R_x = 72 : 45$, $R_x = 15[\Omega]$

[3.5] ②

$R \propto \dfrac{L}{A}$, L은 길이, A는 단면적, 체적은 $A \times L$이므로 $2L$이면 $\dfrac{A}{2}$ 이다.

[3.6] ①

$G = \dfrac{1}{2+3} = 0.2[\mho]$

[3.7] ③

$1 + 2 /\!/ 2 + 3 /\!/ 3 /\!/ 3 = 3[\Omega]$

[3.8] ②

[3.9] ②

10Ω 저항을 병렬로 연결하면 최소가 됨. 그러므로 $10 /\!/ 10 /\!/ 10 /\!/ 10 /\!/ 10 = 2[\Omega]$

[3.10] ②

이 경우 3Ω 저항의 양쪽 끝의 전압값이 같으므로 전류가 흐르지 않음. 따라서 전체 저항값은 $5 + (6+2)(18+6) = 5 + 6 = 11[\Omega]$

[4.1] ③

노드 d를 접지시키고 노드 a, b, c에 대한 노드해석법을 적용하면, $v_c = 10\,[\mathrm{V}]$

노드 a에 KCL을 적용하여, $\dfrac{10 - v_a}{2} = \dfrac{v_a - v_b}{2.6} + \dfrac{v_b}{3}$

노드 b에 KCL을 적용하여, $\dfrac{10 - v_b}{3} = \dfrac{v_b - v_a}{2.6} + \dfrac{v_b}{2}$을 얻을 수 있다.

이를 수식으로부터, $v_a = 5.52\,[\mathrm{V}]$, $v_b = 4.48\,[\mathrm{V}]$

따라서 $2.6\,\Omega$에 흐르는 전류는 $\dfrac{5.52 - 4.48}{2.6} = 0.4\,[\mathrm{A}]$

[4.2]

문제에서 KCL에 의해 $I_x = I_1 + I_2$

$V = RI^2$의 관계식으로부터 $I = \sqrt{\dfrac{V}{R}}$ 이 되므로 $1\,\Omega$과 $4\,\Omega$의 병렬저항은 R_P라 하면,

$$I_x = I_1 + I_2 \;\Rightarrow\; \sqrt{\frac{V}{R_P}} = \sqrt{\frac{V}{R_1}} + \sqrt{\frac{V}{R_2}}$$

그러므로 $\dfrac{1}{\sqrt{R_P}} = \dfrac{1}{\sqrt{R_1}} + \dfrac{1}{\sqrt{R_2}} = 1 + \dfrac{1}{2}$

따라서 $R_P = \dfrac{4}{9}\,[\Omega]$

이제 $1\,\Omega$과 R_P를 직렬로 연결했을 때의 최종 R_T는 KVL에 의해 $13 = V_{1\Omega} + V_{R_P}$이 되고

마찬가지로 $V = RI^2$로부터

$$13 = 1 \cdot I_x^2 + \frac{4}{9} I_x^2 = \left(1 + \frac{4}{9}\right) I_x^2 = \frac{13}{9} I_x^2$$

그러므로 최종적으로 $I_x^2 = 13 \,/\, \left(\dfrac{13}{9}\right) = 9$이고, $I_x = 3\,[\mathrm{A}]$가 된다.

[4.3] ①

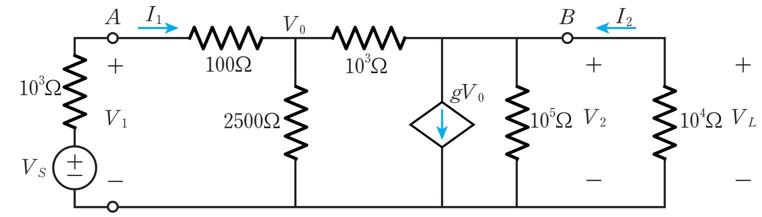
$$V_2 = -h_{21} I_1 \times (h_{22} \,/\!/\, R_L) = -h_{21} I_1 \times \frac{R_L}{1 + h_{22} R_L}$$

또한 $I_1 = \dfrac{V_1 - h_{12} V_2}{h_{11}}$, V_2 값을 대입하면

$$I_1 = \frac{V_1 + h_{12} h_{21} I_1 \cdot \dfrac{R_L}{1 + h_{22} R_L}}{h_{11}}$$ 이 되고,

다시 $\dfrac{V_1}{I_1}$으로 정리하면 $\dfrac{V_1}{I_1} = h_{11} - h_{12} h_{21} \dfrac{R_L}{1 + h_{22} R_L}$이 된다.

[5.1]



$V_1 = 2599.94 I_1 + 0.000025 V_2$, $\quad I_2 = 99.9975 I_1 + 0.000011 V_2$

$V_s = V_1 + 1000 I_1$

$V_2 = V_L$

$V_2 = -10^4 I_2$

정리하면 $V_L = -251.801 V_s$

$\therefore \dfrac{V_L}{V_L} = -251.801$

이때 전압이득이 음수인 것은 종속 전원이 있기 때문에 가능한 것이다.

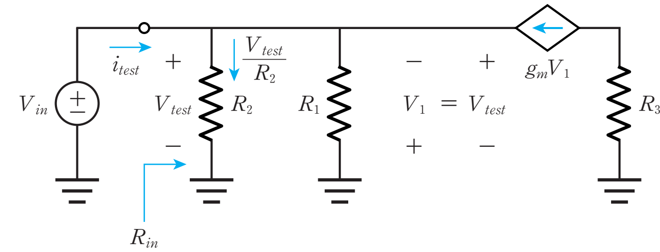
[5.2] ③

테브닌의 등가저항은 전압원은 단락(short)시키고, 전류원은 개방(open)시키고, 부하(load)를 개방(open)한 상태에서 부하단에서 들여다 본 저항을 말한다. 문제에서 주어진 전류원을 개방시키면 $4\,\Omega$ 저항에는 전류가 흐르지 않으므로 등가저항 R_T는 $8\,\Omega$이 된다.

회로에 2A의 전류가 흐르므로 등가전압 V_T는 $8\,\Omega \times 2\mathrm{A} = 16\mathrm{V}$가 된다.

[5.3] ④

회로를 다시 그리면



$V_1 = -V_{test}$

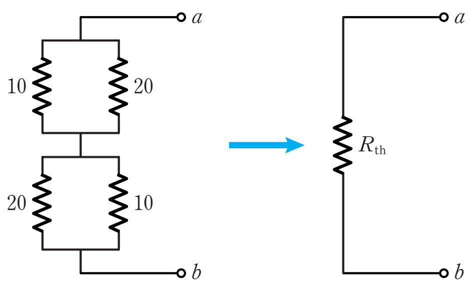
$$V_{test} = R_1\left(i_{test} + g_m V_1 - \frac{V_{test}}{R_2}\right) = R_1\left(i_{test} - g_m V_{test} - \frac{V_{test}}{R_2}\right)$$

$$\Rightarrow \left(1 + g_m R_1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{test} = R_1 i_{test}$$

따라서, $R_{in} = \dfrac{V_{test}}{i_{test}} = \dfrac{R_1}{1 + g_m R_1 R_2 + \dfrac{R_1}{R_2}} = \dfrac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + g_m R_1 R_2}$

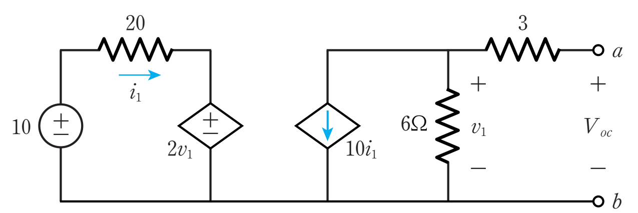
[5.4] ④

회로에서 R_L의 양 단자를 a, b로 하고 이 단자를 중심으로 테브난 등가회로를 만들면 그때 등가저항 R_{th}의 값이 R_L이 될 때 최대전력이 전달된다. 즉 60 V 전원을 비활성화시키면 그때 회로는 다음과 같으므로



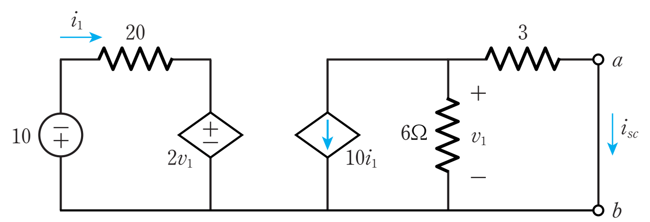
$$\therefore R_{th} = R_L = 10 \,//\, 20 + 20 \,//\, 10 = \frac{20}{3} + \frac{20}{3} = \frac{40}{3}$$

[5.5] ①



$$v_{oc} = v_1 = -10 \times i_1 6 \;\Rightarrow\; i_1 = -\frac{1}{60}v_1,\quad \text{또한 } i_1 = \frac{10-2v_1}{20} \;\Rightarrow\; -\frac{1}{60}v_1 = \frac{10-2v_1}{20}$$

$$\therefore v_1 = v_{oc} = 6[\mathrm{V}]$$



$$I_{sc} = -10i_1 \times \frac{6}{6+3} = -\frac{20}{3}i_1$$

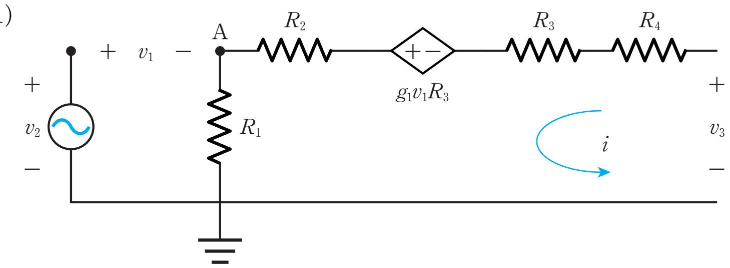
$$i_1 = \frac{10-2v_1}{20},\quad v_1 = -10i_1\frac{6\cdot 3}{6+3} = -20i_1$$

$$\therefore i_1 = \frac{10-2(-20i_1)}{20} \;\Rightarrow\; i_1 = -\frac{1}{2},\quad \text{따라서 } I_{sc} = -\frac{20}{3}\times\left(\frac{1}{2}\right) = \frac{10}{3}$$

$$\therefore R_{th} = \frac{v_{oc}}{I_{sc}} = \frac{18}{10} = 1.8[\Omega]$$

[5.6] 회로를 전원변환법칙에 따라 변형하면

(1)



위의 회로에서 $i = 0$이므로 노드 A에서의 전압은 $-g_1v_1R_3 = v_3$가 된다.

따라서 $v_s - v_1 = -g_1v_1R_3$로부터 $v_s = (1-g_1R_3)v_i = (1-g_1R_3)\left(-\frac{v_3}{g_1R_3}\right)$

$$\therefore A_v = \frac{v_3}{v_s} = \frac{-g_1R_3}{1-g_1R_3}$$

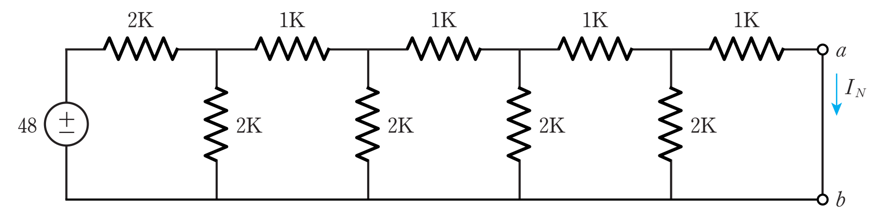
(2) $R_{th} = \frac{v_3}{i}$이고 $i = \frac{v_A}{R_1} = \frac{v_s - v_1}{R_1}$, 또한 $v_1 = -\frac{v_3}{g_1R_3}$이므로

$$\therefore R_{th} = \frac{R_1v_3}{v_s - v_1} = \frac{R_1v_3}{v_s + \frac{v_3}{g_1R_3}} = \frac{g_1R_1R_3v_3}{g_1R_3v_s + v_3}$$

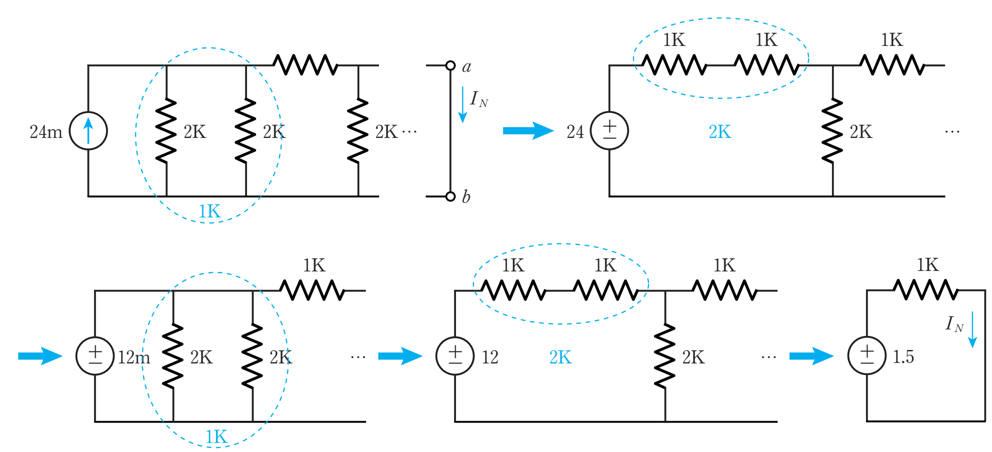
이때 $A_v = \frac{v_3}{v_s}$를 대입하면 $R_{th} = \frac{g_1R_1R_3A_v}{g_1R_3 + A_v}$

[5.7] ④

단자 $a-b$를 단락시키고 노턴 등가전류원을 찾으면

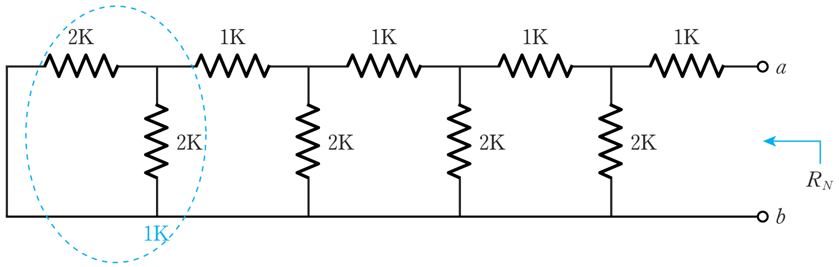


순차적으로 전원변환법칙을 적용하여 변환하면



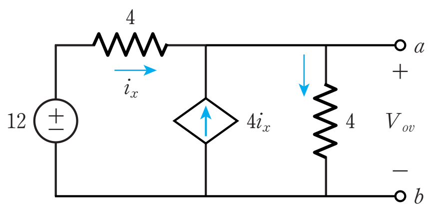
$\therefore I_N = 1.5\,[\text{mA}]$

R_N의 계산은



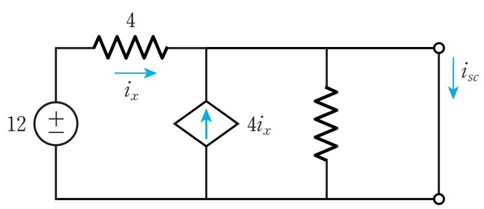
즉, $1\text{K} + (2\text{K} \,/\!/\, (1\text{K} + 2\text{K} \,/\!/\, (1\text{K} + 2\text{K} \,/\!/\, (1\text{K} + 2\text{K} \,/\!/\, 2\text{K}))))\ \ldots = 1\text{K} + 1\text{K} = 2\text{K}$

[5.8] ④



$V_{oc} = (i_x + 4i_x)\cdot 4 = 20 i_x,\quad i_x = \dfrac{12 - v_{oc}}{4}$

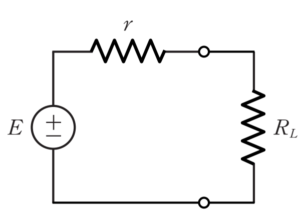
$\therefore V_{oc} = 20 \cdot \dfrac{12 - v_{oc}}{4} = 60 - 5V_{oc} = 10\,[\text{V}]$



$i_x + 4i_x = I_{sc},\quad i_x = \dfrac{12}{4} = 3$

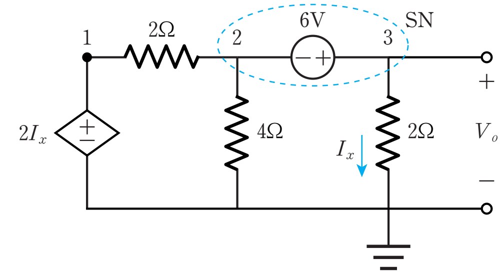
$\therefore I_{sc} = 15\,[\text{A}]$, 따라서 $R_{\text{th}} = \dfrac{V_{oc}}{I_{sc}} = \dfrac{10}{15} = \dfrac{2}{3}\,[\Omega]$

[5.9] ①



최대전력전달법칙을 적용하면 $R_L = r$, 그때의 최대전력 $= \dfrac{E^2}{4r}$

[5.10] ③



노드 1에서 $v_1 = 2I_x$, 또한 $v_3 = V_o = 2I_x$

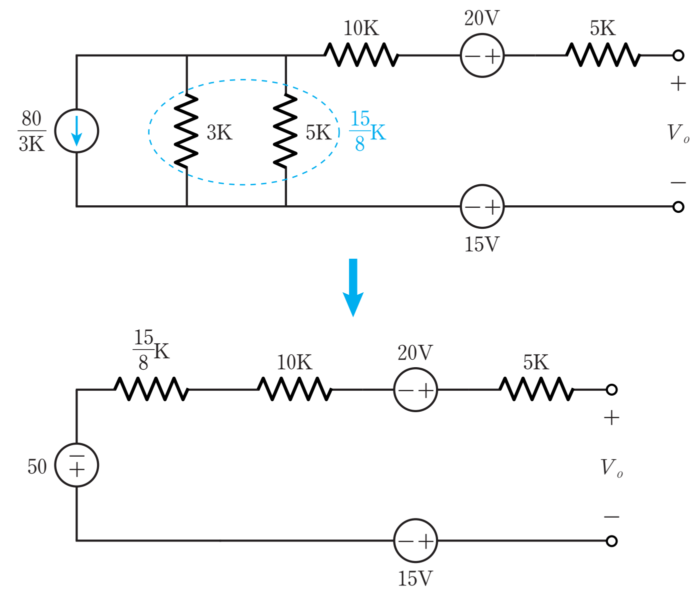
Super Node(SN)에서 $v_3 = v_2 = 6\,[\text{V}]$

KCL을 적용하면, $\dfrac{v_1 - v_2}{2} = \dfrac{v_2}{4} + \dfrac{v_3}{2}$

위의 수식을 결합하여 풀면, $v_1 = v_3 = V_o = 6\,[\text{V}]$

[5.11] ②

전원변환공식에 의해 회로를 변환하면,



$\therefore V_o = 20 - 50 - 15 = -45\,[\text{V}]$

[6.1]

(1) $v_1 = v_{in}$……①

$$\frac{v_1 - v_2}{R_2} + \frac{v_1 - v_{out}}{R_3} = 0 \text{……②}$$

$$\frac{0 - v_2}{R_1} + \frac{0 - v_{out}}{R_F} = 0 \text{……③}$$

$R_3 = k_2 R_2$……④　　$R_F = k_1 R_1$……⑤

식 ①부터 ⑤를 연립하면

$$v_{out} = K_1 \frac{(K_2 + 1)}{K_1 - K_2} v_{in}$$

(2) $K_1 > K_2$인 경우 비반전증폭기

$K_1 < K_2$인 경우 반전증폭기

$K_2 = 0$인 경우 $v_{out} = v_{in}$이 되어 버퍼 역할을 수행한다.

(3) $K_1 = K_2$인 경우에는 전압이득이 무한대가 된다. 따라서 출력은 무한대가 된다.

[6.2] ④

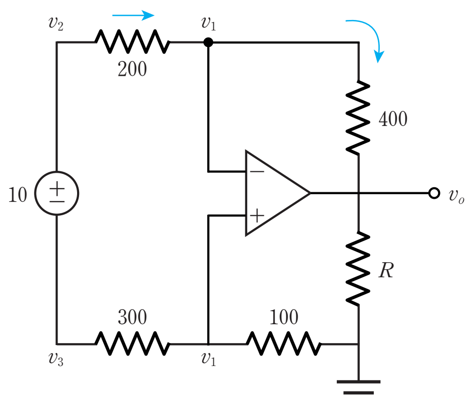
합산기이므로 $V_o = -\frac{2}{3}[1\text{m} + 2\text{m} + 3\text{m} + \cdots + 100\text{m}] = -\frac{2}{3}(5050\text{m}) = -\frac{10100}{3}[\text{mV}]$

[6.3] ②

비반전회로이므로 $\frac{v_c}{v_{in}} = 1 + \frac{8\text{K}}{R_1} = \frac{v_c}{4}$, 또한 $v_c = 4 \times 3 = 12[\text{V}]$이므로 $1 + \frac{8\text{K}}{R_1} = \frac{12}{4} = 3$

따라서 $R_1 = 4\text{K}\Omega$

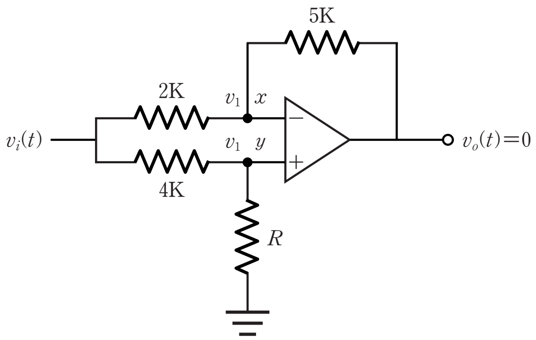
[6.4] ③



회로에서 $\frac{v_2 - v_1}{200} = \frac{v_1 - v_o}{400}$, $v_3 = v_2 - 10$, $v_1 = v_3 \times \frac{100}{300 + 100} = \frac{1}{4} v_3$, $\frac{v_1 - v_2}{200} = \frac{v_3 - v_1}{300}$

위의 네 식을 조합하여 풀면 $v_o = -10[\text{V}]$

[6.5] ④

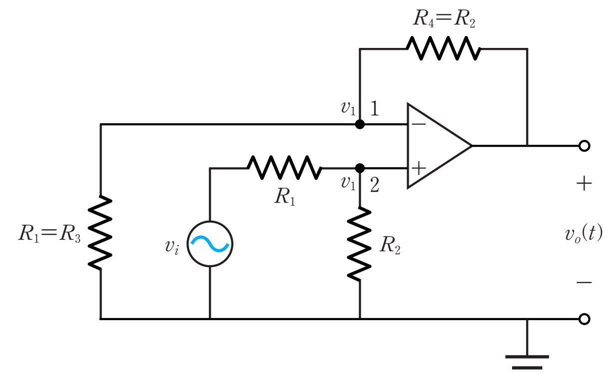


노드 x에서 KCL에 의해 $\frac{v_1 - v_i}{2\text{K}} + \frac{v_1 - 0}{5\text{K}} = 0 \Rightarrow v_i = \frac{7}{5} v_1$

노드 y에서 KCL에 의해 $\frac{v_1 - v_i}{4\text{K}} + \frac{v_1 - 0}{R} = 0 \Rightarrow v_i = \frac{R + 4\text{K}}{R} v_1$

$\therefore \frac{R + 4\text{K}}{R} = \frac{7}{5}$,　따라서 $R = 10\text{K}\Omega$

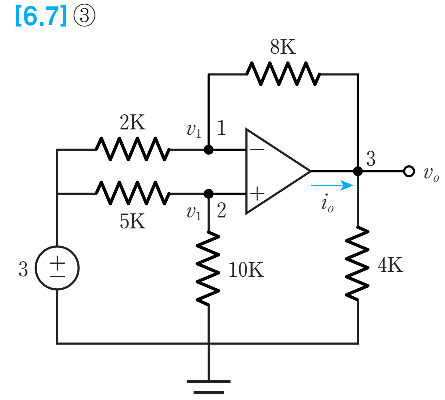
[6.6] ①



노드 1에서 KCL에 의해 $\frac{-v_1}{R_1} + \frac{v_o - v_1}{R_2} = 0$,　노드 2에서 KCL에 의해 $\frac{v_i - v_1}{R_1} + \frac{-v_1}{R_2} = 0$

두 식으로부터 $\left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) = \frac{R_2}{R_1}$

[6.7] ③



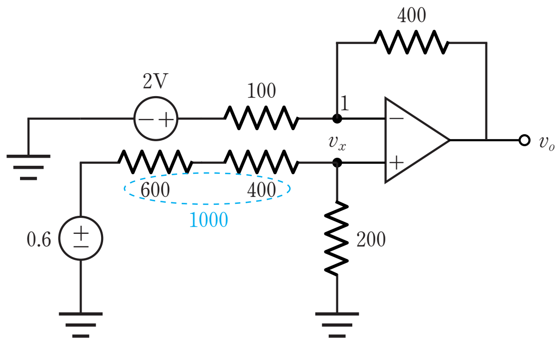
노드 1에서 KCL에 의해 $\frac{3-v_1}{2K}+\frac{v_o-v_1}{8K}=0$, 노드 2에서 KCL에 의해 $\frac{3-v_1}{5K}+\frac{-v_1}{10K}=0$

두 식에 의해 $v_1=2\,[\mathrm{V}]$, $v_o=-2\,[\mathrm{V}]$다. 또한 노드 3에서 KCL에 의해 $i_o+\frac{v_1-v_o}{8K}+\frac{-v_o}{4K}=0$

v_1, v_o 값을 대입하면, $i_o=1\,[\mathrm{mA}]$

[6.8] ①

전원변환정리에 의해 회로를 바꾸면



아래 회로로부터 $v_x=0.6\times\frac{200}{1000+200}=0.1\,[\mathrm{V}]$, 노드 1에서 KCL에 의해 $\frac{2-0.1}{100}=\frac{0.1-v_o}{400}$

$\therefore v_o=-7.5\,[\mathrm{V}]$

Chapter_07

[7.1] $v(0)=0$, $C=100\mu\mathrm{F}$

$$v(t)=\frac{1}{C}\int_0^t i(t)\,d\tau$$

$$=\frac{1}{100\mu\mathrm{F}}\left(\frac{1}{2}\times 20\mathrm{ms}\times 2\mathrm{mA}+\frac{1}{2}\times 10\mathrm{ms}\times(-1)\mathrm{mA}+\frac{1}{2}\times 10\mathrm{ms}\times 2\mathrm{mA}\right)$$

$$=\frac{1}{100\mu}(20\mu-5\mu+10\mu)=\frac{25\mu}{100\mu}=\frac{1}{4}=0.25[\mathrm{V}]$$

[7.2]

(1) Ⓐ 전압 $V_A=V_1+V_2+V_3=2V_1+V_2$

Ⓑ 전압 $V_B=V_2+V_3=V_1+V_2$

Ⓒ 전압 $V_C=V_3=V_1$

$\because$ 전류가 흐르지 않으므로 전하량 불변 $i=\frac{dq}{dt}$

(2) $V_{th}=V_A=2V_1+V_2$

$$C_{th}=C_1\,//\,C_2\,//\,C_3=\frac{1}{\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}}=\frac{1}{\frac{2}{C_1}+\frac{1}{C_2}}=\frac{C_1C_2}{C_1+2C_2}$$

(3) R을 아래로 흐르는 전류를 i라고 하고, R 양단전압(상단이 +)을 v라 하면,

$$v(0^+)=V_A(0^+)=V_A(0^-)=2V_1+V_2$$

$$i(0^+)=\frac{v(0^+)}{R}=\frac{2V_1+V_2}{R}$$

$$i(\infty)=0$$

$$\tau=RC_{eq}=\frac{RC_1C_2}{C_1+2C_2}$$

$$\because i(t)=\frac{2V_1+V_2}{R}e^{-\frac{t}{\tau}}\ (t>0)\quad 단,\ \tau=\frac{RC_1C_2}{C_1+2C_2}$$

(4) (a) $V_{C_1}(\infty)=V_{C_1}(0)+\frac{1}{C_1}\int_0^\infty -i(t)\,dt$

$$=V_1+\frac{1}{C_1}\left[\frac{2V_1+V_2}{R}\frac{RC_1C_2}{C_1+2C_2}e^{-\frac{t}{\tau}}\right]_0^\infty=V_1-(2V_1+V_2)\frac{C_2}{C_1+2C_2}$$

$$=\frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1+2C_2}$$

$$V_{C_2}(\infty)=V_{C_2}(0)+\frac{1}{C_2}\int_0^\infty -i(t)\,dt$$

$$=V_2+\frac{1}{C_2}\left[\frac{2V_1+V_2}{R}\frac{RC_1C_2}{C_1+2C_2}e^{-\frac{t}{\tau}}\right]_0^\infty=V_2-(2V_1+V_2)\frac{C_1}{C_1+2C_2}$$

$$=\frac{2C_2V_2-2C_1V_1}{C_1+2C_2}$$

$$V_{C_3}(\infty)=V_{C_3}(0)+\frac{1}{C_3}\int_0^\infty -i(t)\,dt$$

$$=V_1+\frac{1}{C_1}\int_0^\infty -i(t)\,dt$$

$$=V_{C_1}(\infty)=\frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1+2C_2}$$

$$\because V_A=V_{C_1}(\infty)+V_{C_2}(\infty)+V_{C_3}(\infty)=0$$

$$V_B(\infty)=V_{C_2}(\infty)+V_{C_3}(\infty)=\frac{C_2V_2-C_1V_1}{C_1+2C_2}$$

$$V_C(\infty)=V_{C_3}(\infty)=\frac{C_1V_1-C_2V_2}{C_1+2C_2}$$

cf) 라플라스 후 초기값 정리를 이용한 풀이도 가능

(b) $W_R=\int_0^\infty i^2R\,dt=\frac{(2V_1+V_2)^2}{R}\int_0^\infty e^{-\frac{2t}{\tau}}dt$

$$=\frac{(2V_1+V_2)^2}{R}\left[-\frac{RC_1C_2}{2(C_1+2C_2)}e^{-\frac{2t}{\tau}}\right]_0^\infty=\frac{C_1C_2(2V_1+V_2)^2}{2(C_1+2C_2)}$$

(c) 초기 커패시터 저장에너지

$$W_{C_0} = W_{C_1}(0) + W_{C_2}(0) + W_{C_3}(0)$$

$$= \frac{1}{2}C_1V_1^2 + \frac{1}{2}C_2V_2^2 + \frac{1}{2}C_3V_3^2$$

$$= C_1V_1^2 + \frac{1}{2}C_2V_2^2$$

초기 커패시터 저장 에너지와 저항에서 소모한 에너지가 다르다. 이는 커패시터가 직렬로 연결되었기 때문에 초기에 저장된 에너지가 저항에서 전부 소모되지 않고 잔류(즉, trap)되기 때문이다. 이는 $t=\infty$에서 전체 커패시터 양단 전압이 0이 되는 것으로도 확인할 수 있다. 커패시터에는 전하가 축적되어 있지만 저항 양단의 전압이 0이 되어 더 이상 전류가 흐를 수 없는 것이다. $t=\infty$에서 커패시터 저장 에너지 $W_c(\infty)$는,

$$W_c(\infty) = \frac{1}{2}C_1V_{C_1}(\infty)^2 + \frac{1}{2}C_2V_{C_2}(\infty)^2 + \frac{1}{2}C_3V_{C_3}(\infty)^2$$

$$= \frac{(C_1V_1 - C_2V_2)^2}{C_1 + 2C_2}$$

이는 W_{C_0}(초기 커패시터 저장 에너지)에서 저항 소모 에너지 W_R을 뺀 값과 같다.

→ 에너지 보존법칙 성립

[7.3] ③

RL 회로에서의 시정수 $\tau = \frac{L}{R}$이다.

[7.4] ②

보기 ②는 인덕터의 특징이다.

[7.5] ④

[7.6] ②

합성 인덕턴스 값은 직렬의 경우 $0.25 + 0.23 = 0.48$

[7.7] ③

커패시터(콘덴서)의 병렬연결 값은 $1 + 3 + 6 = 10[\mu\text{F}]$

[7.8] ②

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{10}{20} = 0.5[\text{S}]$$

[7.9] ②

$Q = CV$므로 $C = \frac{Q}{V} = \frac{5\times10^{-3}}{1000} = 5[\mu\text{F}]$

[7.10] ③

에너지 $\omega = \frac{1}{2}Li^2 = \frac{1}{2}\times 0.1\times 5^2 = 1.25[\text{J}]$

[7.11] ③

용량 C의 커패시터를 5개 병렬로 연결하면 $C_p = 5C$이고 5개 직렬로 연결하면 $C_s = \frac{C}{5}$이다.

그러므로 $C_p = 25C_s$

[7.12] ③

$$\omega = \frac{1}{2}Li^2$$

[7.13] ③

$C_{\text{total}} = 3 + 4 + 5 = 12[\mu\text{F}]$

[7.14] ②

[7.15] ②

$\mu = 10^{-6}$, $\therefore 0.001 = 1000\mu$

[7.16] ④

$\tau = RC$

[7.17] ②

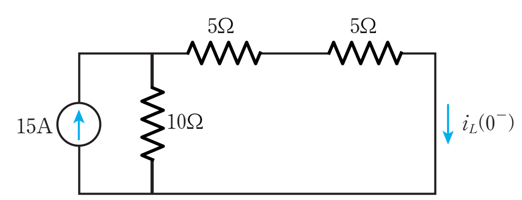
$\omega = \frac{1}{2}Cv^2$, 그러므로 $q = \frac{1}{2}C\cdot 300^2$, $C = 200[\mu\text{F}]$

Chapter_08

[8.1]

(1) 스위치가 오랫동안 열려 있었으므로 $t=0^-$에는 직류정상상태라고 가정할 수 있다.

$t = 0^-$일 때 회로

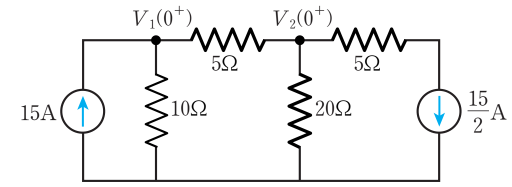


(직류정상상태에서 인덕터는 단락)

$$\therefore i_L(0^-) = \frac{10}{10+10}\times 15 = \frac{15}{2}[\text{A}]$$

(2) 1차회로이므로 초깃값과 최종값, 시정수를 이용해 $i_L(t)$, $v_1(t)$를 구할 수 있다.

① **$t = 0^+$일 때 회로**



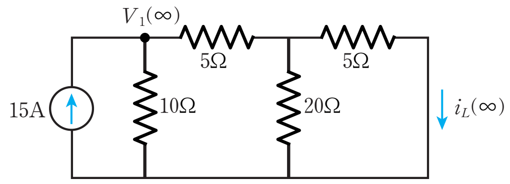
인덕터의 전류연속성에 의해 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 15/2$[A]

$$15 = \frac{V_1(0^+)}{10} + \frac{V_1(0^+) - V_2(0^+)}{5}$$

$$\frac{V_1(0^+) - V_2(0^+)}{5} = \frac{V_2(0^+)}{20} + \frac{15}{2}$$

정리하면 $V_1(0^+) = \dfrac{450}{7}$[V]

② $t = \infty$일 때 회로



($t = \infty$에서 직류정상상태가 되므로 인덕터는 단락)

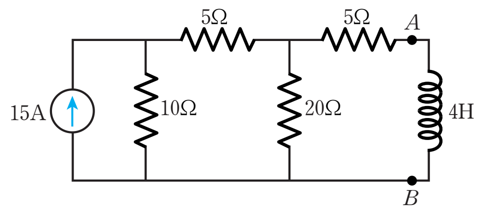
$$15 = \frac{V_1(\infty)}{10} + \frac{V_1(\infty) - 5i_L(\infty)}{5}$$

$$\frac{V_1(\infty) - 5i_L(\infty)}{5} = \frac{5i_L(\infty)}{20} + i_L(\infty)$$

정리하면 $i_L(\infty) = \dfrac{120}{19}$[A], $V_1(\infty) = \dfrac{1350}{19}$[V]

③ 시정수 τ 구하기

$\tau = L/R_{eq}$이므로 A-B 좌측의 R_{eq}를 구하자.



$$R_{eq} = (15 \,//\, 20) + 5 = \frac{95}{7}[\Omega]$$

$$\therefore \tau = \frac{L}{R_{eq}} = \frac{4}{\frac{95}{7}} = \frac{28}{95}[1/\text{sec}]$$

④ $i_c(t)$, $u(t)$ 구하기

$$i_c(t) = \frac{120}{19} + \left(\frac{15}{2} - \frac{120}{19}\right)e^{-\frac{95}{28}t}$$

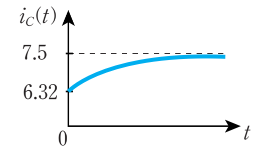
$$= \frac{120}{19} + \frac{45}{38}e^{-\frac{95}{28}t}[\text{A}]\ (t > 0)$$

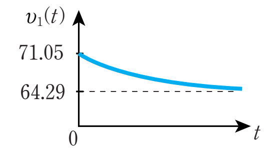
$$= 6.32 + 1.18e^{-3.39t}[\text{A}]\ (t > 0)$$

$$V_1(t) = \frac{1350}{19} + \left(\frac{450}{7} - \frac{1350}{19}\right)e^{-\frac{95}{28}t}$$

$$= \frac{1350}{19} - \frac{900}{133}e^{-\frac{95}{28}t}[\text{V}]\ (t > 0)$$

$$\fallingdotseq 71.05 - 6.77e^{-3.39t}[\text{V}]\ (t > 0)$$





[8.2]

(1) 왼쪽 메시에 대해서 KVL을 적용하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$10 = L\frac{di(t)}{dt} + 70i(t) + v_c(t)$$

$$i(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$$

정리하면 $LC\dfrac{d^2v(t)}{dt} + RC\dfrac{dv(t)}{dt} + v(t) = 10$이고 $L = 10^{-3}$, $C = 10^{-6}$을 넣어서 식을 만들면

$s^2v + 7 \times 10^4 sv + 10^9 = 10$이므로 $v_f = 10$이다.

과도응답을 구하면 $(s - 5 \times 10^4)(s - 2 \times 10^4) = 0$이므로 $s = 50000$ 혹은 20000

$v_n = Ae^{-50000t} + Be^{-20000t}$

초기 에너지가 없기 때문에 $v_c(t) = 10$

(2) $v_c(0^+) = 10$, $i_L(0^+) = 0$

$$L\frac{di_L(t)}{dt} + 200i_L(t) = v_c(t)$$

$$i_L(t) = C\frac{dv(t)}{dt}$$

정리하면

$$LC\frac{d^2v_c(t)}{dt} + RC\frac{dv_c(t)}{dt} = v_c(t)$$

미분방정식은

$(10^{-9}v)s^2 + (2 \times 10^{-4}v)s - v = 0$

[8.3] (13장을 배운 후 다시 풀어도 좋습니다.)

역전형태 연산증폭기이므로

$$= -\frac{SC_1R}{1 + SC_2R} = -\frac{SC_1R}{SC_2R + 1}$$

극점 주파수 $= \dfrac{1}{C_2R} = 100 \quad \therefore C_2 = 10^{-5} = 10[\mu\text{F}]$

$w=\infty$에서의 이득을 중간대역이득으로 하면, 중간대역이득 $\frac{C_1}{C_2}=2$ $\therefore C_1=20[\mu\mathrm{F}]$

[8.4] ③

[8.5] ④

직류 10V를 가하므로 전류 방정식 $i(t)=\frac{V}{R}(1-e^{-\frac{R}{L}t})$

$i(t)=\frac{10}{5}(1-e^{-\frac{5}{1}t})=2(1-e^{-5t})$

[8.6] ④

t가 무한대로 가면 $i(t)=20$

[8.7] ③

$v_c(t)$에 대한 미분방정식을 세우면, $\frac{dv_c}{dt}+\frac{1}{0.3}v_c(t)=\frac{1}{0.3}V(t)$

따라서 과도응답 $v_{c_t}(t)=Ae^{-\frac{1}{0.3}t}$, 정상상태응답은 $V(t)=u(t-0.1)$이므로

$0<t<0.1$일 때 $\frac{dv_c}{dt}+\frac{1}{0.3}v_c(t)=\frac{1}{0.3}$ 로부터 $v_{css}=1$이 되고

완전응답 $v_c(t)=v_{c_t}(t)+v_{css}=Ae^{-\frac{1}{0.3}t}+1$, 초깃값 $v_c=0$을 대입하면, $A=-1$

$\therefore v_c(t)=-e^{-\frac{1}{0.3}t}+1=1-e^{-\frac{t}{0.3}}$

$t>0.1$일 때 $\frac{dv_c}{dt}+\frac{1}{0.3}v_c(t)=0$

$\therefore$ 완전응답 $v_c(t)=A'e^{-\frac{1}{0.3}(t-0.1)}$

초깃값 $v(0.1)=1-e^{-\frac{0.1}{0.3}}=1-e^{-\frac{1}{3}}$을 대입하면, $A'=(1-e^{-\frac{1}{3}})$

$\therefore v_c(t)=(1-e^{-\frac{1}{3}})e^{-\frac{1}{0.3}(t-0.1)}$

이제 $t=0.2$에서의 $I(t)$를 구하기 위해서

$I(t)=C\frac{dv_c}{dt}$를 이용하면 $t=0.2$에서의 $I(0.2)=C\frac{dv_c(0.2)}{dt}$이므로

$I(0.2)=0.1\left(-\frac{1}{0.3}\right)(1-e^{-\frac{1}{3}})e^{-\frac{1}{0.3}(0.2-0.1)}=-\frac{1}{3}(1-e^{-\frac{1}{3}})e^{-\frac{1}{3}}$

[8.8] ③

임피던스 개념으로 보면 $\frac{V_2}{V_1}=-\frac{R_2+\frac{1}{SC}}{R_1}=\frac{sR_2C+1}{sCR_1}$이므로 pole과 zero가 다 있다.

또한 커패시터는 직류에서 개방회로로 작동하므로, 저항은 ∞, 전압이득은 무한대이다.

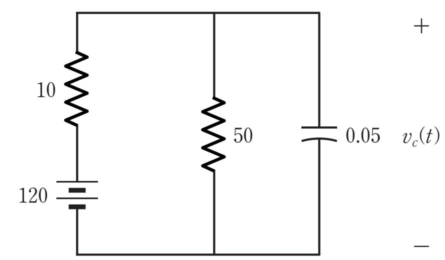
[8.9] ①

Transient response(과도응답)은 $Ae^{-\frac{1}{Rc}t}$가 되어야 한다.

steady-state response(정상상태응답)은 C를 개방하고 전압을 측정하면 $E(t)$와 같아지므로 $Au(t)$가 된다.

[8.10] ④

$t<0$일 때

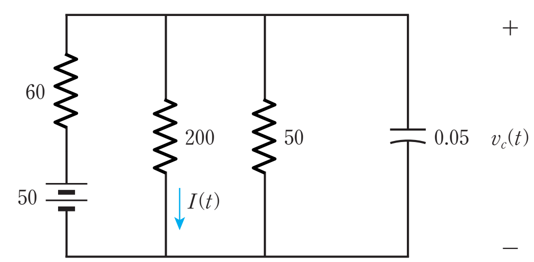


0.05 커패시터를 개방하여 $v_c(t)$를 측정하면,

$v_c(0^-)=v_c(0^+)=120\times\frac{50}{10+50}=100[\mathrm{V}]$

또한 $I(0^-)=\frac{50}{60+200}\cong 0.19[\mathrm{A}]$

$t>0$일 때



정상상태응답은 0.05 커패시터를 개방하여 $v_c(t)$를 측정하면,

$v_{c_{ss}}(t)=50\times\frac{200\,//\,50}{60+200\,//\,50}=50\times\frac{40}{60+40}=20[\mathrm{V}]$

따라서 $I(t)_{ss}=\frac{20}{200}=0.1[\mathrm{A}]$. 또한, $I(0^+)=\frac{v_c(0^+)}{200}=\frac{100}{200}=0.5[\mathrm{A}]$

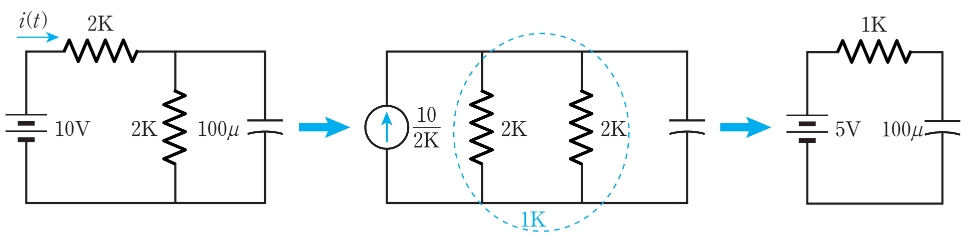
[8.11] ④

$G=\frac{V_2}{V_1}=\frac{\frac{1}{j\omega c}}{R+\frac{1}{j\omega c}}=\frac{40}{j\omega Rc+1}$

$\omega=0$일 때 $G=1$

[8.12] ④

회로를 변형하면 $t > 0$일 때,



$\therefore$ 과도응답 $= Ae^{-\frac{1}{RC}t}$, $v_c(t) = Ae^{-10t}$

또한 정상상태응답은 개방한 후 측정하면 $v_{c_{ss}}(t) = 5\,[\mathrm{V}]$

$\therefore$ 완전응답 $v_c(t) = Ae^{-10t} + 5$

초깃값 $v_c(0) = 4$를 대입하면 $A = -1$

$\therefore v_c(t) = 5 - e^{-10t}$

이때 원래 회로에서 $i(t) = \dfrac{10 - v_c(t)}{2\mathrm{K}}$이므로

$$i(t) = \frac{10}{2\mathrm{K}} - \frac{1}{2\mathrm{K}}(5 - e^{-10t}) = \frac{5}{2\mathrm{K}} - \frac{1}{2\mathrm{K}}e^{-10t} = \frac{5}{2} - \frac{1}{2}e^{-10t}[\mathrm{mA}]$$

[8.13] ③

회로로부터 과도응답 $i_{L_t}(t) = Ae^{-\frac{R}{L}t} = Ae^{-5t}$

정상상태응답은 인덕터를 단락시킨 후 i_L을 측정하여 $i_{L_{ss}}(t) = \dfrac{10}{1/20} = 200$

$\therefore$ 완전응답 $i_L(t) = Ae^{-5t} + 200$

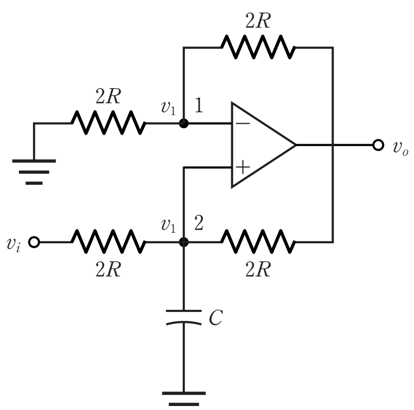
초깃값이 0이면 $A = -200$

$\therefore i_L(t) = 200 - 200e^{-5t}$

따라서 $v_R = R \cdot i_L(t) = \dfrac{1}{20}(200 - 200e^{-5t}) = 10 - 10e^{-5t}$

또한 $v_L = L\dfrac{di_L}{dt} = 0.01(+1000e^{-5t}) = 10e^{-5t}$

[8.14] ①

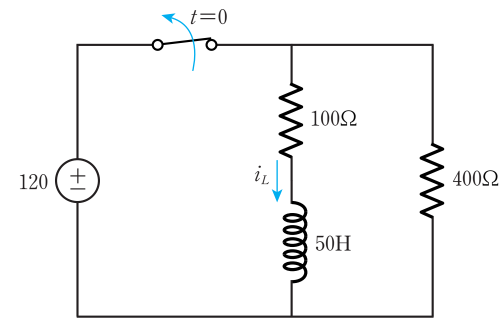


노드 1에서 KCL에 의해 $\dfrac{v_1}{2R} + \dfrac{v_1 - v_o}{2R} = 0$, 노드 2에서 KCL에 의해 $\dfrac{v_i - v_1}{2R} = \dfrac{v_1 - v_o}{2R} + C\dfrac{dv_1}{dt}$

$\Rightarrow 2v_1 = v_o$을 대입하면 $\dfrac{v_i + \frac{v_o}{2}}{2R} = \dfrac{\frac{v_o}{2} - v_o}{2R} + C\dfrac{d\left(\frac{v_o}{2}\right)}{dt}$

정리하면 $v_i = RC\dfrac{dv_o}{dt}$, 양변을 적분하여 정리하면 $v_o = \dfrac{1}{RC}\int v_i dt$

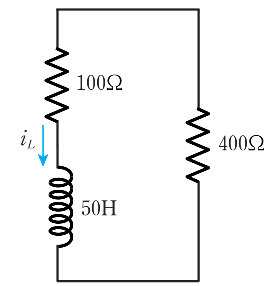
[8.15]



(1) $t < 0$일 때 정상상태에서 인덕터는 단락회로로 작동하므로

$$i_L(0^-) = \frac{120}{100\,//\,400} \times \frac{400}{100 + 400} = \frac{120}{80} \times \frac{400}{500} = 1.2\,[\mathrm{A}]$$

또한 $t > 0$일 때 아래 회로에서 무전원회로이므로 $i_L(\infty) = 0\,[\mathrm{A}]$



(2) $t = 100\,\mathrm{ms}$에서 $i_L(100\,\mathrm{ms})$을 구하기 위해 $t > 0$일 때의 $i_L(t)$를 구하면

과도응답 $i_{L_t}(t) = Ae^{-\frac{R}{L}t} = Ae^{-\frac{(100+400)}{50}t} = Ae^{-10t}$

정상상태응답은 0이므로 완전응답 $i_L(t) = Ae^{-10t}$

초깃값 $i_L(0^2) = 1.2$를 대입하면 $A = 1.2$므로, $\therefore i_L(t) = 1.2e^{-10t}$

따라서 $i_L(100\,\mathrm{ms}) = 1.2e^{-10(0.1)} = 1.2e^{-1} \cong 0.441\,[\mathrm{A}]$

$400\,\Omega$에 흐르는 전류는 $-i_L$이므로 $i_{400\Omega}(100\,\mathrm{ms}) = -0.441\,[\mathrm{A}]$

[8.16] ④

회로에서 인덕터에 흐르는 전류 $i_L(t)$는 $i_L(t) = 10 - 10e^{-\frac{1}{2}t}$

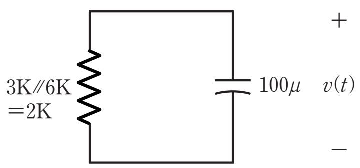
그러므로 $i_L(2) = 10 - 10e^{-1} \cong 6.3$

[8.17] ③

$t < 0$일 때, 커패시터를 개방하고 $v(t)$를 측정하면

$$v(0^-) = v(0^+) = 12 \times \frac{3}{9} = 4[\mathrm{V}]$$

$t > 0$일 때,

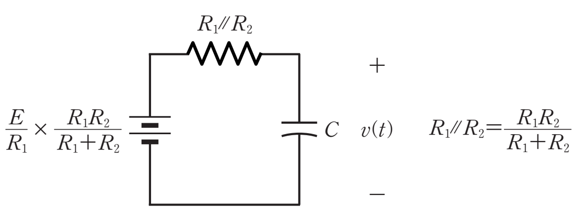


그러므로 $v(t) = Ae^{-\frac{1}{RC}t} = Ae^{-5t}$, 초깃값 $v(0^+) = 4$를 대입하면 $A = 4$

$\therefore v(t) = 4e^{-5t}$, 이때 $i(t) = \dfrac{v(t)}{3\mathrm{K}} = \dfrac{4}{3}e^{-5t}[\mathrm{mA}]$

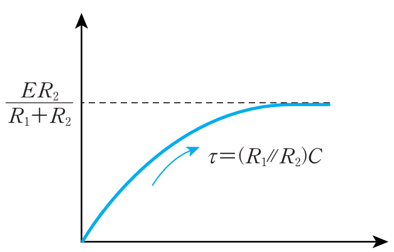
[8.18] ①

회로를 전원 변형공식에 의해 변형하면 $t > 0$일 때



그러므로 $v(t) = Ae^{-\frac{R_1+R_2}{R_1R_2C}t} + \dfrac{ER_2}{R_1+R_2}$, 초깃값 $v(0^-) = v(0^+) = 0$을 대입하면

완전응답 $v(t) = \dfrac{ER_2}{R_1+R_2} - \dfrac{ER_2}{R_1+R_2}e^{-\frac{R_1+R_2}{R_1R_2C}t}$이므로 파형은 다음과 같다.



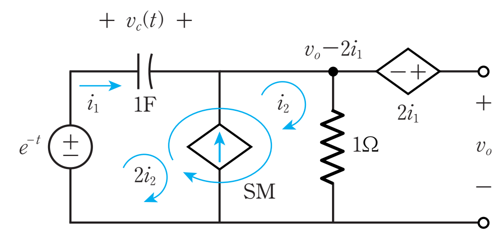
[8.19] ①

$v_c(t) = Ae^{-\frac{1}{RC}t}$, $A = v_c(0^+)$

$$i(t) = C\frac{dv_c(t)}{dt} = C\cdot\left(-\frac{1}{RC}\right)Ae^{-\frac{1}{RC}t} = -\frac{1}{R}v_c(0^+)e^{-\frac{1}{RC}t}$$

이때 $Q = Cv$이므로 대입하면 $i(t) = \dfrac{Q}{CR}e^{-\frac{1}{RC}t}$

[8.20] ④



슈퍼메시에서

$2i_1 = i_2 - i_1 \Rightarrow 3i_1 = i_2$

$e^{-t} = v_c(t) + i_2$

또한 $i_1 = \dfrac{dv_c}{dt}$이므로 이들을 결합하여 $v_c(t)$에 대한 미분방정식을 세우면 $\dfrac{dv_c}{dt} + \dfrac{1}{3}v_c(t) = \dfrac{1}{3}e^{-t}$

$\therefore$ 과도응답 $v_{c_t}(t) = Ae^{-\frac{1}{3}t}$

정상상태응답 $v_{c_{ss}}(t) = Be^{-t}$로 가정하면 미분방정식으로부터 $-Be^{-t} + \dfrac{1}{3}Be^{-t} = \dfrac{1}{3}e^{-t}$

$\therefore B = -\dfrac{1}{2}$와 초깃값 $v_c(0) = 0$

따라서 완전응답 $v_c(t) = \dfrac{1}{2}e^{-\frac{1}{3}t} - \dfrac{1}{2}e^{-t}$

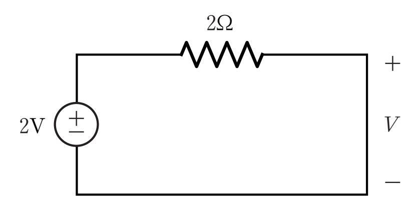
여기서 $v_o(t) = e^{-t} - v_c(t) + 2i_1 = e^{-t} - v_c(t) + 2\dfrac{dv_c}{dt}$

$$= e^{-t} - \frac{1}{2}e^{-\frac{1}{3}t} + \frac{1}{2}e^{-t} - \frac{1}{3}e^{-\frac{1}{3}t} + e^{-t} = \frac{5}{2}e^{-t} - \frac{5}{6}e^{-\frac{1}{3}t}$$

Chapter_09

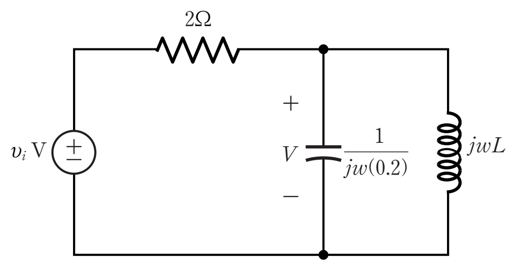
[9.1]

(1) DC 전원의 경우 L: 단락, C: 개방



$i = \dfrac{2\,\mathrm{V}}{2\,\Omega} = 1\,\mathrm{A}$, $v = 0\,\mathrm{V}$

(2) AC 전원의 경우



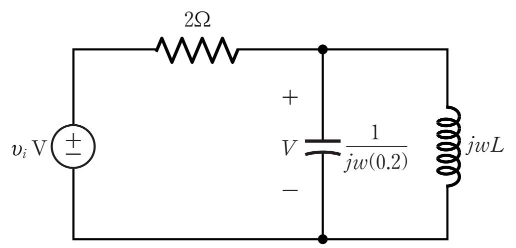
$v_i = 2\cos 5t\mathrm{V}$, $w = 5$

$\frac{1}{j\times 5(0.2)} = \frac{1}{j}$, $j\times 5\times 0.4 = 2j$

$$i = \frac{2}{2+\frac{\frac{1}{j}2j}{\frac{1}{j}+2j}} = \frac{2}{2-2j} = \frac{1}{1-j} = \frac{1+j}{2}$$

$$v = 2-2i = 2 - \frac{2(1+j)}{2} = 2-1-j = 1-j$$

(3)



$v_i = 2\cos wt\mathrm{V}$, $L = 0.2\mathrm{H}$

$$i = \frac{V_i}{R} = \frac{2}{2+\frac{\frac{1}{jw(0.2)}jw(0.2)}{\frac{1}{jw(0.2)}+jw(0.2)}} = \frac{2}{2+\frac{1}{\frac{1}{jw(0.2)}+jw(0.2)}} = \frac{2}{2+\frac{jw(0.2)}{1-0.04w^2}}$$

$$i = \frac{1-0.04w^2}{1+jw(0.1)-0.04w^2}$$

$$v = 2-2i = 2-\frac{2-0.08w^2}{1+jw(0.1)-0.04w^2}$$

[9.2]

(1) $i_1(t)$ 루프에서의 KVL: $1\frac{di_1(t)}{dt} + 1(i_1(t) - i_2(t)) = 4$

$i_2(t)$ 루프에서의 KVL: $1(i_2(t) - i_1(t)) + 4\int_{t_0}^{t} i_2(\tau)d\tau = -4e^{-4t}$

$$\therefore \begin{cases}(s+1)i_1(t) & -i_2(t) = 4\\ -si_1(t) + (s+4)i_2(t) = 16e^{-4t}\end{cases}$$

크래머의 법칙을 이용하면

$$i_1(t) = \frac{16e^{-4t}(s+1)+4s}{(s+1)(s+4)}$$

$(s^2+5s+4)i_1(t) = -48e^{-4t}$

$$\therefore \frac{d^2}{dt^2}i_1(t) + 5\frac{d}{dt}i_1(t) + 4i_1(t) = -48e^{-4t}$$

(2) $\begin{cases}(s+1)i_1(t) & -i_2(t) = 4\\ -si_1(t) + (s+4)i_2(t) = 16e^{-4t}\end{cases}$

$(s+1)(s+4) - s = 0$

$s^2 + 4s + 4 = 0$

$\therefore s_1 = s_2 = -2$

s가 중근을 가지므로

$i_{1n}(t) = e^{-2t}(A_1 t + A_2)$

(3) $i_{1f}(t) = Be^{-4t}$라 가정하면,

$$\frac{d^2}{dt^2}i_{1f}(t) + 5\frac{d}{dt}i_{1f}(t) + 4i_{1f}(t) = -48e^{-4t}$$

$16Be^{-4t} + 5(-4Be^{-4t}) + 4Be^{-4t} = -48e^{-4t}$

이 식으로는 B를 구할 수 없으므로, $i_{1f}(t) = Bte^{-4t}$로 둔다.

$$\frac{d}{dt}i_{1f}(t) = Be^{-4t} - 4Bte^{-4t}$$

$$\frac{d^2}{dt^2}i_{1f}(t) = -8Be^{-4t} + 16Bte^{-4t}$$

$\therefore (-8Be^{-4t} + 16Bte^{-4t}) + 5(Be^{-4t} - 4Bte^{-4t}) + 4Bte^{-4t} = -48e^{-4t}$

$-3Be^{-4t} = -48e^{-4t}$

$B = 16$

$\therefore i_{1f}(t) = 16te^{-4t}$

(4) $i_1(t) = i_{1n}(t) + i_{1f}(t)$

$= e^{-2t}(A_1 t + A_2) + 16te^{-4t}$

$i_1(0) = 9A$이므로

$i_1(0) = A_2 = 9$

$\frac{d i_1(t)}{dt}\Big|_{t=0} = -16A/s$이므로

$\frac{d}{dt}i_1(t) = A_1e^{-2t} - 2A_1te^{-2t} - 2A_2e^{-2t} + 16e^{-4t} - 64te^{-4t}$

$\frac{d}{dt}i_1(0) = A_1 - 2A_2 + 16$

$A_2 = 9$이므로 $A_1 - 2 = -16$

$A_1 = -14$

$\therefore i_1(t) = e^{-2t}(9 - 14t) + 16te^{-4t}$[A]

[9.3] (13장을 배운 후 다시 풀어도 좋습니다.)

(1) $H(S) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{\frac{1}{R_1} + SC_1}{\frac{1}{R_1} + SC_1 + \frac{1}{R_2} + SC_2} = \frac{SC_1 + \frac{1}{R_1}}{S(C_1 + C_2) + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

(2) $\frac{SC_1 + \frac{1}{R_1}}{S(C_1 + C_2) + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$SC_1(R_1 + R_2) + 1 + \frac{R_2}{R_1} = SR_2(C_1 + C_2) + \frac{R_2}{R_1} + 1$

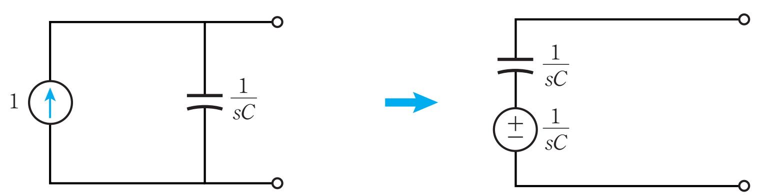
$\therefore C_1R_1 = C_2R_2$

(3) 오실로스코프는 다양한 주파수의 신호가 입력되는 기기이고, 주파수에 관계없이 일정한 이득을 나타내도록 프로브 조정을 수행한다. 따라서 프로브 조정을 위해서는 다양한 주파수 성분을 갖는 신호를 입력하여야 한다.

임펄스 입력은 모든 주파수에서 동일한 크기의 고조파를 갖지만 실현할 수 없으므로, 상대적으로 모든 주파수 성분을 갖는 구형파를 입력하는 것이다. 또한 구형파는 직교하는 파형으로 구성되어 있으므로 왜곡 여부를 시각적으로 용이하게 확인할 수 있는 장점이 있다.

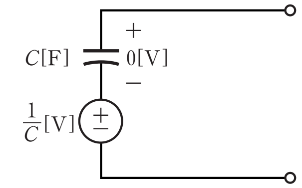
[9.4]

(1) 라플라스영역에서 임펄스전류원과 병렬연결된 커패시터는 등가전원대치에 의해 다음과 같이 변형가능하다.

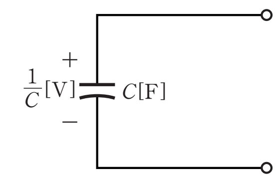


위 그림의 우측 회로를 시간영역으로 변환할 때 두 가지 경우가 가능하다.

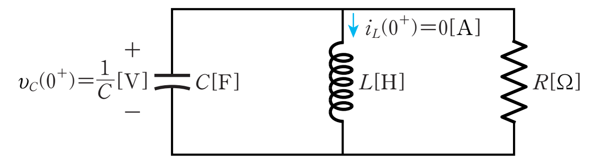
i) 초기조건 $v_C(0^+) = 0$[V]인 커패시터와 $\frac{1}{C}$[V]인 직류전압원의 직렬연결



ii) 초기조건 $v_C(0^+) = \frac{1}{C}$[V]인 커패시터



위 두 경우 어느 것이나 라플라스 변환식은 $V_C = \frac{1}{sC}I_C + \frac{v_C(0^+)}{s} = \frac{1}{sC}I_C + \frac{1}{sC}$이 되는데 전압원이 제거된 회로로 고쳐 그리면 ii)의 결과를 이용하여 다음과 같이 설문의 회로를 변형할 수 있다.



(2) 우선 커패시터전압 $v_C(t)$, 인덕터전류 $i_L(t)$의 초기조건을 구하면

$v_C(0^+) = \frac{1}{C}$[V], $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0$[A] (∵ 초기 저장에너지 = 0[J])

절점방정식 $Cv'_C(0^+) + i_L(0^+) + \frac{v_C(0^+)}{R} = 0$에서 $v'_C(0^+) = -\frac{1}{RC^2}$[V/sec]

또한, $v_C(0^+) = L\frac{di_L(0^+)}{dt} \rightarrow \therefore i'L(0^+) = \frac{v_C(0^+)}{L} = \frac{1}{LC}$[A/sec]이다.

(3) 설문의 회로는 강제전원 없이 커패시터에 저장된 초기에너지로 구동되므로 자연응답만 존재하는 RLC 병렬회로이다. RLC병렬회로의 특성방정식 $s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC} = 0$을 $s^2 + 2\alpha s + \omega_o^2 = 0$(즉, $\alpha = \frac{1}{2RC}$, $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{L_C}}$)으로 표시하고, 방정식의 특성근 $s = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$의 근호 속의 부호에 따라 다음 네 경우에 대해 응답을 구한다.

i) $\alpha^2 > \omega_o^2$ 인 경우

$s_1 = -\alpha + \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$, $s_2 = -\alpha - \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$라 두면

$v_C(t) = k_1e^{s_1t} + k_2e^{s_2t}$[V], $i_L(t) = k_3e^{s_1t} + k_4e^{s_2t}$[A]가 된다. 처음에 구한 초기조건을 이용하여 계수 k_1, k_2, k_3, k_4를 구하고 전압, 전류를 구하면 다음과 같다.

$$v_C(t) = \frac{1}{(s_1 - s_2)C}(s_1 e^{s_1 t} - s_2 e^{s_2 t})[\mathrm{V}],\ t > 0$$

$$i_L(t) = \frac{1}{(s_1 - s_2)LC}(e^{s_1 t} - e^{s_2 t})[\mathrm{A}],\ t > 0$$

ii) $\alpha^2 = \omega_o^2$ 인 경우

$v_C(t) = (k_1 t + k_2)e^{-\alpha t}[\mathrm{V}]$, $i_L(t) = (k_3 t + k_4)e^{-\alpha t}[\mathrm{A}]$, $t > 0$의 꼴을 가진다.

초기조건을 이용하여 계수 k_1, k_2, k_3, k_4를 구하면 전류, 전압은 다음과 같다.

$$v_C(t) = \frac{1}{C}(1 - \alpha t)e^{-\alpha t}[\mathrm{V}],\ i_L(0^+) = \frac{1}{LC}te^{-\alpha t}[\mathrm{A}],\ t > 0$$

iii) $\alpha^2 < \omega_o^2$ 인 경우

$\omega_d \equiv \sqrt{\omega_o^2 - \alpha^2}$이라 두면, 특성근 $s = -\alpha \pm j\omega_d$ 이므로

$v_C(t) = e^{-\alpha t}(k_1 \cos\omega_d t + k_2 \sin\omega_d t)[\mathrm{V}]$

$i_L(t) = e^{-\alpha t}(k_3 \cos\omega_d t + k_4 \sin\omega_d t)[\mathrm{A},\ t > 0$의 꼴을 가진다.

초기조건을 이용하여 계수 k_1, k_2, k_3, k_4를 구하면 전류, 전압은 다음과 같다. (단, $\sin\phi = \dfrac{\alpha}{\omega_o}$)

$$v_C(t) = \frac{1}{C}e^{-\alpha t}\left(\cos\omega_d t - \frac{\alpha}{\omega_d}\sin\omega_d t\right) = \frac{\omega_o}{\omega_d C}e^{-\alpha t}\cos(\omega_d t + \phi)[\mathrm{V}],\ t > 0$$

$$i_L(t) = \frac{1}{\omega_d LC}e^{-\alpha t}\sin\omega_d t[\mathrm{A}],\ t > 0$$

iv) $\alpha = 0(R \to \infty$: 무손실) 인 경우

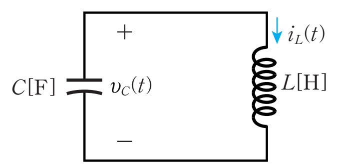
특성근 $s = \pm j\omega_o$ 이므로

$v_C(t) = k_1 \cos\omega_o t + k_2 \sin\omega_o t[\mathrm{V}]$, $i_L(t) = k_3 \cos\omega_o t + k_4 \sin\omega_o t[\mathrm{A}]$, $t > 0$의 꼴을 가진다.

이 경우는 저항단자가 개방되어 있는 경우이므로 앞의 초기조건을 그대로 이용할 수 없다.

아래 그림에서 $i_L(0^+) + C\dfrac{dv_C(0^+)}{dt} = 0 \to \therefore v'_C(0^+) = 0[\mathrm{V/sec}]$

또한 $L\dfrac{di_L(0^+)}{dt} = v_C(0^+) = \dfrac{1}{C} \to \therefore i'_L(0^+) = \dfrac{1}{LC}[\mathrm{A/sec}]$이므로



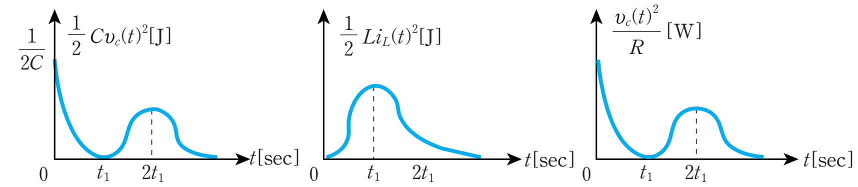
$$v_C(t) = \frac{1}{C}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{L_C}}\right) = \frac{1}{C}\cos\omega_o t[\mathrm{V}],\quad t > 0$$

$$i_L(t) = \frac{1}{\sqrt{L_C}}\sin\left(\frac{t}{\sqrt{L_C}}\right) = \omega_o \sin\omega_o t[\mathrm{A}],\ t > 0\text{을 얻는다.}$$

(4) 설문 2의 각 경우에 대해 에너지전달과정을 설명한다. 회로의 초기 저장에너지는 $t = 0^+$에서 커패시터에 저장된 에너지 $\dfrac{1}{2}Cv_C^2(0^+) = \dfrac{1}{2C}[\mathrm{J}]$ 이다.

(i) 의 경우 : 함수 $\dfrac{1}{2}Cv_C^2$, $\dfrac{1}{2}Li_L^2$, $\dfrac{v_C^2}{R}$의 파형을 그리면 다음과 같다.

(단, $v_C(t_1) = 0$, $v'_C(2t_1) = 0$, $t_1 = \dfrac{\ln|s_2| - \ln|s_1|}{s_1 - s_2}[\mathrm{sec}]$)



다음 네 구간으로 나누어 소자간의 에너지 전달과정을 살펴보면

① $0 \le t \le t_1$: 커패시터의 저장에너지 중 일부는 인덕터로 전달되고 나머지는 저항에서 열로 소비됨.

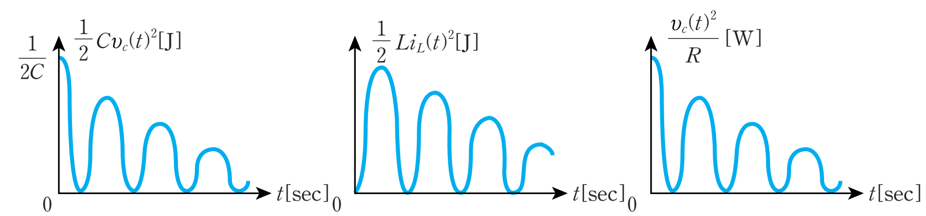
② $t = t_1$: 커패시터의 저장에너지가 0[J]이 됨.

③ $t_1 \le t \le 2t_1$: 인덕터가 커패시터로부터 전달 받은 에너지 중 일부가 다시 커패시터로 전달되고 나머지는 저항에서 열로 소비됨.

④ $t \le 2t_1$: 인덕터와 커패시터의 저장에너지가 동시에 저항을 통해 열로 소비됨.

(ii) 의 경우 : (i)과 동일. 단, $t_1 = \dfrac{1}{\alpha}[\mathrm{sec}]$

(iii) 의 경우 : 함수 $\dfrac{1}{2}Cv_C^2$, $\dfrac{1}{2}Li_L^2$, $\dfrac{v_C^2}{R}$의 파형을 그리면 다음과 같다.



위 그림에서 알 수 있는 바와 같이 시간이 흐름에 따라 커패시터와 인덕터 간에 에너지의 교환이 진행되는 동안, 저항에서는 초기 저장에너지의 일부가 계속 열로 소비된다.

(iv) 의 경우: 전형적인 전기진동회로로써 인덕터와 커패시터의 총 저장에너지가 항상 $\dfrac{1}{2C}[\mathrm{J}]$로 일정하다.

$$\left(\because \frac{1}{2}Li_L^2 + \frac{1}{2}Cv_C^2 = \frac{1}{2C}\sin^2\omega_o t + \frac{1}{2C}\cos^2\omega_o t = \frac{1}{2C}[\mathrm{J}]\right)$$

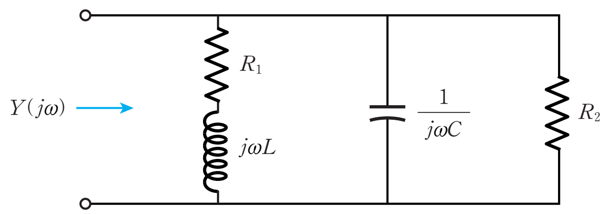
즉, 커패시터의 초기 저장에너지가 모두 인덕터로 전달된 뒤 다시 이 에너지가 모두 커패시터로 전달되는 과정이 무한히 반복되는 회로이다.

[9.5]

(1) 인덕터는 구리, 은, 알루미늄과 같이 전기전도도가 큰 금속선을 구부려서 자성체 주위를 감아 만든다. 인덕터의 재료로 사용되는 위 금속들은 전기전도도가 타 금속에 비해 우수하지만 저항 성분을 어느 정도 가지고 있기 때문에 열손실이 발생한다. 인덕터에 전류가 오랫동안 흐르면 인덕터가 뜨거워지는데, 이 현상은 바로 인덕터의 재료로 사용되는 금속의 저항 성분 때문에 일어난다. 결국 인덕터를 구성하고 있는 금속선의 저항을 고려하면 실제적인 인덕터는 인덕턴스(L)와 저항(R)의 직렬연결로 모델링할 수 있다. 즉, R_1은 인덕터에 사용되는 금속선의 저항을 나타낸 것이다.

커패시터를 이루는 두 도체 사이는 전하가 이동할 수 없는 유전물질(dielectric)로 채워져 있다. 이상적인 커패시터는 유전체를 통해 전하가 이동할 수 없기 때문에 저항이 0[Ω]이지만 실제 유전체 양단에 전기장을 걸어주면 미세하지만 전하의 흐름을 관찰할 수 있다. 이 과정에서 유전체 양단에 전압강하가 발생하고 결국 옴의 법칙을 이용하여 저항성분을 찾을 수 있는데 이를 누설저항이라고 한다. 결과적으로 실제적인 커패시터 양단에 전압 V_o를 인가한 경우 커패시터의 저장에너지가 $\frac{1}{2}CV_o^2$[J]보다 작게 되는데 누설저항에서 에너지손실이 발생하기 때문이다. 즉, R_2는 커패시터의 누설저항으로 정전용량(C)와의 병렬연결로 모델링할 수 있다.

(2) 임의의 각주파수 ω에 대한 페이저회로를 그리고 입력어드미턴스를 구하면



$$Y(j\omega) = \frac{1}{R_1 + j\omega L} + j\omega C + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_2} + \frac{R_1}{R_1^2 + \omega^2 L^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R_1^2 + \omega^2 L^2}\right)$$

에서 공진의 정의에서 입력어드미턴스의 위상이 0도가 되는 주파수, 즉 어드미턴스의 허수부가 0이 되는 주파수 ω_o를 구하면

$$\omega_o C = \frac{\omega_o L}{R_1^2 + \omega_o^2 L^2} \text{ 에서 } R_1^2 + \omega_o^2 L^2 = \frac{L}{C}$$

$$\rightarrow \omega_o^2 = \frac{1}{LC} - \left(\frac{R_1}{L}\right)^2$$

$$\therefore \omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R_1}{L}\right)^2}\,[\text{rad/sec}]$$

(3) 설문 2의 어드미턴스식에서 $\omega = \omega_o$일 때, 허수부는 0이므로

$$Y(j\omega_o) = \frac{1}{R_2} + \frac{R_1}{R_1^2 + \omega_o^2 L^2} = \frac{1}{R_2} + \frac{R_1}{\frac{L}{C}} = \frac{1}{R_2} + \frac{R_1 C}{L}[S]$$

[9.6]

(1) $t < 0$인 경우

$$\frac{v_1 + 2 \times 10^3 I_x}{1000} + \frac{v_1}{2000} + \frac{v_2}{2000} + \frac{v_2 - v_t}{1000} = 0$$

$$v_1 - v_2 = 12$$

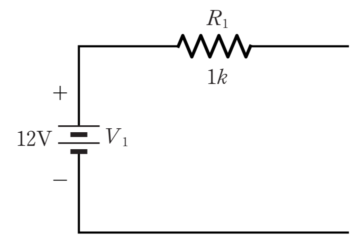
$$I_x = \frac{v_2}{2000},$$

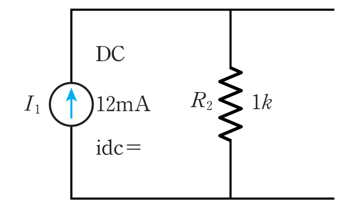
$$i_t = \frac{v_t - v_2}{1000}$$

위 식을 연립하면 $v_t = \frac{4000}{3} i_t - 6$이므로

$$v_{th} = -6[\text{V}],\ \ R_{th} = \frac{4000}{3}[\Omega]$$

(2) $t > 0$인 경우





$$i_N = -12\text{ mA},\ \ R_N = 1\text{ k}\Omega$$

(3) $v_c(0) = -6[\text{V}],\quad v_c(\infty) = -12[\text{V}],\quad \tau = R \times C = 10^{-3}$

$v_c(t) = v_c(\infty) + (v_c(0) - v_c(\infty))e^{-\frac{t}{\tau}}$에서 $v_c(t) = -12 + (-6 - (-12))e^{-1000t}$

$v_c(t) = -12 + 6e^{-1000t}[\text{V}]$

[9.7] (13장을 배운 후 다시 풀어도 좋습니다.)

(1) 임펄스 응답 $H(s) = \frac{\text{출력응답}}{\text{입력응답}} = \frac{I(s)}{V(s)}$

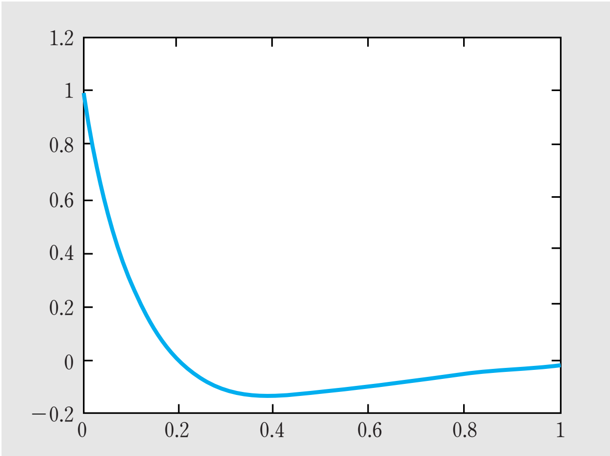
$$H(s) = \frac{s}{(s+5)^2} = \frac{s + 5 - 5}{(s+5)^2} = \frac{1}{s+5} - \frac{5}{(s+5)^2}$$

라플라스 역변환을 취하면 $h(t) = 1e^{-5t} - 5te^{-5t} = (1 - 5t)e^{-5t}u(t)$

(2) 컨벌루션의 정의

$$i(t) = h(t) \cdot v_s(t) = \int_0^t h(\tau) \cdot v_s(t-\tau)\,d\tau = \int_0^t h(t-\tau) \cdot v_s(\tau)\,d\tau$$

$h(t) = (1 - 5t)e^{-5t}u(t)$를 그래프로 나타내면



① $t < 0$ 인 경우

$i(t) = 0$

② $0 \le t \le D$ 인 경우

$$i(t) = \int_0^t h(\tau)\cdot v_s(t-\tau)d\tau = \int_0^t (1-\tau)e^{-5\tau}\cdot\frac{1}{D}d\tau = \frac{te^{-5t}}{D}[\mathrm{A}]$$

③ $t \ge D$ 인 경우

$$i(t) = \int_{t-D}^t (1-5\tau)e^{-5\tau}\cdot\frac{1}{D}d\tau = -\frac{1}{D}(e^{-5(t-D)} - e^{-5t})t + e^{-5(t-D)}[\mathrm{A}]$$

(3) $D \to 0$인 경우

$$\lim_{D\to 0} v_s(t) = \lim_{D\to 0}\frac{1}{D}[u(t) - u(t-D)] = \lim_{D\to 0}\frac{[u(t) - u(t-D)]}{[t-(t-D)]} = \delta(t)$$

따라서 $i(t) = v_s(t)\cdot h(t) = \delta(t)\cdot h(t) = h(t) = (1-5t)e^{-5t}u(t)[\mathrm{A}]$

[9.8] ③

$t > 0$일 때 KVL로부터 $10 - L\dfrac{dI}{dt} - V_c - RI = 0$, 정리하면 $\dfrac{dI}{dt} + 3I + v_c = 10$ …… (*)

또한 $I = \dfrac{1}{2}\dfrac{dV_c}{dt}$ 므로 $\begin{bmatrix} s+3 & 1 \\ 1 & -\frac{1}{2}s \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \end{bmatrix}$

$$\therefore I = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 1 \\ 0 & -\frac{1}{2}s \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} s+3 & 1 \\ 1 & -\frac{1}{2}s \end{vmatrix}} = \frac{-5s}{-\frac{1}{2}s^2 - \frac{3}{2}s - 1}$$

그러므로 특정방정식 $s^2 + 3s + 2 = 0$으로부터 $s = -1, -2$

$\therefore$ 과도응답 $I_A = A_1e^{-t} + A_2e^{-2t}$

정상상태응답 I_{ss}은 DC전원에 의해 회로적으로 구하면 $I_{ss} = 0$이므로 완전응답 $I(t) = A_1e^{-t} + A_2e^{-2t}$

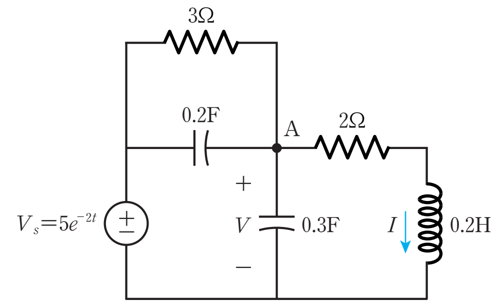
초깃값 $I(0) = 0$을 대입하면 $A_1 + A_2 = 0$

수식 (*)로부터 $\dfrac{dI(0)}{dt} = -3I(0) - V_c(0) + 10 = -5 + 10 = 5$

따라서 $\dfrac{dI(0)}{dt} = -A_1e^{-0} - 2A_2e^{-0} = -A_1 - 2A_2 = 5$

$\therefore A_1 = 5,\ A_2 = -5$이므로 $I(t) = 5e^{-t} - 5e^{-2t}$

[9.9] ②

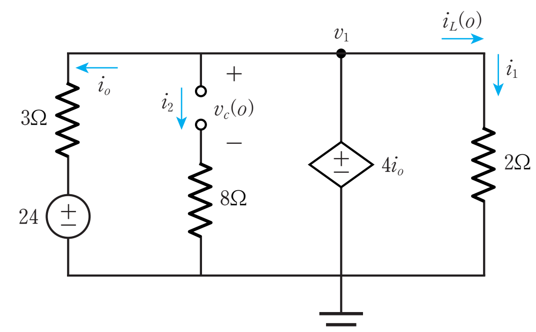


노드 A에서 $\dfrac{V_s - V}{3} + 0.2\dfrac{d}{dt}(V_s - V) = 0.3\dfrac{dV}{dt} + I$

정리하면 $\dfrac{dV}{dt} = -\dfrac{2}{3}V - 2I - \dfrac{2}{15}V_s$이므로 구하는 값은 -2이다.

[9.10] ④

$t < 0$일 때

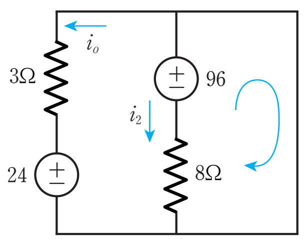


$i_o = (v_1 - 24)/3 = (4i_o - 24)/3$

$\therefore i_o = 24$

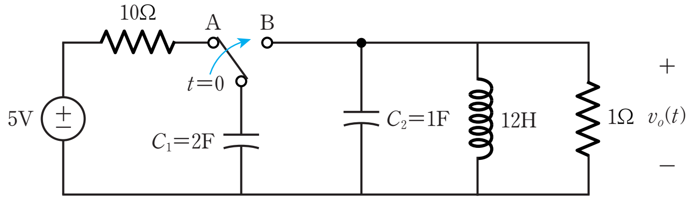
$v_c(0^-) = v_c(0^+) = 4i_o = 96$ 또한 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = \dfrac{4i_o}{2} = 2i_o = 48 = i_1(0)$

$t = 0^+$일 때



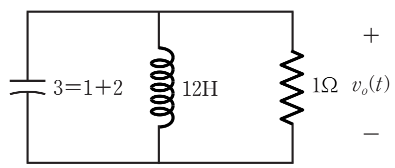
따라서 $i_2(0^+) = -\frac{96}{8} = -16$

[9.11]



(1) $t < 0$일 때 $v_{c1}(0^-) = v_{c1}(0^+) = 5$[V], $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0$

$t > 0$일 때



$$\therefore \frac{d^2 v_o}{dt^2} + \frac{1}{RC}\frac{dv_o}{dt} + \frac{1}{LC}v_o = 0 \Rightarrow \frac{d^2 v_o}{dt^2} + \frac{1}{3}\frac{dv_o}{dt} + \frac{1}{36}v_o = 0$$

그러므로 특성방정식은 $36s^2 + 12s + 1 = 0$

$\therefore s = -\frac{1}{6}$ (중근), $\therefore v_o(t) = A_1 e^{-\frac{1}{6}t} + A_2 t e^{-\frac{1}{6}t}$

초깃값 $v_o(0) = 5 = A_1$이고 $i_L(0) = C\frac{dv_c(0)}{dt} = 0$이므로 $\frac{dv_o(0)}{dt} = 0$을 대입하면

$0 = -\frac{5}{6} + A_2$, $\therefore A_1 = \frac{5}{6}$이다.

$$\therefore v_o(t) = 5e^{-\frac{1}{6}t} + \frac{5}{6}te^{-\frac{1}{6}t}$$

(2) $P(t) = \frac{V_o^2(t)}{R} = (5e^{-\frac{1}{6}t} + \frac{5}{6}te^{-\frac{1}{6}t})^2$

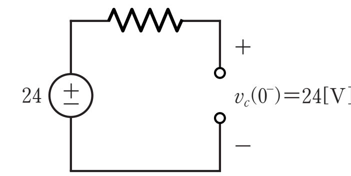
$$\lim_{t\to\infty} P(t) = \lim_{t\to\infty}(5e^{-\frac{1}{6}t} + \frac{5}{6}te^{-\frac{1}{6}t})^2 = 0$$

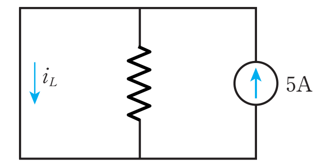
(3) $t = 0_-$까지 C_1에 저장되었던 $\frac{1}{2}C_1 v^2 = \frac{1}{2}\cdot 2\cdot 5^2 = 25$[J]이

$t = 0_-$ 이후 ∞까지 저항에 의해 소모된다.

[9.12]

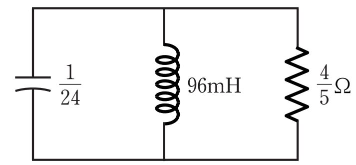
(1) $t < 0$일 때





$\therefore i_L = 5$[A]

$t > 0$일 때



그러므로 표준 병렬 RLC 회로로부터 $\frac{d^2 i_L}{dt^2} + \frac{1}{30}\frac{di_L}{dt} + \frac{1}{4\times10^{-3}}i_L = 0$

$\therefore$ 특정방정식 $s^2 + \frac{1}{30}s + \frac{1}{4\times10^{-3}} = 0$로부터 $s = -15 \pm j5$

그러므로 $i_L(t) = A_1 e^{-15t}(e^{j5} + e^{-j5}) = 2A_1 e^{-15t}\cos 5t$

$i_L(0) = 2A_1 e^{-15(0)}\cos 0° = 5$

$\therefore A_1 = \frac{5}{2}$

$i_L(t) = 5e^{-15t}\cos 5t$

(2) $V_c(0) = 24$[A], $i_L(0) = 5$[A]

커패시터에 저장될 에너지 $\omega_L = \frac{1}{2}Cv^2 = 12$[J]

인덕터에 저장될 에너지 $\omega_L = \frac{1}{2}Li^2 = 1.2$[J]

[9.13] ③

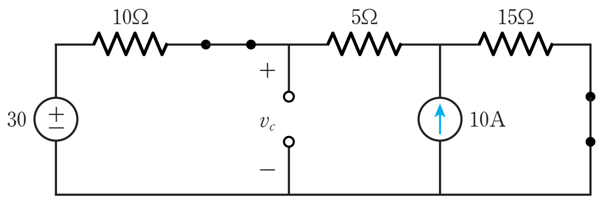
$R^2 = Z_1\cdot Z_2 = \frac{L}{C} \Rightarrow 10^2 = \frac{L}{100\mu}$

$\therefore L = 10^{-2}$[H]

[9.14] ②

$R^2 = \frac{L}{C} = 4\times10^4$이므로 $R = 2\times10^2 = 200\Omega$

[9.15] ②



∴ $v_c = v_{c_{30}} + v_{c_{10}}$

중첩의 원리에 의해 $v_{c_{30}} = 30 \times \dfrac{20}{20 + 10} = 20[V]$

$v_{c_{10}} = 5 \times 10 = 50[V]$

∴ $v_{c_{ss}}(t) = 20 + 50 = 70[V]$

[9.16] ②

정저항회로에서 $R^2 = \dfrac{L}{C}$ 이므로 $C = \dfrac{L}{R^2} = 100[\mu F]$, 즉 $C = 100$

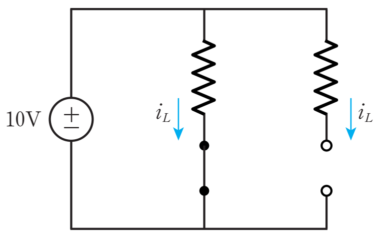
[9.17] ④

역률이 1인 경우 = 최대전력 전달회로 = 유효전력만을 발생시키는 저항소자만 남은 경우

∴ $j\omega L = -\dfrac{1}{j\omega C}$, $j2L = -\dfrac{1}{j4}$이므로 $L = \dfrac{-1}{j4} \times \dfrac{1}{j2} = -\dfrac{1}{8}$

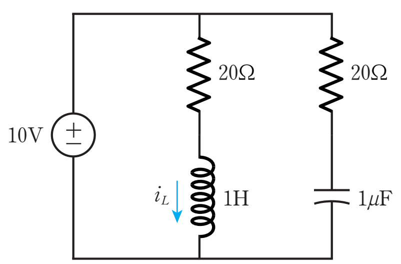
[9.18] ③

정상상태에서 아래 회로와 같으므로



$i_c(\infty) = 0A$, $i_L(\infty) = \dfrac{10}{20} = \dfrac{1}{2}[A]$

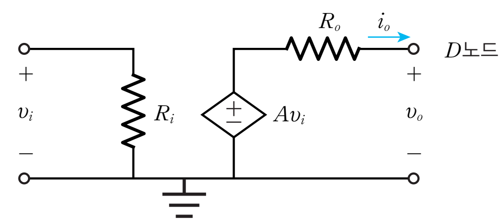
$t = 0^+$일 때



$i_L(0^+) + i_c(0^+) = \dfrac{10}{20 // 20} = \dfrac{10}{10} = 1[A]$이므로 $i_L(0^+) + i_c(0^+) + i_L(\infty) + i_c(\infty) = 1.5[A]$

[10.1]

(1) 실용 연산증폭기의 경우



출력전류 $i_o = \dfrac{Av_i - v_o}{R_o}$ 이고 $v_i \neq 0$, $A = \infty$, $R_o = 0$ 이므로 KCL 적용이 가능하다.

하지만 이상적인 연산증폭기의 경우, 특성상 $v_i = 0$, $A = \infty$, $R_o = 0$이므로 출력전류(i_o)를 직접 구할 수 없다. 따라서 D노드에서 키르히호프의 전류방정식을 적용할 수 없다. 다만, 다른 노드에서 순차적으로 계산하여 D노드전압(V_o)을 먼저 구한 후 키르히호프의 전류방정식을 사용하여 거꾸로 출력전류(i_o)를 간접적으로 구할 수는 있다. 결론적으로 KCL이 성립하나 적용할 순 없다.

(2) 이상적 연산증폭기의 특성상 A, C, E 노드의 전압은 같으므로 V_{in}으로 놓고 KCL을 적용하면

$-I_{in} + \dfrac{V_{in} - V_3}{R} = 0$……………① E 노드에서 KCL

$\dfrac{V_{in} - V_3}{R} + \dfrac{V_{in} - V_2}{R} = 0$……② C 노드에서 KCL

$\dfrac{V_{in} - V_2}{\dfrac{1}{jwC}} + \dfrac{V_{in}}{R} = 0$…………③ A 노드에서 KCL

식 ①, ②, ③을 정리하면 $Z_{eq} = \dfrac{V_{in}}{I_{in}} = jwR^2C[\Omega]$

(3) 10[H] 인덕터의 등가임피던스

$Z_{10H} = j10w$………………………①

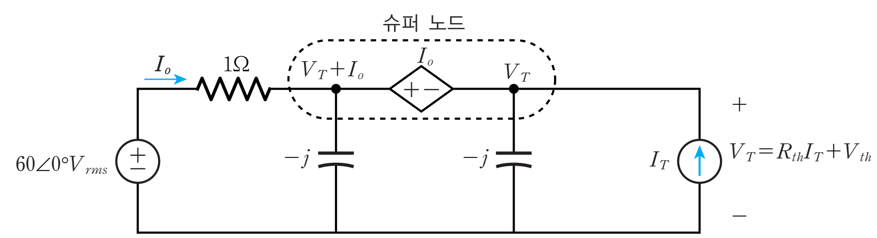
$Z_{eq} = jwR^2 \times 10 \times 10^{-6}$………②

식 ①과 ②는 같으므로

∴ $R = 1000[\Omega] = 1[k\Omega]$

[10.2]

(1) 최대전력전달을 구하는 문제(2)를 고려하여, TEST 전류법을 이용하여 Z_{th}와 V_{th}를 동시에 구한다.

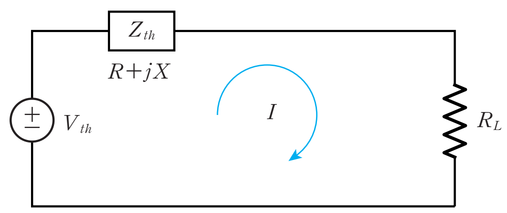


$$-I_o + \frac{V_T + I_o}{-j} + \frac{V_T}{-j} - I_T = 0 \cdots\cdots ①,\ \text{슈퍼 노드에서 KCL}$$

위 식을 정리하면 $V_T = \dfrac{60 - (V_T + I_o)}{1} \cdots\cdots ②$

$\therefore Z_{th} = 0.2 - j0.6[\Omega]$, $\therefore V_{th} = -12 - j24 = 12\sqrt{5} \angle -116°\ [V_{eff}]$

(2) 테브닌 등가회로



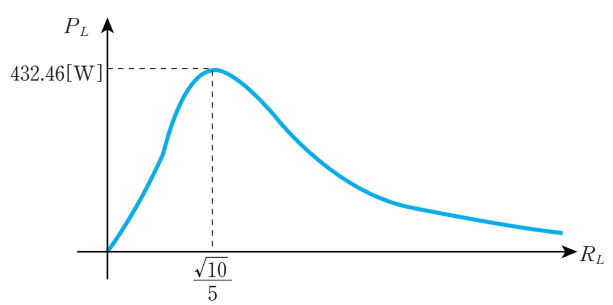
$I = \dfrac{V_{th}}{R + R_L + jX}$ 이고,

$P_L = R_L \times |I|^2 = R_L \times \dfrac{|V_{th}|^2}{(R+R_L)^2 + X^2}$ 이므로,

$\dfrac{dP_L}{dR_L} = \dfrac{R^2 + X^2 - R_L^2}{[(R+R_L)^2 + X^2]^2} |V_{th}|^2 = 0$ 이려면,

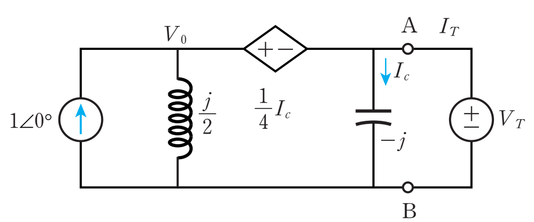
$\therefore R_L = |Z_{th}| = \sqrt{R^2 + X^2} = \dfrac{\sqrt{10}}{5}[\Omega]$ 이다.

$$\begin{aligned}\therefore P_L(\max) &= P_L|_{R_L = \frac{\sqrt{10}}{5}} \\ &= 200(\sqrt{10} - 1)[\text{W}] \\ &= 432.46[\text{W}]\end{aligned}$$



[10.3]

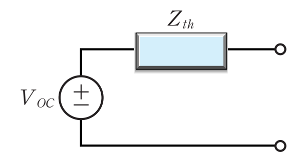
(1) 페이저를 이용하여 회로를 그리면($\omega = 2$ rad/s) (코사인 기준)



$$I_T + 1 = \frac{V_0}{\frac{j}{2}} + \frac{V_T}{-j} = \frac{2V_0}{j} + jV_T,\quad V_0 = V_T + \frac{1}{4}I_c,\quad I_c = \frac{V_T}{-j} = jV_T$$

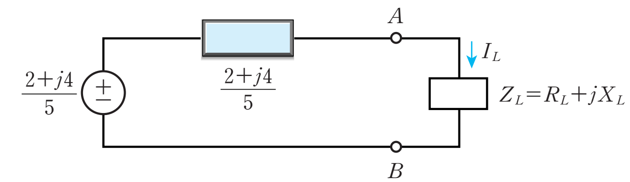
정리하면 $V_T = (\dfrac{2+j4}{5})I_T + \dfrac{2+j4}{5}$

$\therefore V_{OC} = \dfrac{2+j4}{5} \fallingdotseq 0.894 \angle 63.4°[\text{V}]$, $Z_{th} = \dfrac{2+j4}{-5} \fallingdotseq 0.894 \angle 63.4°[\Omega]$



코사인 기준이므로 V_{OC}를 순간값 식으로 나타내면 $V_{OC} \fallingdotseq 0.894\cos(2t + 63.4°)[\text{V}]$

(2) Z_L에 전달되는 전력을 P_L이라 하면 $P_L = |I_L|^2 R_L$



위 회로에서 KVL을 이용하면 $\dfrac{2+j4}{5} = I_L(\dfrac{2+j4}{5} + R_L + jX_L)$

$\therefore |I_L| = \dfrac{\sqrt{4+16}}{5} \times \dfrac{1}{\sqrt{(R_L + \frac{2}{5})^2 + (X_L + \frac{4}{5})^2}}$

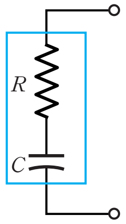
$P_L = |I_L|^2 \times R_L = \dfrac{20}{25} \times \dfrac{R_L}{(R_L + \frac{2}{5})^2 + (X_L + \frac{4}{5})^2}$

P_L이 최대가 되기 위해서는 분모가 최소가 되어야 한다. 이때 X_L은 음수가 될 수 있으므로 $X_L = -\dfrac{4}{5}$

$X_L = -\dfrac{4}{5}$일 때 $P_L = \dfrac{20}{25} \times \dfrac{R_L}{(R_L + \frac{2}{5})^2}$

$\dfrac{\alpha P_L}{\alpha R_L} = 0$인 $R_L = \dfrac{2}{5}$ $\therefore R_L = \dfrac{2}{5}$, $X_L = -\dfrac{4}{5}$이면 된다.

R_L은 저항으로 X_L은 커패시터로 구현 가능하므로,



$\therefore R = \dfrac{2}{5}[\Omega],\ \ C = \dfrac{5}{8}[\mathrm{F}]$

$\dfrac{1}{jwC} = \dfrac{1}{j2C} = \dfrac{4}{j5}$

[10.4] ②

실효치 = 최대치 $\times \dfrac{1}{\sqrt{2}}$

[10.5] ①

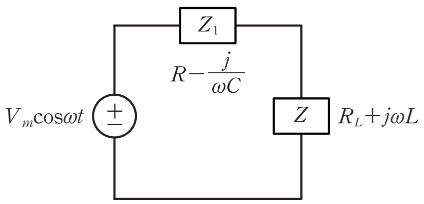
$$e_{eff} = \sqrt{3^2 + \left(\frac{10\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{5\sqrt{2}}{\sqrt{2}}\right)^2} \cong 11.6[\mathrm{V}]$$

[10.6] ①

$v_{oc} = 20\dfrac{-j2}{6-j2} = 2 - j6,\ \ R_{\mathrm{th}} = 6 /\!/ -j2 = 0.6 - j1.8$

따라서 $V_{oc} = V_{\mathrm{TH}} = 2 - j6,\ \ Z_{\mathrm{th}} = R_{\mathrm{th}} = 0.6 - j1.8$

[10.7] ④



최대전달조건, $R = RL$과 $-\dfrac{j}{\omega C} = -j\omega L$에 의해

$\therefore L = \dfrac{1}{\omega^2 C}$

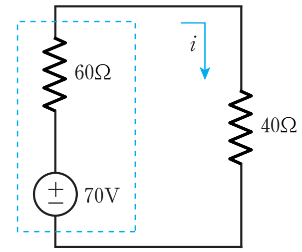
최대전력 $P_{\max} = \dfrac{V^2_{eff}}{4R} = \dfrac{1}{4R}\left(\dfrac{V_{in}}{\sqrt{2}}\right)^2 = \dfrac{V_{in}{}^2}{8R}$

[10.8] ①

$A_1 = a_1 + jb_1,\ \ A_2 = a_2 + jb_2$

$\therefore A = A_1 - A_2 = (a_1 - a_2) + j(b_1 - b_2)$

[10.9] ③



$i = \dfrac{V}{R} = \dfrac{70}{60+40} = \dfrac{70}{100} = 0.7[\mathrm{A}]$

[10.10] ②

$V = V_m\sin\omega t$에서 $V_m = 50\sqrt{2},\ \omega = 377$이므로

$\therefore V = 50\sqrt{2}\sin 377t$

$I = \dfrac{V}{R} = \dfrac{50\sqrt{2}}{25}\sin 377t = 2\sqrt{2}\sin 377t$

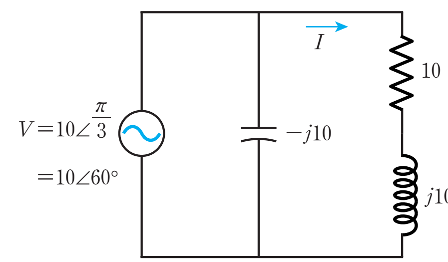
[10.11] ①

$Z = 6 + j8,\ Y = \dfrac{1}{6+j8} = \dfrac{6-j8}{36+64} = \dfrac{6}{100} - j\dfrac{8}{100}$

따라서 $0.06[\mho]$

[10.12] ③

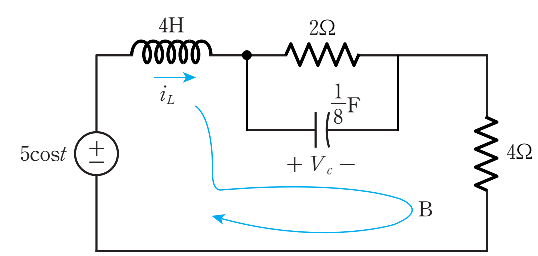
페이저 회로로 바꾸면,



$I = \dfrac{V}{10+j10} = \dfrac{10\angle 60°}{10\sqrt{2}\angle 45°} = \dfrac{1}{\sqrt{2}}\angle 15°$

[10.13]

(1) $t > 0$일 때



노드 A에서 KCL에 의해 $i_L = \frac{v_c}{2} + C\frac{dv_c}{dt}$

메시 B에서 KVL에 의해 $5\cos t - L\frac{di_L}{dt} - v_c - 4i_L = 0$

위의 두 식을 결합하여 v_c에 대한 수식을 만들면,

$$5\cos t - 2\frac{dv_c}{dt} - \frac{1}{2}\frac{d^2v_c}{dt^2} - v_c - 2v_c - \frac{1}{2}\frac{dv_c}{dt} = 0$$

정리하면 $\frac{d^2v_c}{dt^2} + 2\frac{dv_c}{dt} + 6v_c = 10\cos t$

(2) 특성방정식 $s^2 + 5s + 6 = 0$으로부터 $s = -3, -2$

그러므로 과도응답 $v_t(t) = A_1e^{-3t} + A_2e^{-2t}$

정상상태응답을 $v_{ss}(t) = \alpha\cos t + \beta\sin t$로 두고 미분방정식에 대입하면,

$(-\alpha + 5\beta + 6\alpha)\cos t + (-\beta - 5\alpha + 6\beta)\sin t = 10\cos t$

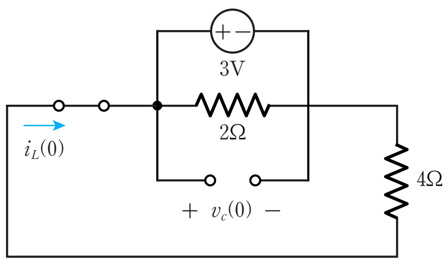
$5\alpha + 5\beta = 10,\ -5\alpha + 5\beta = 0$

따라서 $\alpha = 1, \beta = 1$이므로

정상상태응답 $v_{ss}(t) = \cos t + \sin t$

$\therefore$ 완전응답 $v_t(t) = A_1e^{-3t} + A_2e^{-2t} + \cos t + \sin t$

초깃값을 구하기 위해 $t < 0$일 때



$\therefore v_c(0^-) = v_c(0^+) = 3\,[\mathrm{V}],\quad i_L(0^-) = i_L(0^+) = -\frac{3}{4}\,[\mathrm{A}]$

초깃값 $v_c(0^+) = 3$을 대입하면, $3 = A_1 + A_2 + 1$

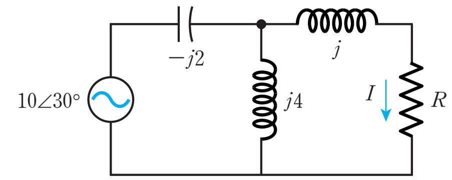
또한 원래 회로로부터 $i_L(0) = \frac{1}{8}\frac{dv_c(0)}{dt} + \frac{v_c(0)}{2} \Rightarrow \frac{dv_c(0)}{dt} = -18$

대입하면, $3A_1 + 2A_2 = 19$, 두 식으로부터 $A_1 = 15$, $A_2 = -13$

$\therefore v_t(t) = 15e^{-3t} - 13e^{-2t} + \cos t + \sin t$

[10.14] ②

페이저회로로 바꾸면,



$(R + j)\,//\,j4 = \frac{-4 + j4R}{R + j5}$, 전체임피던스 $= -j2 - 4\frac{(1 - jR)}{R + j5}$

따라서 노드 A의 전압 $= 10\angle 30° \times \dfrac{\frac{-4 + j4R}{R + j5}}{-j2 - 4\frac{(1 - jR)}{R + j5}}$

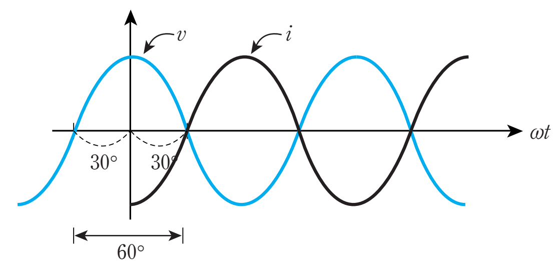
$$= 10\angle 30° \times \frac{-4 + j4R}{10 - j2R - 4 + j4R} = 10\angle 30° \times \frac{-4 + j4R}{6 + j2R}$$

$\therefore I = \dfrac{\text{노드 } A\text{의 전압}}{R + j} = 10\angle 30° \times \dfrac{-4 + j4R}{(6 + j2R)(R + j)}$

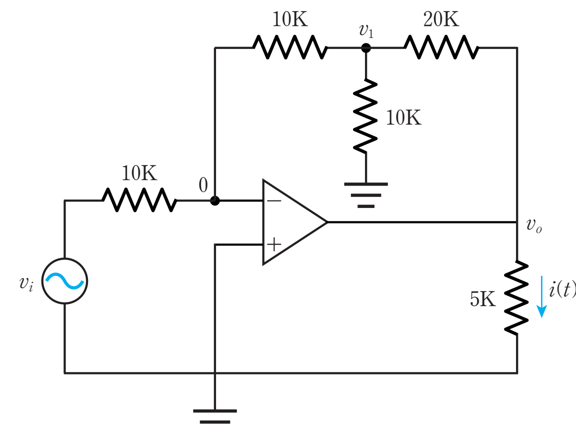
$\therefore |I| = 10 \times \dfrac{4\sqrt{1^2 + R^2}}{2\sqrt{3^2 + R^2}\cdot\sqrt{R^2 + 1^2}} = 20\dfrac{1}{\sqrt{3^2 + R^2}} = 4$

$\therefore R = 4$

[10.15] ①



[10.16] ③



KCL : $\frac{v_i}{10K} - \frac{v_1}{10K}$

$\frac{v_1}{10K} + \frac{v_1}{10K} + \frac{v_1 - v_o}{20K} = 0$

$\Rightarrow v_i = -v_1,\ 4v_1 + v_1 - v_o = 0 \ \Rightarrow\ 5v_1 = v_o$

두 식을 합하면, $5v_i = -v_o$

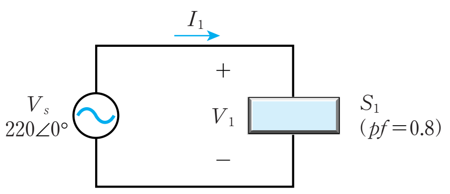
$v_i = 2\cos 2t$를 대입하면 $v_o = -10\cos 2t$

$i(t) = \frac{v_o}{5K} = -2\cos 2t$[mA]

Chapter_11

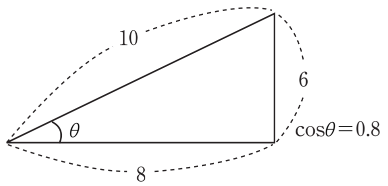
[11.1]

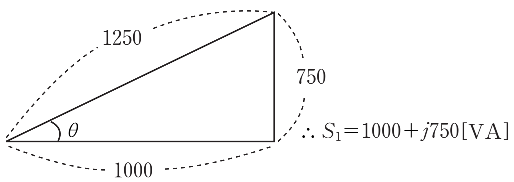
(1) V_S를 0° 기준으로



전력삼각형을 이용하여 복소전력 $\vec{S_1}$을 구하면

$\vec{S_1} = \vec{V_1}\cdot\vec{I_1} = 220\angle 0°\cdot\vec{I_1} = 1000 + j750$

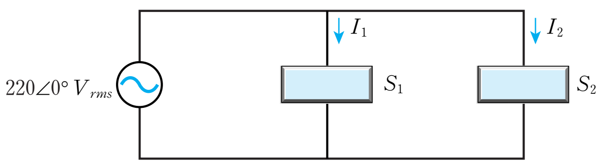




∴ $\vec{I_1} = \frac{50}{11} - j\frac{75}{22}[A_{eff}] \fallingdotseq 5.68\angle -37.87°[A_{eff}]$

즉, I_1의 크기는 5.68 A_{eff}이고 위상은 전원전압 V_s보다 36.87° 뒤진다.

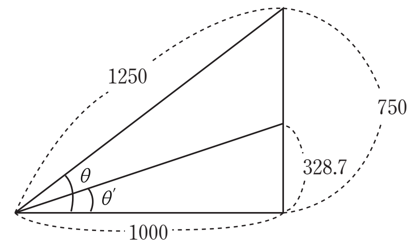
(2)



$\vec{S_2} = 220\vec{I_2}$……①

$\cos\theta' = 0.95$

$\vec{S_1} + \vec{S_2} = 1000 + j328.7$[VA]



$\vec{S_1} = 1000 + j750$[VA]

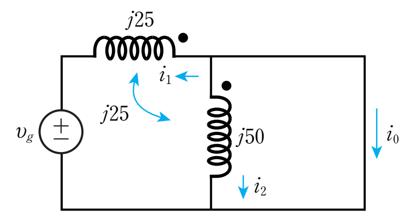
∴ $\vec{S_2} = -j421.3$[VA]………②

즉, 용량부하가 421.3 VAR의 무효 전력 공급. 식 ①와 ②에 의해 $\vec{I_2} \fallingdotseq j1.915[A_{eff}]$

즉, I_2의 크기는 1.915 A_{eff}이고, 위상을 전원전압 V_s보다 90° 앞섬.

[11.2]

(1) 페이저 변환회로



좌측 메시에서 $j25 \times i_1 + j25 \times i_2 + 100 = j50 \times i_2 + j25 \times i_1$

∴ $i_2 = -j4$

우측 메시에서 $j50 \times i_2 + j25 \times i_1 = 0$

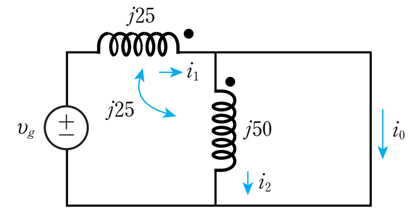
∴ $i_1 = j8$

한편 $i_0 = -i_1 - i_2$이므로

∴ $i_0 = -j4 = 4\angle -90°$

$i_0(t) = 4\cos(5\times 10^6 t - 90°) = 4\sin(5\times 10^6 t)$

(2) 페이저 변환회로



좌측 메시에서 $100 = j25i_1 + j25i_2 + j50i_2 + j25i_1$

∴ $2i_1 + 3i_2 = -j4$

우측 메시에서 $j50i_2 + j25i_1 = 0$

∴ $i_1 = -2i_2$

한편 $i_0 = i_1 - i_2 = -j12 = 12\angle -90°$

$i_0(t) = 12\cos(5\times 10^6 t - 90°) = 12\sin(5\times 10^6 t)$

[11.3]

(1) $S = V \cdot I^{*}$에서 $I_1 = (\frac{S_1}{V})^{*} = (\frac{220 + j550}{220})^{*} = 1 - j\frac{5}{2} = 2.69 \angle -68.20$[A]

$I_2 = I - I_1 = \sqrt{3} - j1 - I_1 = \sqrt{3} - j1 - 1 + j\frac{5}{2} = \sqrt{3} - 1 + j\frac{3}{2} = 1.67 \angle 63.99$[A]

역률 $= \cos(\theta_v - \theta_i)$, θ_v = 전압의 위상, θ_i = 전류의 위상

z_1의 역률 $= \cos(\theta_{v1} - \theta_{i1}) = \cos(68.20) = 0.371$/뒤진 역률

z_2의 역률 $= \cos(\theta_{v2} - \theta_{i2}) = \cos(-63.99) = 0.438$/앞선 역률

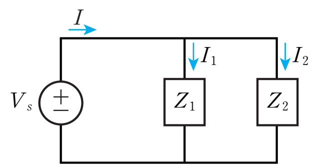
전체 역률 $= \cos(\theta_v - \theta_i) = \cos(30) = \frac{\sqrt{3}}{2}$/뒤진 역률

(2) $S_1 = 220 + j550$이고 $S_2 = V \cdot i_2^{*} = 220((\sqrt{3} - 1) - j\frac{3}{2}) = 220(\sqrt{3} - 1) - j330$

$S = S_1 + S_2 = 220\sqrt{3} + 220$[VA]

따라서 유효전력은 $220\sqrt{3}$[W], 무효전력은 220[VAR]이다.

(3)



$\omega CV^2 = P(\tan\theta_{old} - \tan\theta_{new})$에서

$C = \frac{P(\tan\theta_{old} - \tan\theta_{new})}{\omega V^2} = \frac{1}{220w} = \frac{1}{220 \times 2\pi \times 60} = 12.06[\mu\text{F}]$

[11.4] ④

결합계수 k는 $0.2 \le k \le 0.8$으로 주어졌고, 상호 인덕턴스 $M = k\sqrt{L_1 L_2}$이다.

따라서 $2 \le 2M \le 8$. 합성 인덕턴스 $L = L_1 + L_2 \pm 2M$ 이므로 $L = 5[\text{mH}] + 5[\text{mH}] \pm 2M$

따라서 $2 \le L \le 18$

[11.5] ②

$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_C}}$, $L = 0.0113$, $L = L_1 + L_2 + 2M$, $M = 1.18$[mH]

[11.6] ③

$V_2 = -M\frac{di_1(t)}{dt}$

$= -M\frac{d}{dt}I_m \sin wt = -wMI_m \cos wt[\text{V}] = wMI_m \sin(wt - 90°)$ [V]

[11.7] ③

$X = 2\pi f L$

$X = \frac{1}{2\pi f C}$

$L = \frac{3}{2 \cdot \pi \cdot 60} = 8[\text{mH}]$, $C = \frac{1}{2\pi f \cdot 3} = 880[\mu\text{F}]$

[11.8] ①

$V = \text{M}\frac{di}{dt}$이므로 $60 = \text{M} \times 150 \Rightarrow \text{M} = 0.4$

[11.9] ②

피상전력 $= \sqrt{(\text{유효전력})^2 + (\text{무효전력})^2}$

$= \sqrt{300^2 + 400^2} = 500$[VA]

[11.10] ①

$I = \frac{V}{Z}$, $Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10$

$\therefore I = \frac{200}{10} = 20$[A]

또한 역률 $= \cos\theta_z = \cos(\tan^{-1}\frac{V}{R}) = 0.8$

[11.11] ③

$P(t) = v(t)i(t) = 100\sin(100\pi t + \frac{\pi}{6}) \cdot 10\cos(100\pi t - \frac{\pi}{3})$

$= 1000 \cdot \frac{1}{2}(\sin(200\pi t - \frac{\pi}{6}) + \sin(\frac{\pi}{2}))$

$= 500 + 500\sin(200\pi t - \frac{\pi}{6})$

그러므로 $P_{AV} = 500$[W]

[11.12] ①

$L_1 + L_2 + 2M = 95[\text{mH}]$, $L_1 + L_2 - 2M = 15[\text{mH}]$

두 식을 빼면 $4M = 80$, $\therefore M = 20$[mH]

[11.13] ④

역률 $= \cos(\theta_v - \theta_i)$

[11.14] ②

$P_{AV} = VI\cos(\theta_v - \theta_i)$

$= 102 \cdot 10\cos(\tan^{-1}\frac{20}{100} - \tan^{-1}\frac{6}{8})$

$= 1020\cos(11.31 - 36.87)$

$\cong 920$[W]

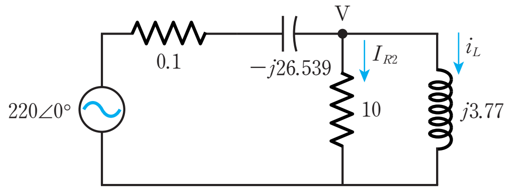
[11.15] ①

[11.16] ③

정현파의 평균값 $= \dfrac{2 \times \text{최댓값}}{\pi} = \dfrac{2 \times 200}{3.14} \cong 127.3$

[11.17]

페이저 회로로 그리면



$\omega = 2\pi f \cong 377$[rad/s]

(1) 전체임피던스 $Z_T = 0.1 - j26.539 + (10 /\!/ j3.77) = 1.344 - j23.238$

$\therefore$ 역률 $= \cos(\tan^{-1}\dfrac{23.238}{1.344}) \cong 0.058$

(2) 유효전력 $P = V^2 eff \dfrac{R}{|Z|^2} = 220^2 \cdot \dfrac{1.344}{541.811} \cong 120.06$[W]

(3) $I_{R_2} = \dfrac{V}{10}$, $\quad I_L = \dfrac{V}{j3.77} = -j\dfrac{V}{3.77}$

V가 위상이 0°라 가정하면 I_{R_2}의 위상각은 0°, I_L의 위상각은 −90°

위상차는 90°가 되고 I_L이 앞선다.

[11.18] ③

유효전력 = [W], 무효전력 = [VAR], 피상전력 = [VA]이다.

[11.19] ②

단상전력 $P = VI\cos\theta = 220 \times 2.5 \times 0.75 = 412.5$[W]

Chapter_12

[12.1]

어드미턴스행렬을 이용하여 델타 연결 시의 임피던스행렬 Z_Δ를 구하면

$$Z_\Delta = Y_\Delta^{-1} = \frac{1}{(\frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b})(\frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c}) - \frac{1}{Z_c^2}} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c} & \frac{1}{Z_b} \\ \frac{1}{Z_b} & \frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{Z_a Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c} \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_b} + \frac{1}{Z_c} & \frac{1}{Z_b} \\ \frac{1}{Z_b} & \frac{1}{Z_a} + \frac{1}{Z_b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_a Z_c + Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c} & \frac{Z_a Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c} \\ \frac{Z_a Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c} & \frac{Z_a Z_c + Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c} \end{bmatrix}$$

설문 1의 임피던스행렬 Z_Y에 대해 $Z_Y = Z_\Delta$임을 이용하면

$$Z_3 = \frac{Z_a Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}[\Omega]$$

$$Z_1 = \frac{Z_a Z_c + Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c} - Z_3 = \frac{Z_a Z_b}{Z_a + Z_b + Z_c}[\Omega]$$

$$Z_2 = \frac{Z_a Z_c + Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c} - Z_3 = \frac{Z_b Z_c}{Z_a + Z_b + Z_c}[\Omega]\text{을 얻을 수 있다.}$$

[12.2] ③

$I_P = \dfrac{V_P}{Z_P}$, $\quad |Z_P| = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10$, $\quad I_P = \dfrac{200}{10} = 20$[A]

$P = 3 \times V_P \times I_P \times \cos\theta = 3 \times 200 \times 20 \times \dfrac{6}{10} = 7200$($\theta$는 전압과 전류의 위상차)

[12.3] ②

$$V_1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2 V_c)$$

$V_1 = \dfrac{1}{3}(V_a + a^3 V_a + a^3 V_a)$, $a^3 = 1$이므로 $V_1 = \dfrac{1}{3}(V_a + V_a + V_a) = V_a$

[12.4] ①

특성 임피던스 $Z_o = \sqrt{\dfrac{R + jwL}{G + jwC}}$이다.

전송선로에서 무손실이므로, $Z_o = \sqrt{\dfrac{L}{C}} = \sqrt{\dfrac{96 \times 10^{-3}}{0.6 \times 10^{-6}}} = \sqrt{160 \times 10^3} = 400$

[12.5] ③

Δ 결선된 R을 Y로 등가변환하면 $R' = \dfrac{R}{3} = \dfrac{9}{3} = 3[\Omega]$

RC 병렬이므로 $\cos\theta = \dfrac{X_c}{\sqrt{R^2 + X_c^2}} = \dfrac{4}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = \dfrac{4}{5} = 0.8$

[12.6] ④

대칭 n상에서 선전류와 상전류 사이의 위상 차이는 $\dfrac{\pi}{2}(1 - \dfrac{1}{n})$[rad]

[12.7] ④

$\Delta - Y$ 등가변환을 사용한다.

$R_a = \dfrac{40 \times 40}{40 + 40 + 120} = 8[\Omega]$, $\quad R_b = R_c = \dfrac{40 \times 120}{40 + 40 + 120} = 24[\Omega]$

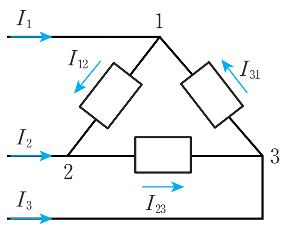
$R + R_a = R + 8 = R_b = R_c = 24$, $R = 16$

[12.8] ①

[12.9] ②

$$\frac{200}{|3+j4|}=\frac{200}{5}=40\,[\mathrm{A}],$$

[12.10]



$I_1=4\angle-36°-4\angle84°$, $I_2=4\angle-156°-4\angle-36°$, $I_3=4\angle84°-4\angle-156°$

모두 위상차가 120° 씩 나므로 모든 값은 같고 그 크기는 6.937 [A]이다.

[12.11] ①

$$a=-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}=1\angle-120°$$

$$aV_b=V_b\angle-120°$$

$$a^2V_c=V_c\angle-240°$$

그러므로 정상전압 $=\dfrac{1}{3}(V_a\angle0°+V_b\angle-120°+V_c\angle-240°)$

[12.12] ④

전체전력 $=|W_1|+|W_2|$

[12.13] ④

선간전압 $=\sqrt{3}\cdot$ 상전압

[12.14] ③

전체전력 $=|W_1|+|W_2|$

[12.15] ④

소비전력 $=\dfrac{208^2\cdot4}{|4+j3|^2}=\dfrac{208^2\cdot4}{5^2}\cong6910\,[\mathrm{W}]$

[12.16] ③

상전압 $=\dfrac{220}{\sqrt{3}}=127\,[\mathrm{V}]$

상전류 = 선전류 $=\dfrac{127}{|6+j8|}=12.7$

[12.17] ②

상전압 $=\dfrac{200}{\sqrt{3}}=115.47$

상전류 = 선전류 $=\dfrac{115.47}{|4+j3|}=\dfrac{115.47}{5}\cong23.1$

[12.18] ③

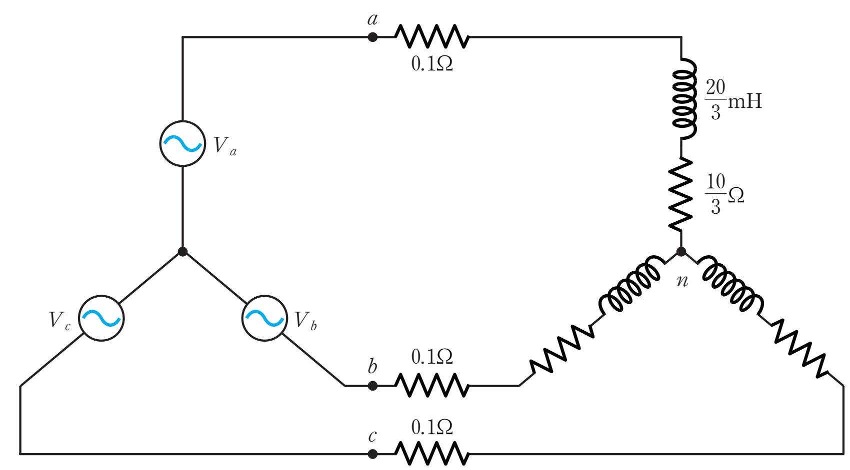
$\sqrt{3}\times115\cong200$

[12.19] ③

$\sqrt{3}\times V_L\times I_L\times0.8\cong14632\,[\mathrm{KW}]$

[12.20] 도서에 수록된 정답 오류를 정정합니다.

$Y-\Delta$ 결선을 $Y-Y$ 결선으로 바꾸면,



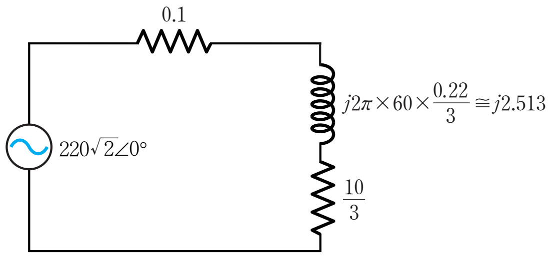
Δ 결선을 Y 결선으로 바꾸면 균형부하의 경우 $Z_Y=\dfrac{1}{3}Z_\Delta$

(1) 선전압 $V_{ab}=V_a-V_b=220\sqrt{2}\sin\omega t-220\sqrt{2}\sin(\omega t-120°)$

$$=\sqrt{3}\cdot220\sqrt{2}\sin(\omega t+30°)$$

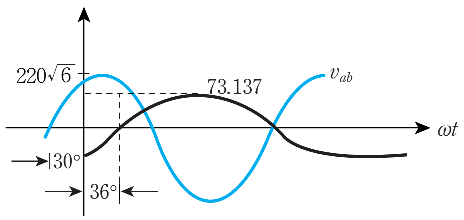
$$=220\sqrt{6}\sin(\omega t+30°)$$

선전류 i_a는 단상 페이저 회로로부터 구하면



$$\therefore I_a=\frac{220\sqrt{2}\angle0°}{3.433+j2.513}=73.137\angle-36°$$

$$i_a=73.137\sin(\omega t-36°)$$



(2) 선로손실 $= 3 \times i_{a_{eff}}^2 \cdot R_1 = 3 \times \left(\dfrac{73.137}{\sqrt{2}}\right)^2 \times 0.1 \cong 802.353$[W]

(3) 부하에 공급되는 유효전력 $= 3 \times i_{a_{eff}}^2 \cdot R_2' = 3 \times \left(\dfrac{73.137}{\sqrt{2}}\right)^2 \times \dfrac{3}{10} = 26745.104$[W]

[12.21] ③

$\sqrt{3} \times V_L I_L \times$ 역률 = 전력

[12.22] ③

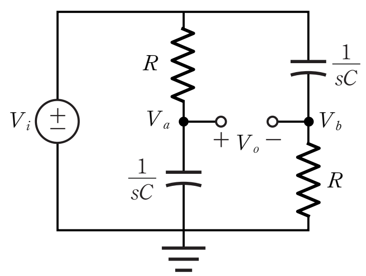
[12.23] ③

전체전력 $= |W_1| + |W_2|$

Chapter_13

[13.1]

(1) 라플라스변환회로 및 노드전압을 다음과 같이 표시하자.



$$V_a = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} V_i = \frac{V_i}{1 + sCR},\quad V_b = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} V_i = \frac{sCRV_i}{1 + sCR}$$

$$\therefore V_o = V_a - V_b = \frac{1 - sCR}{1 + sCR} V_i \to H(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1 - sCR}{1 + sCR}$$

(2) $V_i = \mathscr{L}[u(t)] = \dfrac{1}{s}$ 이므로 $V_o = H(s)\,V_i = \dfrac{H(s)}{s} = \dfrac{-sCR + 1}{s(sCR + 1)}$ 이 된다.

$$V_o = \frac{-sCR + 1}{s(sCR + 1)} = \frac{K_1}{s} + \frac{K_2}{sCR + 1}$$ 에서

$$K_1 = \frac{1 - sCR}{1 + sCR}\Big|_{s=0} = 1,\quad K_2 = \frac{1 - sCR}{s}\Big|_{s=-1/RC} = -2RC$$

$$\therefore V_o = \frac{1}{s} - \frac{2RC}{sCR + 1} = \frac{1}{s} - \frac{2}{S + \frac{1}{RC}} \to \therefore v_o(t) = (1 - 2e^{-\frac{t}{RC}})u(t)[\mathrm{V}]$$

(3) $v_i(t)$, $v_o(t)$의 페이저 표시는 다음과 같다.

$V_i = 1 \angle 0°$

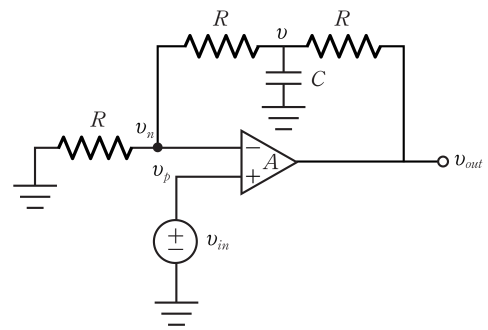
$v_o = \cos(90° - \omega_o t) = \cos(\omega t - 90°)$[V] 이므로 $V_o = 1 \angle (-90°) = -j$

$H(j\omega_o) = \dfrac{V_o}{V_i} = \dfrac{-j}{1} = -j = \dfrac{1 - j\omega_o RC}{1 + j\omega_o RC}$ 에서 $-j(1 + j\omega_o RC) = 1 - j\omega_o RC$를 풀면

$\omega_o = \dfrac{1}{RC}$[rad/sec]를 얻는다.

(4) 주어진 회로는 모든 주파수대에서 이득이 1로 일정하고 0°~−180°까지의 위상차를 나타내는 전역통과필터(all−pass−filter)이다. 상수이득을 가지기 때문에 주파수 선택성은 없지만 위상차를 발생시키므로 위상편이기(phase−shifter) 등 위상을 변조시키는 회로에 사용된다.

[13.2]



노드전압 V_n과 V로부터 KCL을 적용하고 전압이득과 이상적 연산 증폭기의 성질을 이용하면

$$\frac{V_n}{R} + \frac{V_n - V}{R} = 0$$

$$V_{out} = A(V_p - V_n)$$

$$V_p = V_{in}$$

$$\frac{V - V_n}{R} + VsC + \frac{V - V_{out}}{R} = 0$$

정리하면 $H(s) = \dfrac{V_{out}(s)}{V_{in}(s)} = \dfrac{A(3 + 2RCs)}{A + 3 + 2RCs} = \dfrac{3A}{A + 3}\,\dfrac{1 + \dfrac{s}{\frac{3}{2RC}}}{1 + \dfrac{s}{\frac{A+3}{2RC}}}$

[13.3] ③

$$V_1(S) = (Ls + \frac{1}{Cs})i$$

$$V_2 = \frac{1}{Cs}i$$

$$\frac{V_2(S)}{V_1(S)} = \frac{\frac{1}{Cs}}{Ls + \frac{1}{Cs}} = \frac{1}{LCS^2+1} \times \frac{\frac{1}{LC}}{\frac{1}{LC}} = \frac{\frac{1}{LC}}{S^2 + \frac{1}{LC}}$$

[13.4] ④

$$F(s) = \mathcal{L}f(t) = \int_0^\infty e^{-st}f(t)\,dt$$

$$\int_0^\infty e^{-st}(1-e^{-at})\,dt = \int_0^\infty e^{-st} - e^{-(s+a)t}dt = \frac{1}{s} - \frac{1}{s+a} = \frac{s+a-s}{s(s+a)} = \frac{a}{s(s+a)}$$

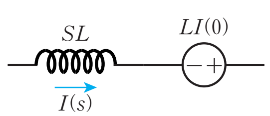
[13.5] ②

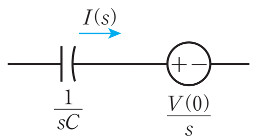
$V_1(s) = (R+sL_1)I_1(s) - sMI_2(s),\quad -V_2(s) = -sL_2I_2(s) + sMI_1(s)$

이때 $I_2 = 0$으로 두고 수치를 대입하면,

$$\left.\frac{V_2(s)}{V_1(s)}\right|_{I_2=0} = \frac{-4s}{2s+6}$$

[13.6] ①



와


를 대입

[13.7] ①

$e^{-at}f(t) \xleftrightarrow{\mathcal{L}} F(s+a)$이고 $te^{-3t} \xleftrightarrow{\mathcal{L}} \frac{1}{(s+3)^2}$이므로

[13.8] ④

$$f(t) = 1 - e^{-at} \xleftrightarrow{\mathcal{L}} \frac{1}{s} - \frac{1}{(s+a)} = \frac{a}{s(s+a)}$$

[13.9] ②

$$F(s) = \frac{2s+1}{s^2+1} = \frac{2s}{s^2+1} + \frac{1}{s^2+1} \xleftrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} 2\cos t + \sin t$$

[13.10] ②

$$Z_T(\text{전체임피던스}) = 2s + (s /\!/ 1) + 2 = \frac{2s^2+5s+2}{1+s}$$

또한 $v(t) = 100u(t) - 100u(t-0.5) \xleftrightarrow{\mathcal{L}} V(s) = \frac{100}{s} - \frac{100}{s}e^{-0.5s}$

따라서 $I_1(s) = \frac{V(s)}{Z_T(s)} \times \frac{s}{1+s} = \frac{(1+s)100(1-e^{-0.5s})}{s(2s^2+5s+2)} \times \frac{s}{(1+s)} = \frac{100}{2s^2+5s+2}(1-e^{-0.5s})$

[13.11] ②

$$V_o(s) = (KV_o(s) + 10I_x(s)) \times (1 /\!/ \frac{1}{0.5s})$$

또한 $1\,\Omega$ 저항에 흐르는 전류는 KCL에 의해 $\frac{V_i(s) - 10I_x}{1} = KV_o(s) + I_x$

따라서 두 식으로부터 I_x를 소거하고 $V_i(s)$와 $V_o(s)$로만의 수식을 만들면,

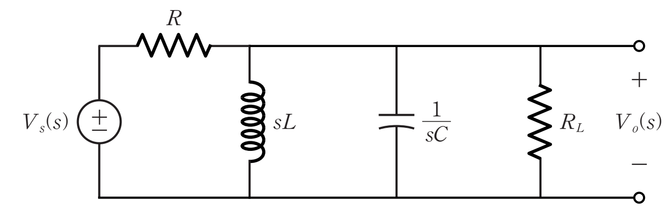
$$V_i(s) = KV_o(s) + 11[\frac{1-K}{10} + 0.05s]V_o(s)$$

$$\Rightarrow\ V_i(s) = (\frac{11-K}{10} + 0.55s)V_o(s) = (s + \frac{11-K}{5.5})V_o(s)$$

그러므로 $\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{(s + \frac{11-K}{5.5})}$이 안정되기 위해서는 $11-K>0$이 되어야 하므로 $0<K<11$

[13.12]

(1) 병렬공진회로

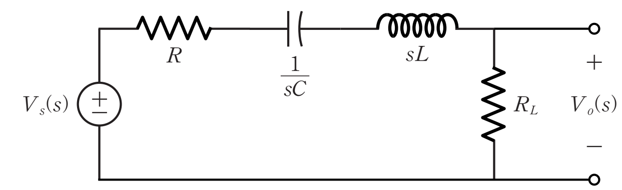


$$sL /\!/ \frac{1}{sC} /\!/ R_L = \frac{1}{\frac{1}{sL} + sC + \frac{1}{R_L}} = \frac{s/C}{s^2 + \frac{R_L}{L}s + \frac{1}{LC}}$$

$$\frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{\frac{s/C}{s^2 + \frac{R_L}{L}s + \frac{1}{LC}}}{R + \frac{s/C}{s^2 + \frac{R_L}{L}s + \frac{1}{LC}}} = \frac{\frac{s}{C}}{R(s^2 + \frac{R_L}{L}s + \frac{1}{LC}) + \frac{s}{C}}$$

$$= \frac{s}{RC(s^2 + \frac{R_L}{L}s + \frac{1}{LC}) + s} = \frac{s/RC}{s^2 + (\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC})s + \frac{1}{LC}}$$

직렬공진회로



$$\frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{R_L}{(R+R_L) + \frac{1}{sC} + sL} = \frac{sR_L / L}{s^2 + \frac{1}{(R+R_L)C}s + \frac{1}{LC}}$$

따라서 공진주파수는 $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 로 서로 같다.

(2) $\frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)} = \frac{K}{1 + jQ\left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)}$ 로 표현될 때 Q는 선택도(quality factor)를 나타내므로,

병렬공진회로의 경우 $S = j\omega$로 바꾸면

$$\frac{j\omega / RC}{(j\omega)^2 + \left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)j\omega + \omega_o^2} = \frac{1/RC\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)}{1 + j\frac{\omega_o}{\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)}\left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)}$$

$$\therefore K = \frac{1}{RC\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{1}{\frac{RCR_L}{L} + 1} = \frac{L}{RCR_L + L}$$

$$Q = \frac{\omega_o}{\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{1/\sqrt{LC}}{\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)} = \frac{1}{\sqrt{LC}(R_LRC + L)}$$

마찬가지로 직렬공진회로의 경우

$$\frac{j\omega R_L / L}{(j\omega)^2 + \frac{1}{(R+R_L)C} \times (j\omega) + \omega_o^2} = \frac{R_L / L(R+R_L)C}{1 + j\frac{1}{\sqrt{LC}(R+R_L)C}\left(\frac{\omega}{\omega_o} - \frac{\omega_o}{\omega}\right)}$$

$$\therefore K = \frac{R_L}{L(R+R_L)C},\quad Q = \frac{1}{\sqrt{LC}(R+R_L)C}$$

또한 $\left|\frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}}\left|\frac{V_o(j\omega_o)}{V_s(j\omega_o)}\right| = \frac{K}{\sqrt{2}}$

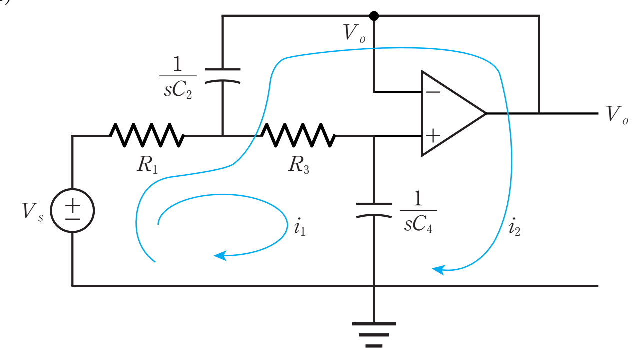
$\therefore$ 병렬공진회로의 크기 값 $= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{RC\left(\frac{R_L}{L} + \frac{1}{RC}\right)}$

직렬공진회로의 크기 값 $= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{R_L}{L(R+R_L)C}$

[13.13]

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{1}{s^2 + 10s + 1}$$

(1)



메시 1에서 KVL에 의해 $V_s = R_1(i_1 + i_2) + (R_3 + \frac{1}{sC_4})i_1$

메시 2에서 KVL에 의해 $V_s = R_1(i_1 + i_2) + \frac{1}{sC_2}i_2 + V_o$

또한 커패시터 C_4에 걸리는 전압 $V_o = \frac{1}{sC_4}i_1$, 이 식을 위의 두 식에 대입하여 i_1, i_2에 대한 수식을 만들면,

$V_s = (R_1 + R_3 + \frac{1}{sC_4})i_1 + R_1 i_2,\quad V_s = (R_1 + \frac{1}{sC_4})i_1 + (R_1 + \frac{1}{sC_2})i_2$이다.

이 두 식으로부터 i_1, i_2를 구하고, $i_1 = sC_4 v_o$를 대입하면

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{(sR_1C_2 + 1)(sR_3C_4 + 1)} = \frac{1}{s^2R_1R_3C_2C_4 + (R_3C_4 + R_1C_2)s + 1}$$

그러므로 $\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{s^2 + 10s + 1}$이 되기 위해서는

$R_1R_3C_2C_4 = 1,\ R_3C_4 + R_1C_2 = 10$

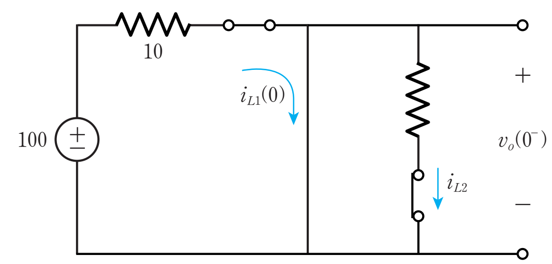
(2) $R_1 = R_3 = 10\text{K}$면, $100 \times 10^6 C_2C_4 = 1$과 $1000(C_2 + C_4) = 1$을 만족시켜야 하므로,

$C_4^2 - C_4 + 0.01 = 0$을 만족시켜야 한다.(단, C_2, C_4의 단위는 mF)

$C_4 = 0.01$ 혹은 $0.99\,[\text{mF}]$, $C_2 = 0.99$ 혹은 $0.01\,[\text{mF}]$

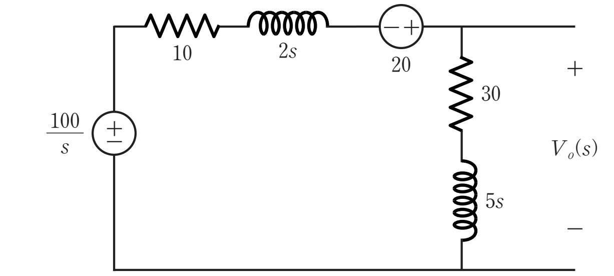
[13.14]

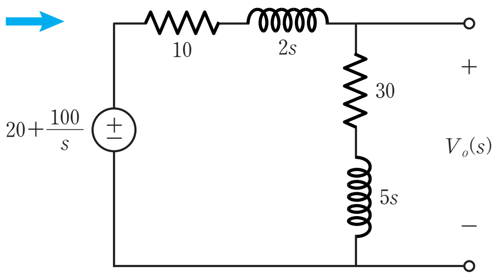
$t < 0$일 때 초깃값을 찾으면,



그러므로 $i_{L_1}(0^-) = i_{L_1}(0^+) = \dfrac{100}{10} = 10[\text{A}]$, $i_{L_2}(0^-) = i_{L_2}(0^+) = 0[\text{A}]$

$t > 0$일 때의 $s-$ 영역 회로는





그러므로 $V_o(s) = (20 + \dfrac{100}{s}) = \dfrac{30+5s}{40+7s}$

$$= \frac{20(30+5s)}{40+7s} + \frac{100(30+5s)}{S(40+7s)}$$

$$= \frac{100}{7} + \frac{200/49}{(s+\frac{40}{7})} + \frac{\frac{100}{7}(30+5s)}{s(s+\frac{40}{7})}$$

$$= \frac{100}{7} + \frac{200/49}{(s+\frac{40}{7})} + \frac{A}{s} + \frac{B}{(s+\frac{40}{7})}$$

$$A = \left.\frac{\frac{100}{7}(30+5S)}{(S+\frac{40}{7})}\right|_{S=0} = \frac{3000}{40} = 75$$

$$B = \left.\frac{\frac{100}{7}(30+5S)}{S}\right|_{S=-\frac{40}{7}} = -\frac{25}{7}$$

$$\therefore v_o(t) = \frac{100}{7}\delta(t) + \frac{200}{49}e^{-\frac{40}{7}t} + 75 - \frac{25}{7}e^{-\frac{40}{7}t}$$

$$= \frac{100}{7}\delta(t) + 75 - \frac{425}{49}e^{-\frac{40}{7}t}$$

[13.15] ③

$$f(t) = \sin t + 2\cos t \overset{\mathcal{L}}{\longleftrightarrow} \frac{1}{s^2+1} + \frac{2s}{s^2+1} = \frac{2s+1}{s^2+1}$$

[13.16] ①

$$F(s) = \frac{2}{(s+1)(s+3)} = \frac{1}{s+1} - \frac{1}{s+3} \overset{\mathcal{L}}{\longleftrightarrow} e^{-t} - e^{-3t}$$

[13.17] ②

$$f(t) = \sin t + 2\cos t \overset{\mathcal{L}}{\longleftrightarrow} \frac{1}{s^2+1} + \frac{2s}{s^2+1} = \frac{2s+1}{s^2+1}$$

[13.18] ①

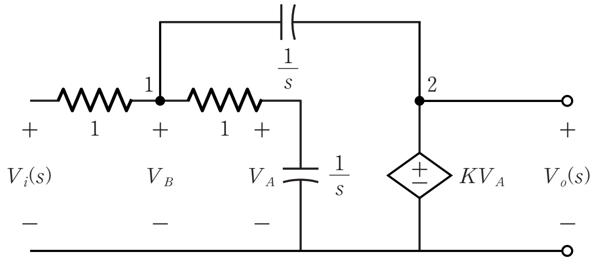
$$V(s) = \frac{2s^2+4s+14}{s^3+3s^2+s+3} = \frac{2s^2+4s+14}{(s+3)(s^2+1)} = \frac{2}{s+3} - \frac{4}{s^2+1} \overset{\mathcal{L}}{\longleftrightarrow} 2e^{-3t} + 4\sin t$$

[13.19] ③

$$\frac{V_o(s)}{V_s(s)} = \frac{(R // \frac{1}{Cs})}{L_S + (R // \frac{1}{Cs})} = \frac{\frac{R}{RCS+1}}{L_S + \frac{R}{RCS+1}}$$

$$= \frac{1/LC}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}}$$

[13.20] 라플라스 변환회로를 그리면



(1) 노드 1에서, $\dfrac{V_i - V_B}{1} = \dfrac{V_B}{1+\frac{1}{s}} + \dfrac{V_B - V_o}{\frac{1}{s}}$

노드 2에서, $KV_A = V_o$

또한, 전압분배기 원리에 의해, $V_A = \dfrac{\dfrac{1}{s}}{1 + \dfrac{1}{s}} V_B$

위의 수식을 정리하면,

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{K}{s^2 + (3 - K)s + 1}$$

(2) 특성방정식 $s^2 + (3 - K)s + 1 = 0$으로부터

$$s_{1,2} = \frac{-(3 - K) \pm \sqrt{(3 - K)^2 - 4}}{2}$$

따라서 $K < 3$일 때 회로는 안정될 수 있음.

(3) 실근일 때 과도감쇠가 되므로 $K < 1$때 과도 감쇠

허근일 때 부족감쇠가 되므로 $1 < K < 3$때 부족 감쇠

(4) $V_i = \sqrt{10}\angle 0°$

$\dfrac{V_o}{V_i}$에 $K = 2$, $s = j$를 대입하면,

$$V_o = V_i \cdot \frac{2}{j^2 + j + 1} = \sqrt{10}\angle 0° \times 2\angle -90° = 2\sqrt{10}\angle -90°$$

$\therefore v_o(t) = 2\sqrt{10}\cos(t - 90°)$

[13.21] ①

$$F(s) = \frac{s + 2}{s^2 + 4s + 13} = \frac{(s + 2)}{(s + 2)^2 + 3^2} \xleftrightarrow{\mathcal{L}^{-1}} e^{-2t}\cos 3t$$

[13.22] ③

직류의 경우 $Z(s) \to Z(o) = 20\,[\Omega]$

따라서 단자전압 $V = 10 \times 20 = 200\,[\mathrm{V}]$

[13.23] ②

$$\frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{\dfrac{1}{SC}}{SL + R + \dfrac{1}{SC}} = \frac{1}{S^2LC + sRC + 1}$$

[13.24] ④

$$f(t) = tu(t) - 2tu(t - 1) + tu(t - 2) \xleftrightarrow{\mathcal{L}} \frac{1}{s^2} + 2\frac{1}{s^2}e^{-s} + \frac{1}{s^2}e^{-2s} = \frac{1}{s^2}(1 - 2e^{-s} + e^{-2s})$$

[13.25] ①

$\dfrac{1}{2}\Omega$에 흐르는 전류를 i_2, $1\,\Omega$에 흐르는 전류를 i_3로 하면, $(\dfrac{2}{s} + s + 2)V_2(s) = I_2(s)$

$I_3(s) = 1 \cdot V_2(s)(1 - A)$

이때 $I_1 = I_2 + I_3 = [(\dfrac{2}{s} + S + 2) + (1 - A)]V_2(s)$

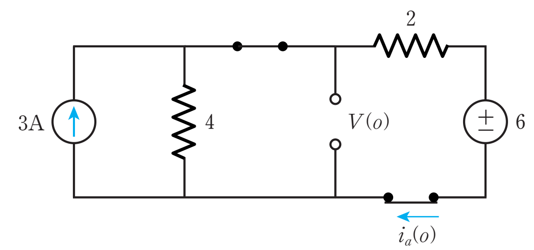
그러므로, $\dfrac{V_2}{I_1} = \dfrac{1}{(\dfrac{2}{S} + s + 2) + (1 - A)} = \dfrac{s}{s^2 + (3 - A)s + 2}$

따라서 $-\dfrac{3 - A}{2} = \sigma < 0$이 되어야 한다.

그러므로 $A < 3$이어야 한다.

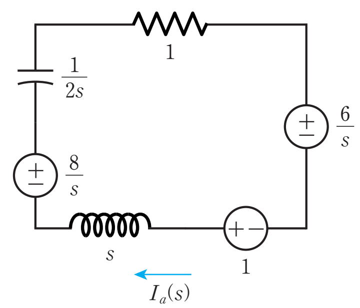
[13.26] ②

$t < 0$일 때



중첩의 원리에 의해 $V(0) = 4 + 4 = 8\,[\mathrm{V}]$, $i_a(0) = 2 - 1 = 1\,[\mathrm{A}]$

$t > 0$일 때



$$I_a = \frac{1 + \dfrac{8}{s} - \dfrac{6}{s}}{s + \dfrac{1}{2s} + 1} = \frac{2s + 4}{2s^2 + 2s + 1}$$

Chapter_14

[14.1]

(1) 2–포트 변수방정식을 세우면 $V_1 = (Z_1 + Z_3)I_1 + Z_3I_2$, $V_2 = Z_3I_1 + (Z_2 + Z_3)I_2$를 얻을 수 있으므로

임피던스행렬 Z_Y는 $\begin{bmatrix} Z_1 + Z_3 & Z_3 \\ Z_3 & Z_2 + Z_3 \end{bmatrix}$이다.

$$\therefore Y = Z_Y^{-1} = \frac{1}{(Z_1+Z_3)(Z_2+Z_3)-Z_3^2}\begin{bmatrix} Z_2+Z_3 & -Z_3 \\ -Z_3 & Z_1+Z_3 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1}\begin{bmatrix} Z_2+Z_3 & -Z_3 \\ -Z_3 & Z_1+Z_3 \end{bmatrix}$$

위 결과로부터 어드미턴스 변수를 구하면 다음과 같다.

$$y_{11} = \frac{Z_2+Z_3}{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1},\ y_{12} = \frac{-Z_3}{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1}$$

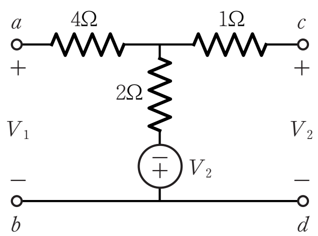
$$y_{21} = \frac{-Z_3}{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1},\ y_{22} = \frac{Z_1+Z_3}{Z_1Z_2+Z_2Z_3+Z_3Z_1}$$

(2) Δ 결선 회로망 방정식을 세우면 $I_1 = \frac{V_1}{Z_a} + \frac{V_1-V_2}{Z_b} = (\frac{1}{Z_a}+\frac{1}{Z_b})V_1 - \frac{1}{Z_b}V_2$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_c} + \frac{V_2-V_1}{Z_b} = -\frac{1}{Z_b}V_1 + (\frac{1}{Z_b}+\frac{1}{Z_c})V_2$$

따라서 어드미턴스 행렬 $Y_\Delta = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{Z_a}+\frac{1}{Z_b} & -\frac{1}{Z_b} \\ -\frac{1}{Z_b} & \frac{1}{Z_b}+\frac{1}{Z_c} \end{bmatrix}$이다.

[14.2]



(1) 좌측 회로와 우측 회로에서

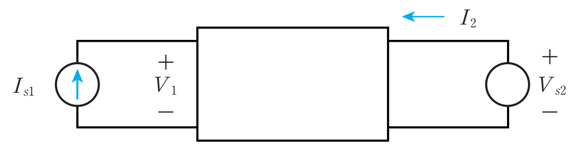
$v_1 = 4i_1 + 2(i_1+i_2) - v_2$

$v_2 = i_2 + 2(i_1+i_2) - v_2$

정리하면 $\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 & \frac{1}{2} \\ 1 & \frac{3}{2} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$

(2) Y-파라미터를 구하면 $\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{3}{14} & -\frac{1}{14} \\ -\frac{1}{7} & \frac{5}{7} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$

[14.3]



	I_{s1}[A]	V_1[V]	I_2[A]	V_{s2}[V]
실험 1	5	20	−1	0
실험 2	0	**8**	2	40
실험 3	−3	**−10**	**11/10**	10
실험 4	**25/4**	50	5	**125**

1. 2–포트 변수

(1) 요건 – 2–포트 변수가 성립하기 위해서는 다음 조건이 충족되어야 한다.

i) 회로내부에 축적된 에너지 = 0일 것

ii) 독립전원의 크기 = 0일 것

iii) 각 포트에서 유 출입되는 전류의 크기가 같을 것

2. 가역정리 (Reciprocal)

(1) 의의 – 가역정리란 회로망의 A포트에 독립전압원을 삽입하는 경우의 B포트에 흐르는 전류는, B포트에 동일한 전류원을 삽입하는 경우의 A포트에 흐르는 전류와 같다는 정리를 말한다.

$z_{12} = z_{21},\ y_{12} = y_{21},\ \ h_{12} = -h_{21},\ \Delta a = 1$

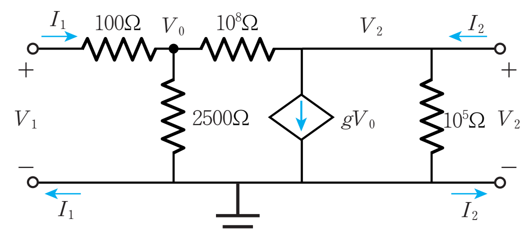
실험 1, 실험 2에서 Y-파라미터를 구하면

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & -\frac{1}{20} \\ -\frac{1}{20} & \frac{3}{50} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

실험 3, 실험 4에서 전류, 전압의 값을 구하면 위의 표와 같다.

[14.4]

(1) 문제에서 주어진 V_1을 V_0라고 하자.



$$I_1 = \frac{V_0}{2500} + \frac{V_0 - V_2}{10^8}$$

$$I_2 + \frac{V_0 - V_2}{10^8} = gV_0 + \frac{V_2}{10^5}$$

$$I_1 = \frac{V_1 - V_0}{100}, \quad g = \frac{4}{100}$$

위의 식을 정리하면

$$V_1 = 2599.94 I_1 + 0.000025 V_2 \cong 2.6 \times 10^3 I_1 + 2.5 \times 10^{-5} V_2$$

$$I_2 = 99.9975 I_1 + 0.000011 V_2 \cong 100 I_1 + 1.1 \times 10^{-5} V_2$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ V_2 \end{pmatrix}$$

$$\therefore H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 2.6 \times 10^3 & 2.5 \times 10^{-5} \\ 100 & 1.1 \times 10^{-5} \end{pmatrix}$$

(2) $V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2 \cong \underset{\text{(임피던스 차원)}}{2.6 \times 10^3 I_1} + \underset{\text{(종속전압원)}}{2.5 \times 10^{-5} V_2} \quad \to \text{KVL}$

$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2 \cong \underset{\text{(종속전류원)}}{100 I_1} + \underset{\text{(어드미턴스 차원)}}{1.1 \times 10^{-5} V_2} \quad \to \text{KCL}$

(1.1×10^{-5}[℧]를 저항으로 나타내면 약 9.08×10^4[Ω])

[14.5] ④

$C = \frac{I_1}{V_2}$(이때 $I_2 = 0$)이므로 $C = j\omega C$

[14.6] ④

$D = \frac{I_1}{I_2}$(이때 $V_2 = 0$)이므로 $\frac{i_1 - i_2}{j\omega C} = i_2(j\omega L)$, $(1 - \omega^2 LC) i_2 = i_1$

$D = 1 - \omega^2 LC$

[14.7] ①

$$A = \left.\frac{V_2}{V_1}\right|_{I_2 = 0} = 4, \quad C = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2 = 0} = 1$$

$$B = \left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{V_2 = 0} = 1, \quad D = \left.\frac{I_1}{I_2}\right|_{V_2 = 0} = \frac{I_1}{I_1 \cdot \frac{1}{1 + s}} = s + 1$$

[14.8] ④

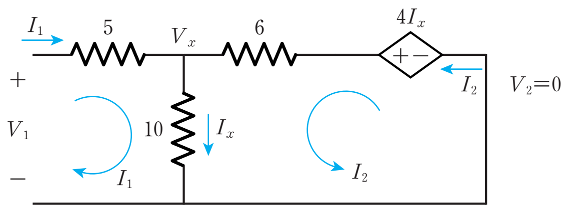
$$A = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2 = 0} = \frac{2 + \frac{1}{j\omega}}{\frac{1}{j\omega}} = 1 + 2j\omega$$

[14.9] ④

$C = \left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2 = 0}$ 일 때 $V_2 = I_1 \cdot \frac{1}{j\omega C}$이므로 $C = \frac{I_1}{V_2} = \frac{I_1}{I_1 \cdot \frac{1}{j\omega C}} = j\omega C$

[14.10] ③

$$h_{21} = \left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V_2 = 0}$$



2번째 메시로부터 KVL을 적용하면

$$4I_x = 6I_2 + 10I_x \Rightarrow 0 = 6I_2 + 6I_x$$
$$= 6I_2 + 6(I_1 + I_2)$$

그러므로 $0 = 6I_1 + 12I_2$이고 정리하면 $\left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V_2 = 0} = -\frac{6}{12} = -0.5$

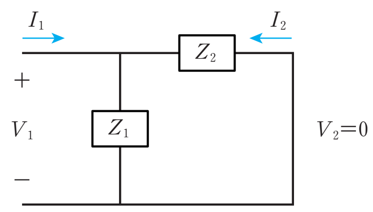
[14.11] ①

$$Z_{11} = \left.\frac{V_1(s)}{I_1(s)}\right|_{I_2 = 0} = 2 - j4, \quad Z_{12}(s) = \left.\frac{V_1(s)}{I_2(s)}\right|_{I_1 = 0} = -j4$$

$$Z_{21} = \left.\frac{V_2(s)}{I_1(s)}\right|_{I_2 = 0} = -j4, \quad Z_{22} = \left.\frac{V_1(s)}{I_2(s)}\right|_{I_1 = 0} = j2 - j4 = -j2$$

[14.12] ②

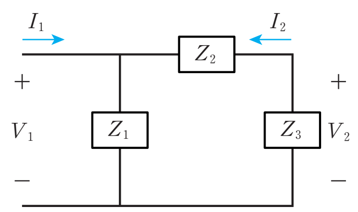
$$D = \left.\frac{I_1}{-I_2}\right|_{V_2 = 0}$$



$$\frac{I_1}{-I_2} = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1} = 1 + \frac{Z_2}{Z_1}$$

[14.13] ③

다음의 4단자 회로망에서



$$A=\left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0}=1+\frac{Z_2}{Z_3},\quad B=\left.\frac{V_1}{-I_2}\right|_{V_2=0}=Z_2$$

$$C=\left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2=0}=\frac{Z_1+Z_2+Z_3}{Z_1Z_3},\quad D=\left.\frac{I_1}{I_2}\right|_{V_2=0}=1+\frac{Z_2}{Z_1}$$ 가 되고

주어진 값으로부터 $B=Z_2=j2\ \therefore Z_2=j2$

$$A=1+\frac{Z_2}{Z_3}=8\ \therefore Z_3=j\frac{2}{7}$$

$$D=1+\frac{Z_2}{Z_1}=3+j2\ \therefore Z_1=\frac{1}{2}+j\frac{1}{2}$$

따라서 $C=\dfrac{Z_1+Z_2+Z_3}{Z_1Z_3}=8-j11.5$

[14.14] ①

$$A=\left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0}=10,\quad C=\left.\frac{I_1}{V_2}\right|_{I_2=0}=0$$

$$B=\left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{V_2=0}=1,\quad D=\left.\frac{I_1}{I_2}\right|_{V_2=0}=\frac{1}{10}$$

[14.15] ④

$$Z_{11}=\left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{I_2=0}=R+\frac{1-K}{sC}$$

$$(\because V_2(s)=\frac{1}{sC}(1-K)I_1(s),\ I_1(s)=\frac{V_1(s)-V_2(s)}{R}$$

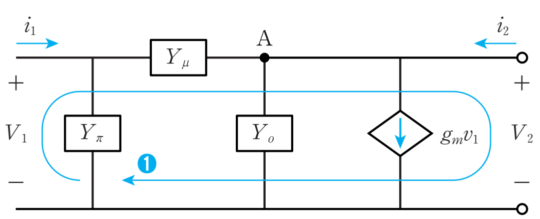
$$I_1(s)=\frac{1}{R}\left(V_1(s)+\frac{(1-K)}{sC}I_1(s)\right)$$

$$\Rightarrow I_1(s)\times\left[1-\frac{(1-K)}{RCs}\right]=\frac{1}{R}V_1(s)$$

$$\Rightarrow\frac{V_1(s)}{I_1(s)}=R\left[1-\frac{(1-K)}{RCs}\right]=R-\frac{1-K}{sC}$$

$$Z_{21}=\left.\frac{V_2}{I_1}\right|_{I_2=0}=\frac{1-K}{sC},\quad Z_{12}=\left.\frac{V_1}{I_2}\right|_{I_1=0}=\frac{1}{sC},\quad Z_{22}=\left.\frac{V_2}{I_2}\right|_{I_1=0}=\frac{1}{sC}\ (\because KI_1(s)=0)$$

[14.16]



❶번 페루프에서, KVL 적용하면

$v_1=v_{Y\mu}+v_2$

여기에서 $v_{Y\mu}=(g_m v_1+Y_o v_2-i_2)\dfrac{1}{Y_\mu}$

그러므로 대입하여 정리하면

$i_2=(g_m-Y_\mu)v_1+(Y_o-Y_\mu)v_2\cdots\cdots\cdots(*)$

$$\therefore y_{21}=\left.\frac{i_2}{v_1}\right|_{v_2=0}=g_m-Y_\mu,\quad y_{12}=\left.\frac{i_1}{v_2}\right|_{v_1=0}=Y_o+Y_\mu$$

노드 A에서 KCL 적용하면

$i_2-g_m v_1-Y_o v_2-Y_\pi v_1=-i_1$

(*)의 관계를 대입하고 정리하면

$i_1=(Y_\pi+Y_\mu)v_1-Y_\mu v_2$

$$\therefore y_{11}=\left.\frac{i_1}{v_1}\right|_{v_2=0}=Y_\pi+Y_\mu,\quad y_{12}=\left.\frac{i_1}{v_2}\right|_{v_1=0}=-Y_\mu$$

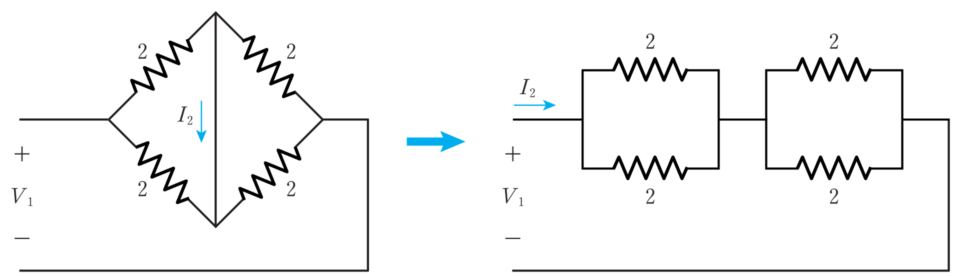
따라서 최종 결과는

$$\begin{bmatrix} i_1\\ i_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12}\\ y_{21} & y_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1\\ v_2\end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Y_\pi+Y_\mu & -Y_\mu\\ g_m-Y_\mu & Y_o+Y_\mu\end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1\\ v_2\end{bmatrix}$$

[14.17] ④

$$\frac{Z_{01}}{Z_{02}}=\frac{V_1/I_1}{V_2/I_2}=\frac{I_2}{I_1}\times\frac{V_1}{V_2}=\frac{1}{D}\times A$$

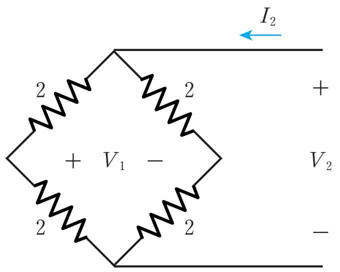
[14.18] ④



($V_2=0$ 회로)

$$h_{11}=\left.\frac{V_1}{I_1}\right|_{V_2=0}=1+1=2[\Omega]$$

$$h_{21}=\left.\frac{I_2}{I_1}\right|_{V_2=0}=0$$ ($\because$ 전압 차이가 없음)



($I_1 = 0$ 회로)

$$h_{12} = \left.\frac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0} = \frac{0}{V_2} = 0$$

$$h_{22} = \left.\frac{I_2}{V_2}\right|_{I_1=0} = \frac{1}{(2+2)\,/\!/\,(2+2)} = 0.5$$