기출문제 해답과 풀이
(기초회로이론 개정2판)

최종 수정 : 2019. 2

저자 최윤식

제 2 장

2.1 ③ $P=\dfrac{V^2}{R}=1000[W]$, 정격전압 80%를 가하면, $P=\dfrac{(0.8V)^2}{R}=0.64\times 1000=640[W]$

2.2 ① $V=J/C$

2.3 ③ $I=\dfrac{V}{R}$, 그러므로 R을 0.8R로 바꾸면, $\dfrac{V}{0.8R}=1.25I$

2.4 ③ 전선을 4배로 늘이면 저항은 4배 증가, 저항값을 유지하려면 단면적이 4배 늘어야 하므로, 반지름은 2배로 늘어야 한다.

2.5 ② 각 전구의 저항은 $R_1=\dfrac{220^2}{100}$, $R_2=\dfrac{220^2}{200}$ 이 되고 직렬로 연결하여 220V를 연결하면, 저항이 큰 것이 저 밝게 되므로, 100W 전구가 더 밝다.

2.6 ② 길이에 비례하고, 단면적에 반비례 하므로, $n\times n=n^2$ 배가 된다.

2.7 ③

2.8 ① $180000\div 180=1[KW]$

2.9 ②

2.10 ① $10=(5+R_{전열기})(1)$, 그러므로 $R_{전열기}=5\Omega$, 가변저항이 15Ω일 때 전체전류 $i=10/(5+15)=0.5$, 따라서, 전열기 발생 전력 $p=i^2R_{전열기}=(0.5)^2(5)=1.25[W]$, 4초간 소비한 에너지는 1.25(4)= 5 [J]

2.11 ④ $i^2R=60$, i=20이므로 R=0.15[V]이다. 따라서 $i^2R=30^2\times 0.15=135$[W]

2.12 ③ $(1.5)(3)(180)$=810[J]

2.13 ② i^2R=90K 그러므로 $i^2\times 300=90\times 10^3$ $i\simeq$ 17.3[A]

2.14 ② $1\times 60=60[C]$

2.15 ② $R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{100}{5}=20\Omega$. 120V에 가하면 $i=\dfrac{120}{20}=6[A]$

2.16 ③

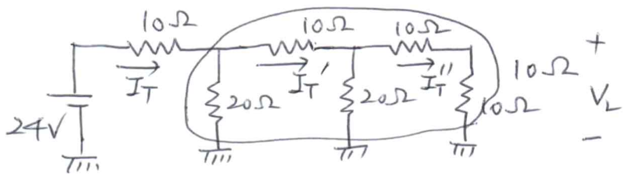
2.17 ③ $i=\dfrac{V}{R}$ 로부터, $1.2i=\dfrac{V}{0.83R}$

2.18 ②

제 3 장

3.1 ① $R_{ab} = 2r + \frac{rr_x}{r+r_x}$ 또한, 무한대 합으로 보면, $R_{ab} \approx r_x$ 이므로, 임의로 $r=1$ 로 대입하여 정리하면, $R_{ab}^2 - 2R_{ab} - 2 = 0$ 이 되므로 양수값 근인 $R_{ab} = 1 + \sqrt{3}$

3.2 ①



회로를 정리하면, 24V 전원에 직렬로 연결된 10Ω과 또 다른 10Ω의 회로로 정리할 수 있고, 따라서, 전체저항은 20Ω에 24V 전원이 직렬연결된 회로가 된다. 즉, 전체 전류 $I_T = \frac{24}{20} = 1.2[A]$ 이고, 전류분배 법칙에 따라, $I_T' = 1.2 \times \frac{20}{20+20} = 0.6$,

$I_T'' = 0.6 \times \frac{20}{20+20} = 0.3[A]$, 그러므로, 10Ω에의 전압은 $V = IR = 0.3 \times 10 = 3.0[V]$

3.3 ② 전류 $I = \frac{V}{R}$ 이므로, 저항값에 반비례함.

3.4 ② c-d 간 저항은 2r//2r//r= r/2, a-b간 저항은 2r//2r=r 그러므로 2배

3.5 ② 스위치를 열었을 때, 전체 전압은 $10 \times (3//6+4) = 60[V]$, 스위치를 닫으면, 저항은 $(3//6+4//12) = 5\Omega$ 이 되고, 전압은 같은 60[V]가 걸리므로, 전류는 $I = \frac{V}{R} = \frac{60}{5} = 12[A]$가 된다.

3.6 ③ 전압분배법칙에 따라 $V_1 = \frac{R_1}{R_1+R_2}V = \frac{8}{8+4} \times 12 = 8[V]$

3.7 ② 전체저항 $R_T = 3 + \frac{2R}{2+R}$, 전체전류 $I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{106}{3+\frac{2R}{2+R}}$, R에 흐르는 전류

$I_R = I_T \times \frac{2}{2+R} = \frac{106}{3+\frac{2R}{2+R}} \times \frac{2}{2+R} = \frac{212}{5R+6} = 2$, 그러므로, $R = 20\Omega$

3.8 ① $(R_1+R_2)//R_3 = \frac{R_3(R_1+R_2)}{R_1+R_2+R_3}$

3.9 ③ 전체저항은 $2r//r = \frac{2r^2}{2r+r} = \frac{2}{3}r$, $R = \frac{V}{I} = \frac{30}{3} = 10 = \frac{2}{3}r$, 그러므로 r=15Ω

3.10 ④ 브릿지 2r 저항에는 양쪽 단자의 전압이 같으므로 전류가 흐르지 않아, 전체저항은 $(2r+2r)//(2r+2r) = 2r$

3.11 ④ 소비전력은 $W = \frac{V^2}{R}$이므로, 일정 전압 하에서, 소비전력이 제일 큰 것은 전체저항의 값이 가장 작은 것임.

3.12 ④ R에 흐르는 전류는 $30 \times \frac{3}{(R+6//6)+3} = \frac{90}{R+6}[A]$, 따라서, 전력

$p = vi = 30 \times \frac{90}{R+6} = \frac{v^2}{R} = \frac{900}{R}$, 그러므로, $R = 3[\Omega]$, 따라서, R에 의하여 발생되는 전력은 $\frac{900}{3} = 300[W]$

3.13 ① 전체전류가 3배가 되었다면, 전체저항은 1/3이 되었다는 뜻이므로, $(8//R_x) + 3 = \frac{1}{3} \times (8+3)$, 즉, $\frac{8R_x}{8+R_x} + 3 = \frac{11}{3}$, 그러므로, $R_x = \frac{8}{11} \approx 0.73$

3.14 ③ 1+2//2+3//3//3=3Ω

3.15 ②

3.16 ② 10Ω을 병렬로 연결하면 최소가 됨. 10//10//10//10//10 = 2Ω

제 4 장

4.1 ④ 중첩의 원리에 따라, 전압전원에 의한, $i_x{}' = \dfrac{10 - i_x{}'}{2+1}$, 따라서 $i_x{}' = 2[A]$, 또한,

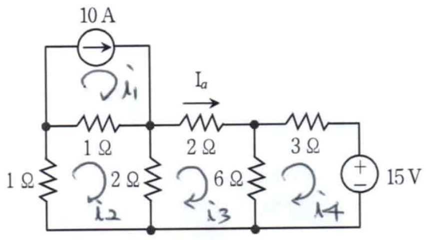
전류전원에 의한, $i_x{}'' + 3 = \dfrac{v - 2i_x{}''}{1}$, 또한 $i_x{}'' = -\dfrac{v}{2}$, 따라서, $i_x{}'' = -0.6[A]$ 그러므로,

$i_x = i_x{}' + i_x{}'' = 1.4[A]$

4.2 ① 전류분배법칙에 따라, $i = i_s \times \dfrac{5}{5+2}$, 또한 마지막 2Ω에 흐르는 전류는

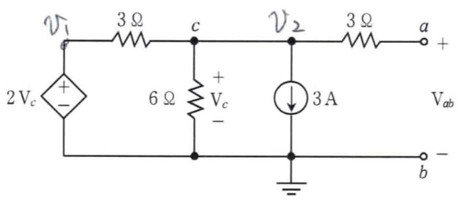
$i_{2\Omega} = i_s \times \dfrac{2}{2+5}$, 전압은 V 이므로, $i_{2\Omega} = \dfrac{V}{2} = (i \times \dfrac{7}{5})\dfrac{2}{7}$, 그러므로 $V = i\dfrac{4}{5} = 0.8i$

4.3 ③



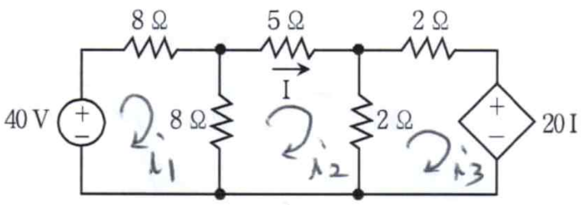
4개의 메시에서, $i_1 = 10$, $1i_2 + 1(i_2 - i_1) + 2(i_2 - i_3) = 0$, $2(i_3 - i_2) + 2i_3 + 6(i_3 - i_4) = 0$,
$6(i_4 - i_3) + 3i_4 + 15 = 0$, 그러므로 $i_2 = 2$, $i_3 = -1$, 여기에서, $i_3 = I_a = -1[A]$

4.4 ①



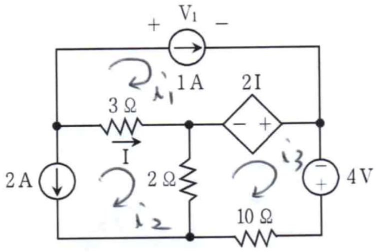
$v_1 = 2V_C$, $v_2 = V_C$, 노드 2에서 $\dfrac{2V_C - V_C}{3} = \dfrac{V_C}{6} + 3$, 그러므로 $V_C = 18[V]$

4.5 ②



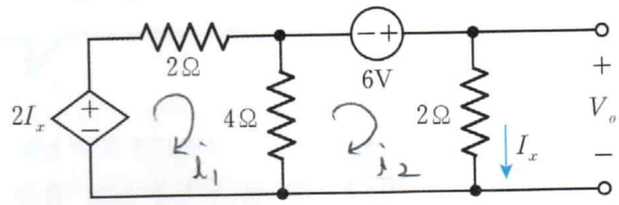
3개의 메시로부터, $40 = 8i_1 + 8(i_1 - i_2)$, $8(i_2 - i_1) + 5i_2 + 2(i_2 - i_3) = 0$,
$2(i_3 - i_2) + 2i_3 + 10I = 0$, $I = i_2$ 그러므로, 연립방정식으로부터 $i_2 = 1$, 5Ω으로부터
발생하는 전력은 $i_2^2 R = 1^2 \times 5 = 5[W]$

4.6 ④



3개의 메시로부터, $i_1 = 1, i_2 = -2$, $2(i_3 - i_2) + 10i_3 = 4 + 2I$, 그러므로 $I = i_2 - i_1 = -3$, $i_3 = -0.5$, 그러므로, $V_1 = V_{3\Omega} - 2I$ = 3(-3)-2(-3)= -3[V]

4.7 ③



2개의 메시로부터, $2I_x = 2i_1 + 4(i_1 - i_2)$, $4(i_2 - i_1) + 2i_2 = 6$, 또한 $I_x = i_2$, 그러므로, $i_1 = i_2 = 3$, 따라서, $V_o = 2 \times 3 = 6[V]$

4.8 ②

$V_o = V_{o1} + V_{o2} + V_{o3} = -50 + 20 - 15 = -45[V]$

4.9 (기존 4.2)

문제에서 KCL에 의해 $I_x = I_1 + I_2$

$V = RI^2$의 관계식으로부터 $I = \sqrt{\frac{V}{R}}$ 이 되므로 1Ω과 4Ω의 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 $\frac{1}{\sqrt{R_P}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} = 1 + \frac{1}{2}$

따라서 $R_P = \frac{4}{9}[\Omega]$

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

마찬가지로 $V = RI^2$로부터

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

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

제 5 장

5.1 ① $R_L = R$ 일 때, 최대전력이 전달되므로, R_L에서의 최대전력

$$W = \frac{V_{ab}^2}{R_L} = \frac{(V/2)^2}{R} = \frac{V^2}{4R}$$

5.2 ① $(2//3) + 0.8 = \frac{6}{5} + 0.8 = 2[\Omega]$, 그러므로, 컨덕턴스 값은 1/2= 0.5[℧]

5.3 ③ $V = V_{ab} = V_{3\Omega} = 15 \times \frac{3}{2+3} = 9[V]$, 저항 $R = (2//3) + 0.8 = 2[\Omega]$

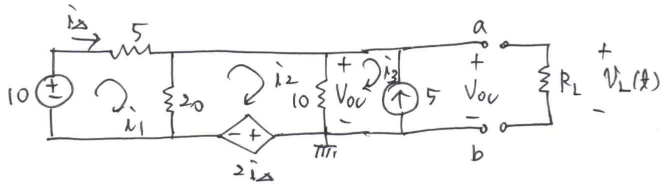
5.4 ① $Z = 20//40//40 = 10[\Omega]$. ab 단자를 단락시키고 $I = I_{ab} = \frac{100}{20} = 5[A]$

5.5 ① 0.2Ω에 걸리는 전압은 전압분배법칙에 의하여, $10(\frac{6}{4+6} - \frac{4}{4+6}) = 2[V]$ 그러므로

테브난 전압은 2[V], 테브난 저항은 $(4//6) + (4//6) = 4.8[\Omega]$, 그러므로 부하 0.2Ω에

흐르는 전류는 $I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R} = \frac{2}{4.8 + 0.2} = 0.4$[A]

5.6



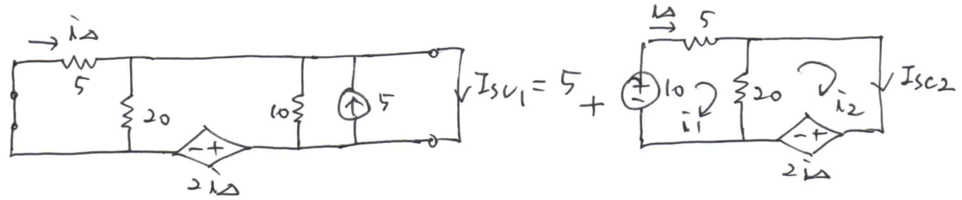
(a) 3개의 메시로부터 3개의 독립방정식을 구하면, $10 = 5i_1 + 20(i_1 - i_2)$,

$20(i_2 - i_1) + 10(i_2 - i_3) + 2i_\Delta$, $i_3 = -5$, 또한 종속변수 $i_\Delta = i_1$, 회로로부터,

$V_{OC} = 10(i_2 - i_3) = 10(i_2 + 5)$, 따라서, 이들 수식으로부터,

$$V_{OC} = 10(-\frac{107}{39} + 5) = \frac{880}{39} = 22.56[V]$$

(b) 회로에 종속전원이 있으므로 $R_{th} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}}$,



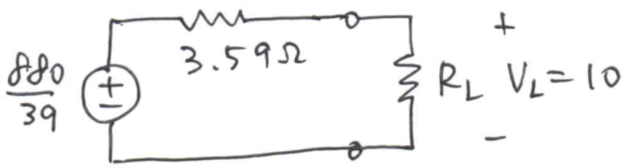
I_{SC}를 중첩의 원리에 의하여 구하면, 5A 전류전원에 의하여서는 모든 전류가 단락회로로 흐르므로 $I_{SC1} = 5$, 10V 전압전원에 의하여서는 $i_2 = I_{SC2}$ 이고, KCL 수식

$10 = 5i_1 + 20(i_1 - i_2)$, $20(i_2 - i_1) + 2i_\Delta = 0$ 또한, $i_\Delta = i_1$, 그러므로, $25i_1 - 20i_2 = 10$,

$-18i_1 + 20i_2 = 0$ 이 되고, 따라서, $i_2 = I_{SC2} = \frac{9}{7}$, 최종적으로

$$I_{SC} = I_{SC1} + I_{SC2} = 5 + \frac{9}{7} = \frac{44}{7}[A], \text{ 그러므로, } R_{th} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}} = \frac{880/39}{44/7} = \frac{140}{39} = 3.59[\Omega]$$

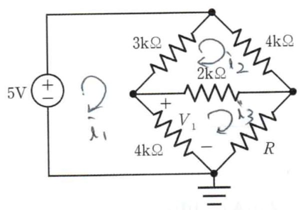
(c)



등가회로로부터, $V_L = 10$이 되려면, 전압분배법칙에 의하여, $\frac{880}{39} \times \frac{R_L}{\frac{140}{39} + R_L} = 10$,

그러므로 $R_L = 2.86[\Omega]$

5.7 ②



3개의 메시로부터, $V_1 = 2$, $i_1 - i_3 = \frac{2}{4K} = 0.5m$ 을 대입하여, 수식을 만들면,

$5 = 3(i_1 - i_2) + 2$, $3(i_2 - i_1) + 4i_2 + 2(i_2 - i_3) = 0$, $2(i_3 - i_2) + Ri_3 = 2$, 그러므로,

$i_1 = 2,\ i_2 = 1,\ i_3 = 1.5$, 따라서, 이를 만족하는 $R = \frac{2}{3}[\Omega]$

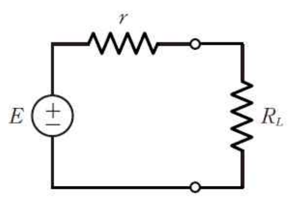
5.8 ② 각 각의 전압전원과 저항의 직렬회로를 전류전원과 병렬인 저항회로로 바꾸면,

각 전류전원은 $\frac{5}{30}, \frac{10}{10}, \frac{5}{30}$ 이 되고, 따라서 a-b 간의 전체전류전원은 이들의 합인

$\frac{1}{6} + 1 + \frac{1}{6} = \frac{4}{3}[A]$가 되고, 전체저항은 30//10//30=6[Ω]이 된다. 따라서, 전체 회로에

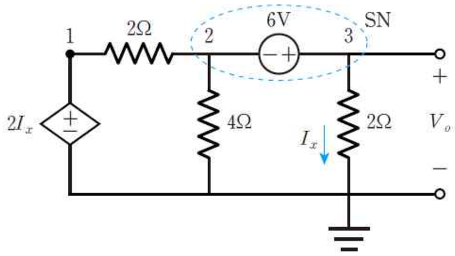
걸리는 전압은 $V = IR = \frac{4}{3} \times 6 = 8[V]$

5.9 ① (기존5.9)



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

5.10 ③ (기존5.10)



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

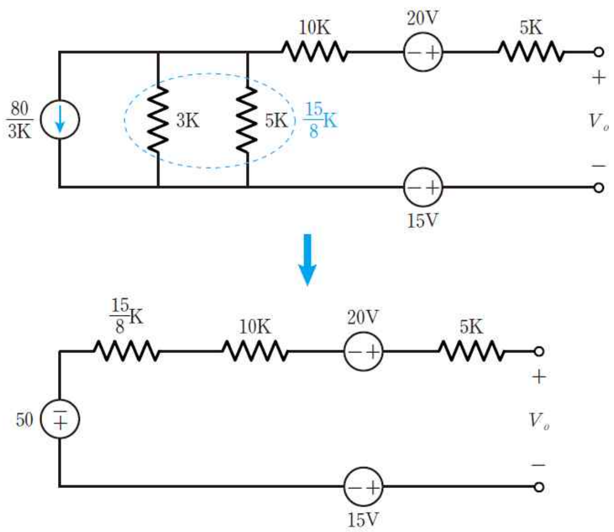
Super Node(SN)에서 $v_3 = v_2 = 6$[V]

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

위의 수식을 결합하여 풀면, $v_1 = v_3 = V_o = 6$[V]

5.11 ② (기존5.11)

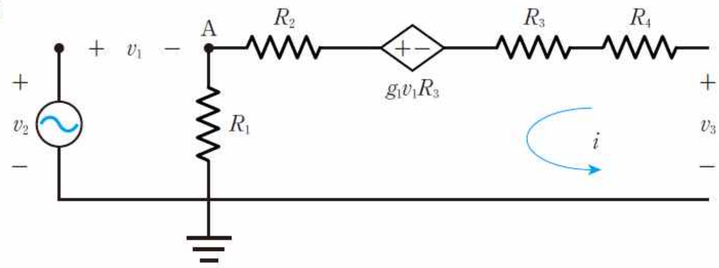
전원변환공식에 의해 회로를 변환하면,



$\therefore V_o = 20 - 50 - 15 = -45$[V]

5.12 (기존5.6)

(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 $v_s = (1 - g_1R_3)v_i = (1 - g_1R_3)(-\frac{v_3}{g_1R_3})$

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

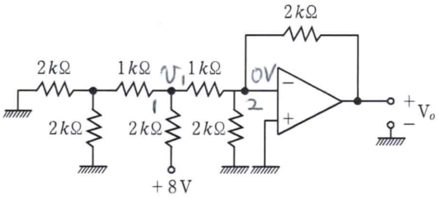
(2) $R_{th} = \frac{v_3}{i}$이고 $i = \frac{v_A}{R_1} = \frac{v_s - v_1}{R_1}$, 또한 $v_1 = -\frac{v_3}{g_1R_3}$이므로

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

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

제 6 장

6.1 ③



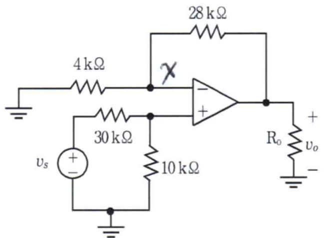
노드 1에서, $\frac{v_1}{2K}+\frac{v_1-8}{2K}+\frac{v_1}{1K}=0$, 노드 2에서 $\frac{v_1}{1K}=\frac{-V_o}{2K}$, 그러므로

$v_1=2[V]$, $V_o=-4[V]$

6.2 ④

중첩의 원리에 의하여, $V_o=-\frac{R}{12}\times 2+\frac{R}{24}=-6$, 그러므로, R= 48KΩ

6.3 ④



입력노드 x에서, 전압분배법칙에 의하여, $v_x=v_s\times\frac{1}{(1+3)}$, 또한 비반전증폭기 공식에

의하여 $v_o=(1+\frac{28}{4})\times\frac{1}{4}v_s=2v_s$

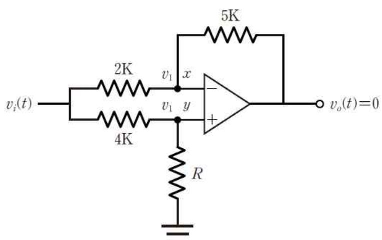
6.4 ②

전류전원을 전원변환 공식에 의하여 0.6V 전압전원과 400Ω 저항의 직렬회로로 바꾸어

전압배분법칙을 적용하면, + 입력 전압은 $0.6\times\frac{200}{(400+200)}=0.2[V]$, 중첩의 원리에

의하여, $v_o=-2\times\frac{400}{100}+0.2(1+\frac{400}{100})=-7.0$

6.5 ④ (기존6.5)

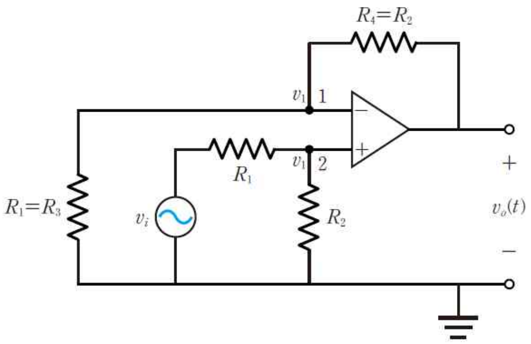


노드 x에서 KCL에 의해 $\frac{v_1-v_i}{2K}+\frac{v_1-0}{5K}=0 \Rightarrow v_i=\frac{7}{5}v_1$

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

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

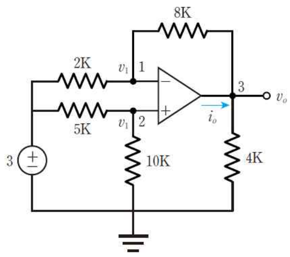
6.6 ① (기존6.6)



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 (기존6.7)



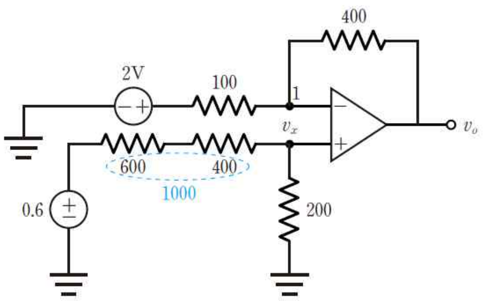
노드 1에서 KCL에 의해 $\frac{3-v_1}{2K}+\frac{v_o-v_1}{8K}=0$, 노드 2에서 KCL에 의해 $\frac{3-v_1}{5K}+\frac{-v_1}{10K}=0$

두 식에 의해 $v_1=2[V]$, $v_o=-2[V]$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, $i=1[mA]$

6.8 ① (기존6.8)

전원변환정리에 의해 회로를 바꾸면



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

$\therefore v_o=-7.5[V]$

6.9 (기존6.1)

(1) $v_1 = v_{in}$······①

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

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

$R_3 = k_2 R_2$······④ $\quad$ $R_F = k_1 R_1$······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.

제 7 장

7.1 ③ $i=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}\frac{dv_1}{dt}=C_2\frac{dv_2}{dt}$, 즉, 양변을 적분하고 정리하면, $\frac{v_2}{v_1}=\frac{C_1}{C_1+C_2}$

7.2 ② 저장 에너지 $w=\frac{1}{2}Cv^2=\frac{1}{2}(0.05)60^2=9[J]$

7.3 ④ 전하량 $Q=Cv=30\mu//40\mu\times100=70\times10^{-4}$

7.4 ③ 전하량 $Q=Cv$ 에너지 $w=(\text{이동한}Q)v=24v=144$, 그러므로 v=6[V]

7.5 ④ C_1에 걸리는 전압은 200V 이므로, 전하량 $Q=Cv=10\mu\times200=2000\times10^{-6}$

7.6 ④ 병렬연결 값=$10\mu+10\mu=20\mu$, 직렬연결 값 = $\frac{10\mu 10\mu}{10\mu+10\mu}=5\mu$, 그러므로 4배

7.7 ④ $Q=Cv$ 이므로, 병렬로 연결하면 $Q_2=C_2v$ 가 되고 통합 커패시터는 C_1+C_2 이므로 통합 $Q=(C_1+C_2)v$ 가 된다. 결국 Q_2는 마치 전압배분과 같이 전기량을 나누게 되므로 $\frac{C_2}{C_1+C_2}Q_1$ 만큼 분배 받는다.

7.8 ② $v=L\frac{di}{dt}=0.05(\frac{2}{0.05})=2[V]$

7.9 해답없음. 일반적으로 직렬의 경우, 각각의 내전압의 합이 전체 내전압이 되고, 병렬의 경우는, 작은 값이 내전압이 되므로, 이 경우는 50+80=130[V]가 되어야 한다.

7.10 ② $Q=CV$이므로 $C=\frac{Q}{V}=\frac{5\times10^{-3}}{1000}=5[\mu F]$

7.11 ③ 에너지 $w=\frac{1}{2}Li^2=\frac{1}{2}\times0.1\times5^2=1.25[J]$

7.12 ③ 용량 C의 커패시터를 5개 병렬 연결하면 $C_{p[}=5C$이고, 5개 직렬로 연결하면 $C_s=\frac{C}{5}$이다. 그러므로, $C_p=25C_s$ 이다.

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

7.14 (기존7.1)

$v(0)=0$, $C=100\mu\text{F}$

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

$$=\frac{1}{100\mu\text{F}}\left(\frac{1}{2}\times20\text{ms}\times2\text{mA}+\frac{1}{2}\times10\text{ms}\times(-1)\text{mA}+\frac{1}{2}\times10\text{ms}\times2\text{mA}\right)$$

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

7.15 (기존7.2)

(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 $V_C = V_3 = V_1$

∵ 전류가 흐르지 않으므로 전하량 불변 $i = \dfrac{dq}{dt}$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(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

제 8 장

8.1 ① 시정수 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{0.5}{2} = 0.25$, R-L 직렬회로에서

$i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-\frac{R}{L}t}) = \frac{30}{2}(1 - e^{-\frac{2}{0.5}0.1}) \approx 4.95$

8.2 ② s를 열었을 때 회로의 전압방정식은 $L\frac{di}{dt} + (R+\tau)i = 0$, $\frac{di}{dt} = -\frac{R+\tau}{L}i$, 그러므로

$i(t) = Ke^{-\frac{R+\tau}{L}t}$, 여기서 K 값을 구하기 위하여 초깃값을 대입하면, t=0 일 때 회로전류는

$I = \frac{E}{\tau}$ 이므로, $i(t) = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{R+\tau}{L}t}$

8.3 ① 전체저항 $R = R_1 + R_2$, 시정수 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{L}{R_1 + R_2}$

8.4 ① 노드방정식 $2\frac{d}{dt}(V_i - 0) = \frac{(0 - V_o)}{6}$ 에서, $V_o = -12\frac{dV_i}{dt}$

8.5 ② 노드방정식 $C\frac{d}{dt}(V_i - V_o) = \frac{V_o}{R}$, 그러므로 $V_i = Const$ 이면, $\frac{dV_o}{dt} + \frac{V_o}{RC} = 0$

그러므로, $V_o = Ke^{-\frac{t}{RC}}$, 즉, 처음에는 입력값이고, 점차적으로 지수적으로 0으로 감소

8.6 ③ R-L 직렬회로에서의 DC 전원에 대한 완전응답은 $i(t) = \frac{v_s}{R} + (i(t_0^+) - \frac{v_s}{R})e^{-\frac{R}{L}(t - t_0)}$

8.7 ③ 정상상태에서의 인덕터는 단락회로이므로, $i = \frac{V}{R} = \frac{70}{(10+10)} = 3.5$

8.8 ② 시정수 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{10m}{20} = 5 \times 10^{-4}$

8.9 ① t < 0 때, 정상상태에서 인덕터는 단락회로이므로 $i(0^+) = \frac{30}{15} = 2[A]$, $t \geq 0$ 일 때,

$R = 10//15 = 6[\Omega]$, 시정수 $\tau = \frac{L}{R} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$, 그러므로 $i(t) = \frac{30}{6} + (2-5)e^{-3t} = 5 - 3e^{-3t}$

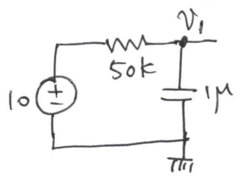
8.10 ② $t < 0$ 때, 정상상태에서 인덕터는 단락회로이므로 초기값 $i(0^+) = \frac{10}{10} = 1[A]$, $t \geq 0$

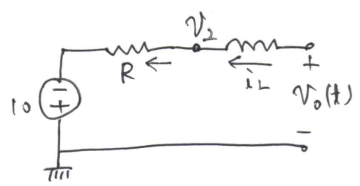
에서, 메시방정식은 $2\frac{di}{dt} + 8i + 0.75v_1 = 0$, 여기에서 $v_1 = -2\frac{di}{dt}$, 그러므로,

$0.5\frac{di}{dt} + 8i = 0$, 이 식으로부터 $i(t) = -1e^{-16t}$, 따라서, $v_1 = -2(16)e^{-16t} = -32e^{-16t}$

8.11

먼저 $t < 0$ 에서, $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 0$, $v_C(0^-) = v_C(0^+) = 0$





(a) 노드방정식 $\frac{10-v_1}{50K}=1\frac{dv_1}{dt}\times 10^{-6}$ 과 $i_L=\frac{v_2+10}{R}$, 또한 $v_o-v_2=10\frac{di_L}{dt}$, $v_2=v_1$

로부터 수식을 v_1 에 대하여 정리하면, $\frac{dv_1}{dt}+20v_1=200$, 따라서, 이 미분방정식의 해는 $v_1=A_1+A_{2e}^{-20t}$, 정상상태 응답으로부터 $A_1=10$, 초기값 $v_1(0^+)=v_C(0^+)=0$ 을 대입하면, $A_2=-10$, 그러므로 완전응답 $v_1(t)=10-10e^{-20t}$. 그러므로

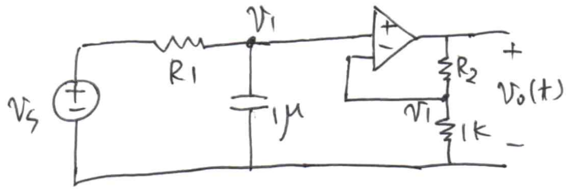
$i_L=\frac{v_1-(-10)}{R}=\frac{10-10e^{-20t}+10}{R}=\frac{20}{R}-\frac{10}{R}e^{-20t}=\alpha(t)$ 이 되고,

$v_o-10+10e^{-20t}=10\frac{di_L}{dt}=10(\frac{20}{R}\delta(t)+\frac{200}{R}e^{-20t})$ 로부터,

$v_o=\frac{200}{R}\delta(t)+10+(\frac{2000}{R}-10)e^{-20t}$ 가 되어, $\beta(t)=\frac{200}{R}$, $f(t)=10+(\frac{2000}{R}-10)e^{-20t}$ 가 된다.

(b) 따라서 $v_o=10[V]$가 유지되려면, $(\frac{2000}{R}-10)=0$ 을 만족시켜야 하므로, $R=200[\Omega]$

8.12



$\frac{v_s-v_1}{R_1}=1\mu\frac{dv_1}{dt}$, 따라서 정리하면, $\frac{dv_1}{dt}+\frac{10^6}{R_1}v_1=\frac{10^6}{R_1}v_s$, 이 때, $v_s=\begin{cases}3, & \text{for } t<0\\ 2, & \text{for } t\geqq 0\end{cases}$

따라서, $v_1(0^+)=3[V]$, $t\geqq 0$ 때, 전압분배법칙에 따라 $v_1(t)=v_o\frac{1K}{R_2+1K}$, 그러므로

$v_o=v_1(\frac{R_2}{1K}+1)$, 또한 $t\geqq 0$ 때, $\frac{dv_1}{dt}+\frac{10^6}{R_1}v_1=\frac{10^6}{R_1}\times 2$ 로부터 $v_1=2+A_1e^{-\frac{10^6}{R_1}t}$,

초깃값 $v_1(0^+)=3$을 대입하면, $A_1=1$, 따라서 $v_1(t)=2+e^{-\frac{10^6}{R_1}t}$,

$v_o=v_1(\frac{R_2}{1K}+1)=2(\frac{R_2}{1K}+1)+(\frac{R_2}{1K}+1)e^{-\frac{10^6}{R_1}t}=10+5e^{-50t}$, 그러므로

$50=\frac{10^6}{R_1}$으로부터, $R_1=\frac{1000K}{50}=20K[\Omega]$, $\frac{R_2}{1K}+1=5$ 로부터 $R_2=4K[\Omega]$

8.13 ② 왼쪽 4V와 10K 저항의 직렬회로를 $\frac{4}{10K}$의 전류전원과 병렬의 10K 저항회로로 바꾸고 이 10K 저항과 가운데 10K 저항의 병렬로부터 5K 저항을 얻고 이 저항과 새로운 전류전원의 병렬회로를 다시 전압전원과 5K 저항의 직렬회로로 바꾸면 최종적으로 2μF 커패시터와 5K 저항의 직렬연결회로이므로, 시정수 $\tau=RC=5K\times 2\mu=10[msec]$

8.14 ④

$t \geq 0$ 때, 왼쪽 10V 전원과 직렬인 2Ω 저항을 전류전원 5A 와 2Ω 저항의 병렬회로로 바꾸고, 이 2Ω과 2Ω 저항의 병렬연결으로 부터 1Ω 저항을 얻고, 이 저항과 병렬의 5A 전류전원을 다시 5V의 전압전원과 1Ω 저항의 직렬저항회로로 바꾸어 4Ω 저항과의 직렬로부터 최종 저항값 $R=5[\Omega]$을 얻으면, 이 회로의 시정수

$\tau = RC = 5 \times 0.4 \times 10^{-6} = 2\mu$

그러므로, $v_C = v_s + (v_C(0^+) - v_s)e^{-\frac{1}{RC}t} = 5 + (2-5)e^{-0.5t}$

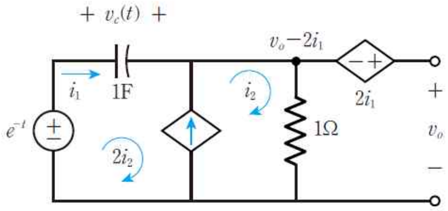
8.15 ① (기존8.19)

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

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

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

8.16 ④ (기존8.20)



슈퍼메시에서

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

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

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

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

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

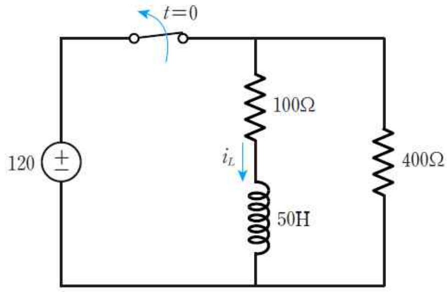
∴ $B = -\frac{1}{2}$와 초깃값 $v_c(0) = 0$

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

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

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

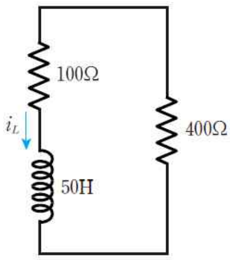
8.17 (기존8.15)



(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, $\therefore i_L(t) = 1.2e^{-10t}$

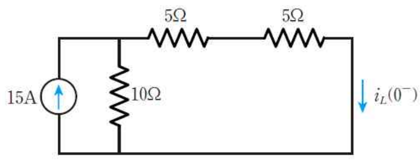
따라서 $i_L(100\,\mathrm{ms}) = 1.2e^{-10(0.1)} = 1.2e^{-1} \cong 0.441\,[\mathrm{A}]$

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

8.18 (기존8.1)

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

$t = 0^-$일 때 회로

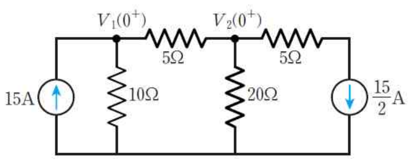


(직류정상상태에서 인덕터는 단락)

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

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

① **$t = 0^+$일 때 회로**



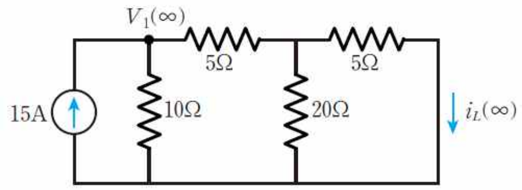
인덕터의 전류연속성에 의해 $i_L(0^-) = i_L(0^+) = 15/2$[A]

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

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

정리하면 $V_1(0^+) = \frac{450}{7}$[V]

② $t = \infty$일 때 회로



($t = \infty$에서 직류정상상태가 되므로 인덕터는 단락)

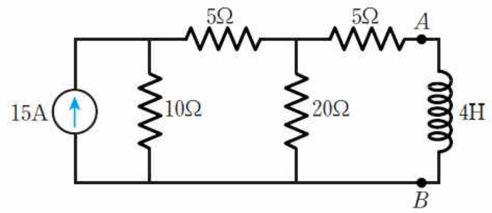
$$15 = \frac{V_1(\infty)}{10} + \frac{V_1(\infty) - 5i_L(\infty)}{5}$$

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

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

③ 시정수 τ 구하기

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



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

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

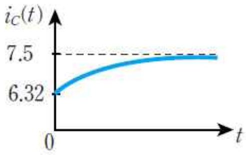
④ $i_c(t)$, $u(t)$ 구하기

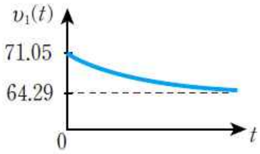
$$i_c(t) = \frac{120}{19} + \left(\frac{15}{2} - \frac{120}{19}\right)e^{-\frac{95}{28}t}$$

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

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

$$
\begin{aligned}
V_1(t) &= \frac{1350}{19} + \left(\frac{450}{7} - \frac{1350}{19}\right)e^{-\frac{95}{28}t} \\
&= \frac{1350}{19} - \frac{900}{133}e^{-\frac{95}{28}t}\,[\mathrm{V}]\ (t>0) \\
&\fallingdotseq 71.05 - 6.77e^{-3.39t}\,[\mathrm{V}]\ (t>0)
\end{aligned}
$$





제 9 장

9.1 ④ [10장을 배운 후에 풀어도 좋다.] 회로에서 전체 임피던스는 $R+jwL\ //\ \frac{1}{jwC}$

이므로, 전체 임피던스는 병렬값 $\dfrac{(R+jwL)(\frac{1}{jwC})}{R+jwL+\frac{1}{jwC}}$ 이 되고, 공진주파수는 최대전력이

전달되는 점, 즉, 임피던스의 허수값이 0이 되는 주파수 $f=\frac{w}{2\pi}$ 이므로, 수식을

정리하면, $w=\sqrt{\frac{1}{LC}-(\frac{R}{L})^2}$, 즉 $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC}-(\frac{R}{L})^2}$ 이 된다.

9.2 ② 이 경우는, RLC 회로의 근이 모두 실근의 경우이므로, 과제동이 된다.

9.3 ③ [14장을 배운 후에 풀어도 좋다.] $I(s)=\frac{2}{s+1}+\frac{3}{s+2}$, 입력전압이 임펄스함수이므로,

I(s)는 곧, 어드미턴스 값이고 따라서 $Y_1=\frac{2}{s+1}, Y_2=\frac{3}{s+2}$의 병렬회로, 여기에서

$Z_1=\frac{1}{Y_1}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}s$, $Z_2=\frac{1}{Y_2}=\frac{2}{3}+\frac{1}{3}s$ 이므로, Z_1은 1/2[Ω] 저항과 1/2[H] 인덕터의

직렬회로, Z_2는 2/3[Ω] 저항과 1/3[H] 인덕터의 직렬회로.

9.4 ③ [10장을 배운 후에 풀어도 좋다.] 제n고조파의 임피던스는 $Z_n=R+jnwL-j\frac{1}{nwC}$

이고, 공진주파수는 허수부분이 0이 되는 주파수이므로, 대입하면 $f_n=\frac{1}{2\pi n\sqrt{LC}}$

9.5 ② 초기값 $i_L(0^-)=i_L(0^+)=i_2(0^+)=0$, $v_C(0^-)=v_C(0^+)=0$, 따라서,

$i_1(0^+)=\frac{v_{R_1}(0^+)}{R_1}=\frac{V+0}{R_1}$

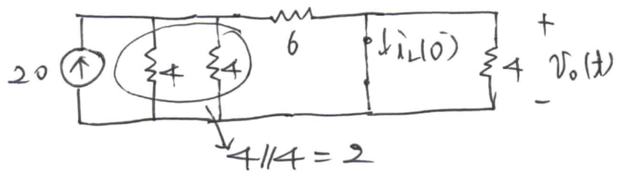
9.6 ③ 특성방정식 $s^2+2s+1=0$ 에서 $s=1$ 중근, 그러므로 등차해는 $A_1te^{-t}+A_2e^{-t}$
특수해는 상수값 B 이고, 이를 원래 미분방정식에 대입하면, B=1, 따라서, $x(t)=1+$
$A_1te^{-t}+A_2e^{-t}$, 초기값을 대입하여 풀면, $A_1=-1, A_2=-1$

9.7 ② 감쇠진동의 경우, 고유주파수 $w_d=\sqrt{\frac{1}{LC}-(\frac{R}{2L})^2}$는, 공진주파수 $w_0=\sqrt{\frac{1}{LC}}$ 보다

적다.

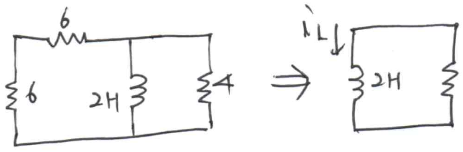
9.8 ④ $s=\zeta w_n \pm \sqrt{\zeta^2 w_n^2-w_n^2}$, 감쇠진동 때에는 복소수 값을 가질 때 이므로, $0<\zeta<1$

9.9 $t<0$ 때,



$i_L(0^-)=i_L(0^+)=20\times\frac{2}{2+6}=5[A]$

(a) $t\geq 0$ 때,

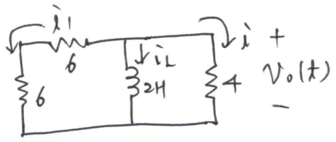


$(6+6)//4 = 3\,[\Omega]$

그러므로, 시정수 $\tau = \dfrac{L}{R} = \dfrac{2}{3}$

(b) $i_L = A_1 e^{-\frac{3}{2}t}$, 초깃값 $i_L(0^+) = 5$을 대입하면, $A_1 = 5$, 그러므로 $i_L(t) = 5e^{-\frac{3}{2}t}$

(c)



회로에서 $i = -i_L \times \dfrac{12}{12+4} = -\dfrac{3}{4} i_L$, 따라서 $v_o(t) = i \times 4 = -3i_L = -15e^{-\frac{3}{2}t}$

9.10 ① 정상상태에서 인덕터는 단락회로, 커패시터는 개방회로가 되므로, $t > 0$ 에서 정상상태에서는 20V 전원과 저항 1Ω 의 직렬회로가 됨. 따라서, 전력은

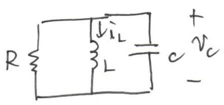
$P = \dfrac{V^2}{R} = 20^2 = 400\,[W]$

9.11 ① [14장을 배운 후에 풀어도 좋다.] 입력 전류와 출력전압의 임펄스 응답은 곧 임피던스가 되고, 전체임피던스는 (8+2s)//(10/s), 그러므로,

$\dfrac{(8+2s)(10/s)}{8+2s+10/s} = 10\dfrac{(s+2)+2}{(s+2)^2+1^2}$, 이를 역변환하면, $v(t) = 10e^{-2t}(\cos t + 2\sin t)$

9.12 [8.11과 동일]

9.13 (a)

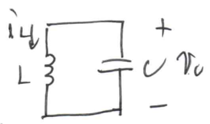


회로로부터 KVL 방정식을 세우면 $\dfrac{v_C}{R} + \dfrac{1}{L}\displaystyle\int_0^t v_c(\tau)d\tau + C\dfrac{dv_C}{dt} = 0$, 정리하면

$\dfrac{d^2 v_C}{dt^2} + \dfrac{1}{RC}\dfrac{dv_C}{dt} + \dfrac{1}{LC}v_C = 0$, 따라서, 특성방정식은 $s^2 + \dfrac{1}{RC}s + \dfrac{1}{LC} = 0$ 이고, 근은

$s = -\dfrac{1}{2RC} \pm \sqrt{(\dfrac{1}{2RC})^2 - \dfrac{1}{LC}}$

(b)



공진 때에는, 공진주파수 $2\pi f_0 = w_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$, $\alpha = \dfrac{1}{2RC}$ 일 때, $w_0^2 = \alpha^2$ 이 되고,

저장에너지 $w_L = \frac{1}{2}Li_L^2 = \frac{1}{2}Cv_C^2 = w_C$ 가 되므로 주어진 정의에 의해

$$Q = 2\pi f_0 \frac{2w_C}{v_o^2/R} = w_0 \frac{Cv_c^2}{v_C^2/R} = \frac{RC}{\sqrt{LC}}$$

(c) under-damped 때, $\frac{1}{\sqrt{LC}} > \frac{1}{2RC}$ 이므로, 정리하면 $Q = \frac{RC}{\sqrt{LC}} > \frac{1}{2}$

(d) 주어진 $R = \frac{25}{2}$, $L = 0.2$, $C = 0.5 \times 10^{-3}$을 대입하면, $w_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 100$, $\alpha = \frac{1}{2RC} = 80$

따라서 $w_d = \sqrt{100^2 - 80^2} = 60$, 그러므로 $v_C(t) = B_1 e^{-80t}\cos 60t + B_2 e^{-80t}\sin 60t$ 가 되고,

초깃값 $v_C(0^+) = B_1 = 10$, $\frac{i_C}{C} = \frac{dv_C}{dt} = \frac{1}{C}(-i_L - \frac{v_C}{R})$ 의 관계로부터, $\frac{dv_C(0^+)}{dt} = -800$,

$\frac{dv_C}{dt} = 10(-80e^{-80t}\cos 60t - 60e^{-80t}\sin 60t) + B_2(-80e^{-80t}\sin 60t + 60e^{-80t}\cos 60t)$ 로부터

초깃값을 대입하면, $\frac{dv_C(0^+)}{dt} = 10(-80) + 60B_2 = -800$, 따라서 $B_2 = 0$, 그러므로

완전응답 $v_C(t) = 10e^{-80t}\cos 60t$, 따라서 $t \to \infty$ 때, 이 값은 0 이 되므로, 초깃값 10[V]는 R에 의하여 모두 소모됨을 알 수 있다.

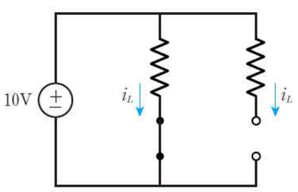
9.14 ① [10장을 배운 후 풀어도 좋다.] 공진주파수는 전체 임피던스 값 중, 허수의 값이 0이 되는 주파수이므로, 전체임피던스 $-j\frac{10}{w}//10//(j2w+2)$ 값 중 허수부분인 $w(6-w^2) - 2w = 0$ 으로부터, $w = 2$

9.15 ① $i_L(0^-) = i_L(0^+) = i_2(0^+) = 0$, 또한, $v_C(0^-) = v_C(0^+) = 0$ 이므로,

$v_{R_1}(0^+) + v_C(0^+) = V$, 그러므로, $i_1(0^+) = \frac{v_{R_1}}{R_1} = \frac{V}{R_1}$, $i_1(0^+) + i_2(0^+) = \frac{V}{R_1}$

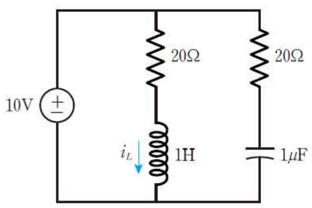
9.16 ③ (기존9.18)

정상상태에서 아래 회로와 같으므로



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

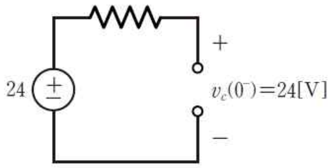
$t = 0^+$일 때

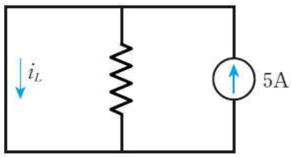


$i_L(0^+) + i_c(0^+) = \frac{10}{20 // 20} = \frac{10}{10} = 1$[A]이므로 $i_L(0^+) + i_c(0^+) + i_L(\infty) + i_c(\infty) = 1.5$[A]

9.17 (기존9.12)

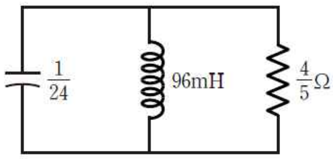
(1) $t < 0$일 때





$\therefore i_L = 5$[A]

$t > 0$일 때



그러므로 표준 병렬 RLC 회로로부터 $\frac{d^2 i_L}{dt^2} + \frac{1}{30}\frac{di_L}{dt} + \frac{1}{4 \times 10^{-3}} i_L = 0$

$\therefore$ 특정방정식 $s^2 + \frac{1}{30}s + \frac{1}{4 \times 10^{-3}} = 0$로부터 $s = -15 \pm j5$

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

$i_L(0) = 2A_1 e^{-15(0)} \cos 0° = 5$

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

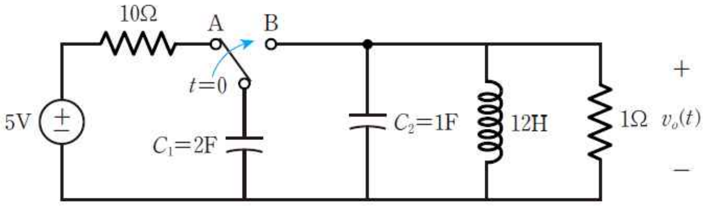
$i_L(t) = 5e^{-15t} \cos 5t$

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

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

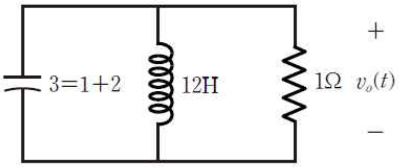
인덕터에 저장될 에너지 $\omega_L = \frac{1}{2} Li^2 = 1.2$[J]

9.18 (기존9.11)



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

$t>0$일 때



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

그러므로 특성방정식은 $36s^2+12s+1=0$

$\therefore s=-\frac{1}{6}$ (중근), $\therefore v_o(t)=A_1e^{-\frac{1}{6}t}+A_2te^{-\frac{1}{6}t}$

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 $\frac{1}{2}C_1v^2=\frac{1}{2}\cdot 2\cdot 5^2=25[\mathrm{J}]$이

$t=0_-$ 이후 ∞까지 저항에 의해 소모된다.

9.19 (기존8.2(유의))

(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 $LC\frac{d^2v(t)}{dt} + RC\frac{dv(t)}{dt} + v(t) = 10$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

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

9.20 (기존9.2)

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

$i_2(t)$ 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

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

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

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

(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,

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

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

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

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

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

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

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

$B = 16$

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

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

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

$i_1(0) = 9A$이므로

$i_1(0) = A_2 = 9$

$\frac{di_1(t)}{dt}|_{t=0} = -16A/s$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 $A_1 - 2 = -16$

$A_1 = -14$

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

9.21 (기존9.7)

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

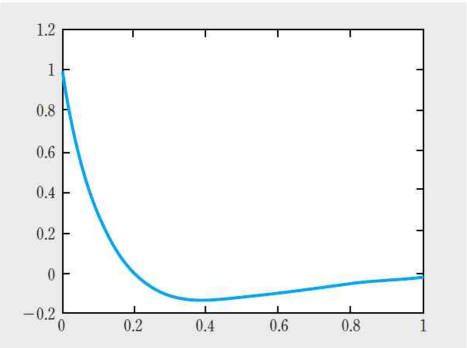
$$H(s) = \frac{s}{(s+5)^2} = \frac{s+5-5}{(s+5)^2} = \frac{1}{s+5} - \frac{5}{(s+5)^2}$$

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 $0 \leq t \leq D$ 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 $t \geq D$ 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

$$\lim_{D\to0} v_s(t) = \lim_{D\to0}\frac{1}{D}[u(t) - u(t-D)] = \lim_{D\to0}\frac{[u(t) - u(t-D)]}{[t-(t-D)]} = \delta(t)$$

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

9.22 (기존9.6)

(1) $t < 0$인 경우

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

$$v_1 - v_2 = 12$$

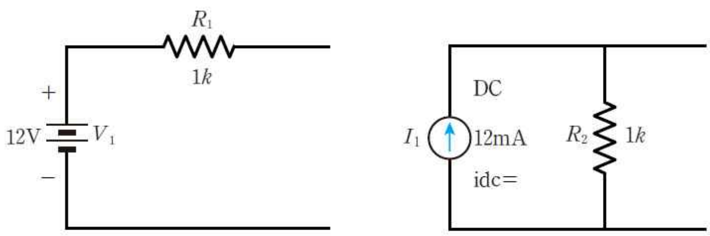
$$I_x = \frac{v_2}{2000},$$

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

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

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

(2) $t > 0$인 경우



$i_N = -12$ mA, $R_N = 1$ kΩ

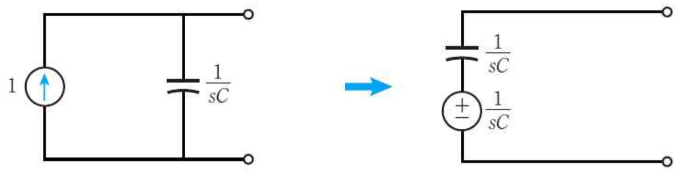
(3) $v_c(0) = -6[\mathrm{V}]$, $v_c(\infty) = -12[\mathrm{V}]$, $\tau = R \times C = 10^{-3}$

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

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

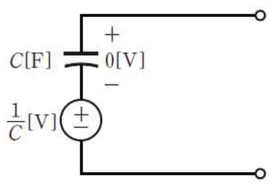
9.23 (기존9.4)

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

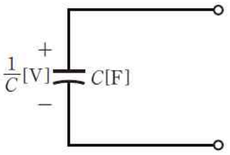


위 그림의 우측 회로를 시간영역으로 변환할 때 두 가지 경우가 가능하다.

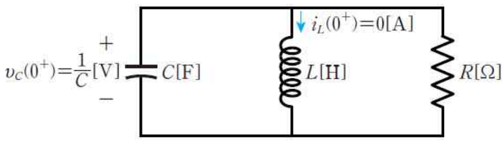
i) 초기조건 $v_C(0^+) = 0[\mathrm{V}]$인 커패시터와 $\dfrac{1}{C}[\mathrm{V}]$인 직류전압원의 직렬연결



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



위 두 경우 어느 것이나 라플라스 변환식은 $V_C = \dfrac{1}{sC}I_C + \dfrac{v_C(0^+)}{s} = \dfrac{1}{sC}I_C + \dfrac{1}{sC}$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

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

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

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

(3) 설문의 회로는 강제전원 없이 커패시터에 저장된 초기에너지로 구동되므로 자연응답만 존재하는 RLC 병렬회로이다. RLC 병렬회로의 특성방정식 $s^2 + \dfrac{1}{RC}s + \dfrac{1}{LC} = 0$을 $s^2 + 2\alpha s + \omega_o^2 = 0$(즉, $\alpha = \dfrac{1}{2RC}$, $\omega_o = \dfrac{1}{\sqrt{L_C}}$)으로 표시하고, 방정식의 특

성근 $s = -\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - \omega_o^2}$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, $\sin\phi = \frac{\alpha}{\omega_o}$)

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

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

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

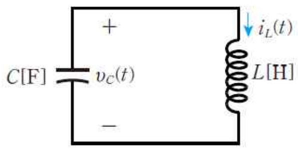
특성근 $s = \pm j\omega_o$ 이므로

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

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

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

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



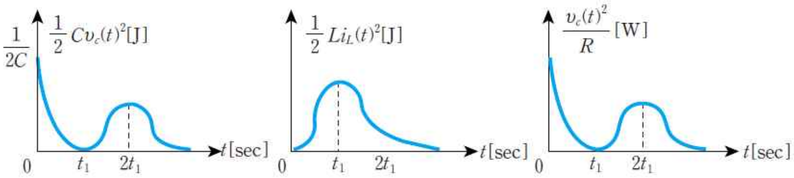
$$v_C(t) = \frac{1}{C}\cos\left(\frac{t}{\sqrt{L_C}}\right) = \frac{1}{C}\cos\omega_o t[\mathrm{V}],\ \ t > 0$$

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

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

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

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

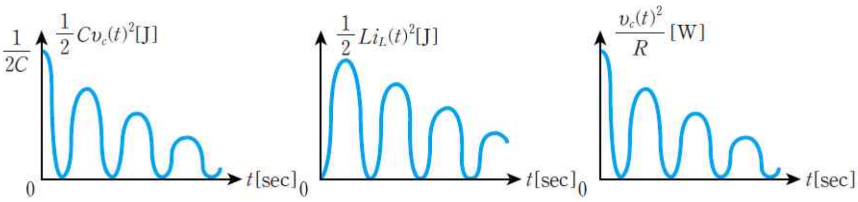
② $t = t_1$: 커패시터의 저장에너지가 0[J]이 됨.

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, $t_1 = \frac{1}{\alpha}$[sec]

(iii) 의 경우 : 함수 $\frac{1}{2}Cv_C^2$, $\frac{1}{2}Li_L^2$, $\frac{v_C^2}{R}$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 $\frac{1}{2C}$[J]로 일정하다.

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

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

제 10 장

10.1 ④ 회로의 전체임피던스 $Z = -j30 + (80//j60) = 28.8 + j8.4$, 임의의 R 과 jX의 병렬 임피던스는 $Z_p = \frac{jRX}{R+jX} = \frac{RX(X+jR)}{R^2 - X^2}$, 이 조건에 부합하는 것은 R= 31.25, X= 107.15

10.2 ③ 코일에 흐르는 전류 $I_L = \frac{V}{j\frac{100}{3}} = -j6$, 따라서, 절대값 $I_L = 6[A]$

10.3 ② 전체 임피던스 $R + jwL$ 의 위상각은 $\theta = \tan^{-1}\frac{\text{허수}}{\text{실수}} = \tan^{-1}\frac{wL}{R}$

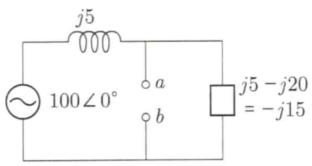
10.4 ② $I_1 = 10\angle\tan^{-1}\frac{4}{3} = 10(\cos(\tan^{-1}\frac{4}{3}) + j\sin(\tan^{-1}\frac{4}{3})) = 10(0.6 + j0.8)$,

$I_2 = 10\angle\tan^{-1}\frac{3}{4} = 10(\cos(\tan^{-1}\frac{3}{4}) + j\sin(\tan^{-1}\frac{3}{4})) = 10(0.8 + j0.6)$, 그러므로,

$I_1 + I_2 = 14 + j14$

10.5 ② $2\pi1000(5\times10^{-3}) = 10\pi = \frac{1}{2\pi1000(C\times10^{-6})}$, 따라서, C=5.07

10.6 ④



등가회로로부터 $V_{ab} = 100\times\frac{-j15}{j5 - j15} = 150[V]$

10.7 ④ $v = 3\cos3t = 3\sin(3t + 90^\circ)$, $i = -2\sin(3t + 10^\circ) = 2\sin(3t - 10^\circ)$, 따라서, 위상차는 100°

10.8 ① $V = 220\sqrt{2}\angle\frac{\pi}{4}$, $I = 5\sqrt{2}\angle\frac{\pi}{3}$, 임피던스

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{220\sqrt{2}\angle\frac{\pi}{4}}{5\sqrt{2}\angle\frac{\pi}{3}} = 44\angle-\frac{\pi}{12} = 44(\cos(-\frac{\pi}{12}) + j\sin(-\frac{\pi}{12})) = 42.5 - j11.4$$

10.9 ② $E_o = E_i \times \frac{R}{jwL + R}$ 이므로 e_o 이 e_i 보다 $\angle\tan^{-1}\frac{wL}{R}$ 만큼 위상이 뒤진다.

10.10 ① 전체어드미턴스의 허수값이 0 일 때, 공진이 일어나므로, 전체 어드미턴스

$Y = \frac{1}{jwL + R}//(jwC) = \frac{R}{R^2 + w^2L^2} - j(\frac{wL}{R^2 + w^2L^2} - wC)$, 따라서, 허수값 0 때

$w^2 = \frac{1}{LC} - (\frac{R}{L})^2$, 이 값을 실수값에 대입하면 $Y = \frac{CR}{L}$

10.11 ③ $R//jwL = \frac{jwRL}{jwL + R} = \frac{R}{1 - j\frac{R}{wL}}$

10.12 ③ 과도현상이 발생하지 않으려면 전압의 위상이 임피던스의 위상과 같아야 하므로

$\theta = \tan^{-1}(\frac{wL}{R}) = \tan^{-1}(\frac{2\pi 60 \times 79.6 \times 10^{-3}}{30}) = \tan^{-1}1 = 45^\circ$

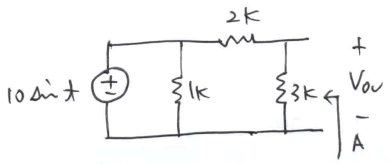
10.13 ① $E = -20e^{j\frac{3}{2}\pi} = -20(\cos\frac{3}{2}\pi + j\sin\frac{3}{2}\pi) = -20(0-j) = j20 = 20\angle\frac{\pi}{2}$

10.14 ② $e^{j120} + e^{j240} = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ + \cos 240^\circ + j\sin 240^\circ = -1 + j0 = -1$

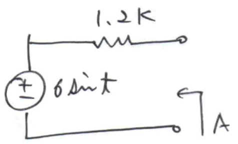
10.15 ② $I = \frac{V}{Z_1 + Z_2} = \frac{200\angle 0^\circ}{20 + j40} = 2\sqrt{5}\angle -63.43^\circ$, 따라서, |I|=4.47[A]

10.16 ① 공진 각주파수는 어드미턴스의 허수부가 0 일 때 발생한다.

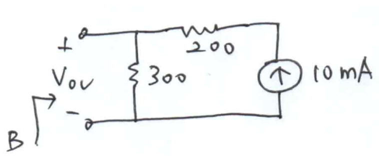
10.17 (a) A에서 왼쪽으로 들여다 본 테브난 등가회로에서



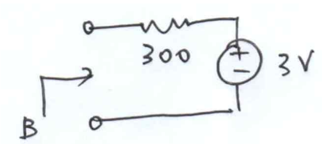
전압분배법칙에 의해 $V_{oc} = 10\sin t \times \frac{3}{2+3} = 6\sin t$, 또한 전압전원을 단락시키고 살펴보면, $R_{th} = 2K//(1K+2K) = 1.2K$. 따라서 테브난 등가회로는



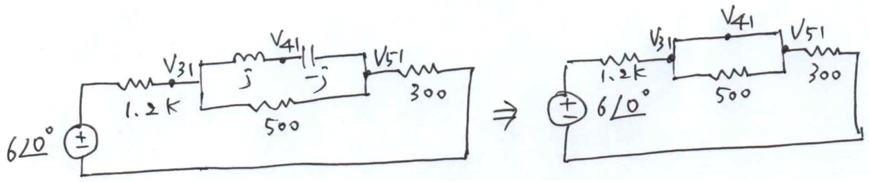
또한, B에 오른쪽으로 들여다 본 테브난 등가회로는



마찬가지로, $V_{oc} = 300 \times 10 \times 10^{-3} = 3[V]$, 전류전원을 개방시키고 살펴보면, $R_{th} = 300$, 따라서 테브난 등가회로는

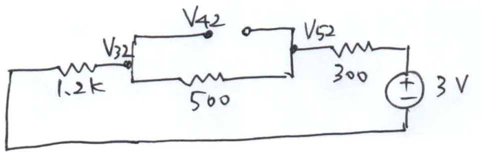


(b) V_3, V_4, V_5의 값을 $6\sin t$의 교류전원과 3V의 직류전원에 의한 회로의 중첩에 의하여 구하면, 먼저 교류전원에 의한 회로로부터



$I = \frac{6\angle 0^\circ}{1.2K + 0.3K} = 4\angle 0^\circ [mA]$, 따라서, $V_{31} = 6\angle 0^\circ - 1.2 \times 4\angle 0^\circ = 1.2\angle 0^\circ$, 즉 $V_{31} = 1.2\sin t$ 이 되고, 회로로부터 $V_{31} = V_{41} = V_{51} = 1.2\sin t$ 가 된다.

또한, 3V 직류전원에 의한 회로로부터



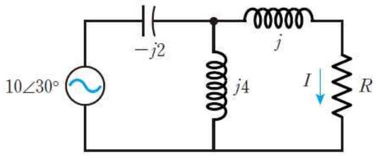
$V_{32} = V_{42} = 3\times\dfrac{1.2K}{1.2K+0.5K+0.3K} = 1.8[V]$, 또한 $V_{52} = 3\times\dfrac{1.7K}{2K} = 2.55[V]$

그러므로, 최종 $V_3 = V_{31} + V_{32} = 1.8 + 1.2\sin t$, $V_4 = V_{41} + V_{42} = 1.8 + 1.2\sin t$,

$V_5 = V_{51} + V_{52} = 2.55 + 1.2\sin t$

10.18 ② (기존 10.14)

페이저회로로 바꾸면,



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

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

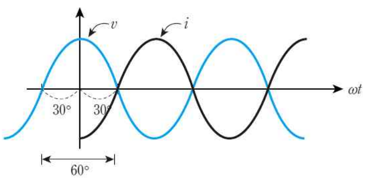
$$= 10\angle 30^\circ \times \frac{-4+j4R}{10-j2R-4+j4R} = 10\angle 30^\circ \times \frac{-4+j4R}{6+j2R}$$

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

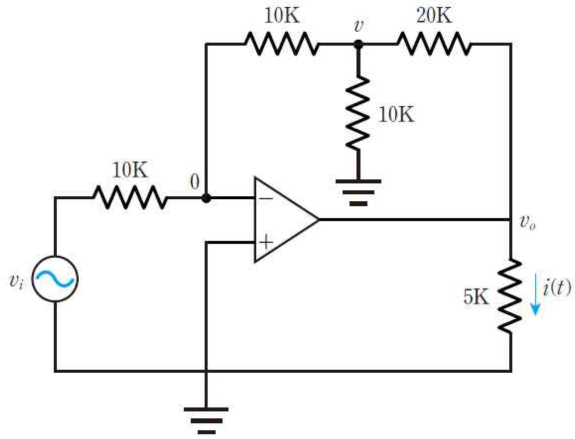
$\therefore |I| = 10\times\dfrac{4\sqrt{1^2+R^2}}{2\sqrt{3^2+R^2}\cdot\sqrt{R^2+1^2}} = 20\dfrac{1}{\sqrt{3^2+R^2}} = 4$

$\therefore R = 4$

10.19 ① (기존 10.15)



10.20 ③ (기존 10.16)



KCL : $\dfrac{v_i}{10\text{K}} - \dfrac{v_1}{10\text{K}}$

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

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

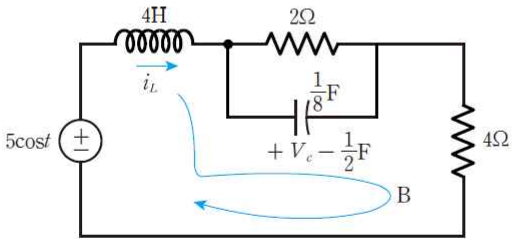
두 식을 합하면, $5v_i = -v_o$

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

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

10.21 (기존10.13)

(1) $t > 0$일 때



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

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

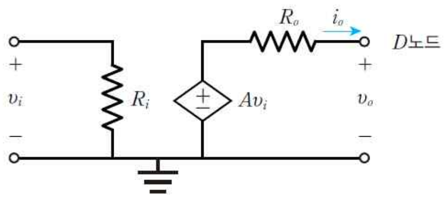
위의 두 식을 결합하여 v_c에 대한 수식을 만들면,

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

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

10.22 (기존10.1)

(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

$Z_{10\mathrm{H}} = j10w$……………………①

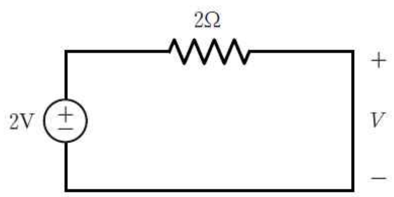
$Z_{eq} = jwR^2 \times 10 \times 10^{-6}$………②

식 ①과 ②는 같으므로

$\therefore R = 1000[\Omega] = 1[\mathrm{k}\Omega]$

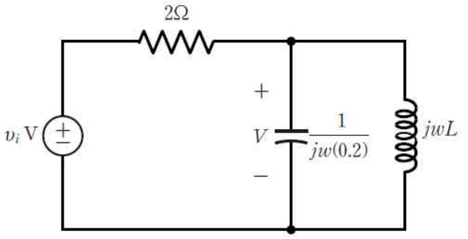
10.23 (기존9.1(유의))

(1) DC 전원의 경우 L: 단락, C: 개방



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

(2) AC 전원의 경우



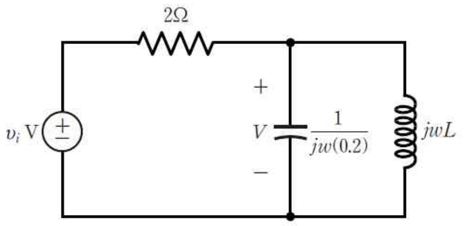
$v_i = 2\cos 5t\mathrm{V},\ w = 5$

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

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

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

(3)



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

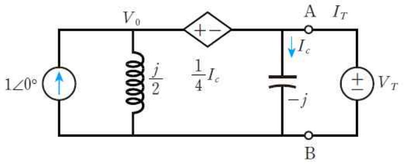
$$i = \frac{V_i}{R} = \frac{2}{2 + \frac{\frac{1}{jw(0.2)}jw(0.2)}{\frac{1}{jw(0.2)} + jw(0.2)}} = \frac{2}{2 + \frac{1}{\frac{1}{jw(0.2)} + jw(0.2)}} = \frac{2}{2 + \frac{jw(0.2)}{1 - 0.04w^2}}$$

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

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

10.24 (기존10.3)

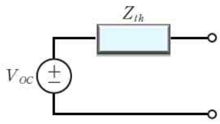
(1) 페이저를 이용하여 회로를 그리면(ω = 2 rad/s) (코사인 기준)



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

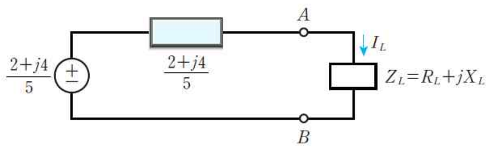
정리하면 $V_T = (\frac{2+j4}{5})I_T + \frac{2+j4}{5}$

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



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

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



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

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

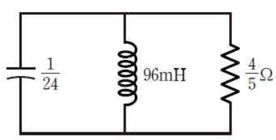
$$P_L = |I_L|^2 \times R_L = \frac{20}{25} \times \frac{R_L}{(R_L + \frac{2}{5})^2 + (X_L + \frac{4}{5})^2}$$

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

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

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

R_L은 저항으로 X_L은 커패시터로 구현 가능하므로,



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

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

제 11 장

11.1 ③ 전로손실 $P=I^2r=P_1-P_2=E_1I\cos\theta_1-E_2I\cos\theta_2$, 따라서

$I^2r=I(E_1\cos\theta_1-E_2\cos\theta_2)$, $I=\dfrac{E_1\cos\theta_1-E_2\cos\theta_2}{r}=\dfrac{6600\times0.9-6100\times0.8}{20}=53[A]$

11.2 ③ 전압분배법칙에 따라, $E_1=3300\times\dfrac{5}{5+7}=1375[V]$

11.3 ④ 전류, 전압이 같은 방향으로 들어가는 경우이므로, $L=L_1+L_2+2M$

11.4 ② $R=\dfrac{V}{I}=\dfrac{240}{5}=48[\Omega]$, $P=VIcos\theta=240\times5\times\cos\theta=720$, 따라서 임피던스 위상

$\theta=\cos^{-1}0.6=53.13^\circ$, 임피던스는 $R+jwL=R+j2\pi60L=48+j2\pi60L$, 위상차는

$\angle Tan^{-1}\dfrac{120\pi L}{48}=53.13^\circ$, 따라서, $L=\dfrac{1}{2\pi}$

11.5 ③ 30:1 이상변압기에서, 1차측 부하는 $\dfrac{6600}{2}=3300[\Omega]$, n 이 30이므로, 2차측 부하는

$\dfrac{3300}{n^2}=3.67[\Omega]$, 따라서 2차측 출력 $P=\dfrac{V^2}{R}=\dfrac{220^2}{3.67}=13.2[kVA]$

11.6 ① 역률개선용 콘덴서 용량

$Q=P(\tan\theta_1-\tan\theta_2)=P(\dfrac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1}-\dfrac{\sin\theta_2}{\cos\theta_2})=3000(\dfrac{\sqrt{1-0.75^2}}{0.75}-\dfrac{\sqrt{1-0.93^2}}{0.93})=1460[kVA]$

11.7 ② $n^2:1=1000:10$

11.8 ② 감극성 전압차이는 $V_3=V_1-V_2$, 가극성 전압차이는 $V_3=V_1+V_2$ 따라서 이 둘 사이의 전압차이는 $2V_2=2\times8=16[V]$

11.9 ① 소비전력 $P=VI\cos(\theta_v-\theta_i)=\dfrac{170}{\sqrt2}\dfrac{8.5}{\sqrt2}cos(\dfrac{\pi}{6}-(-\dfrac{\pi}{6}))=361[W]$

11.10 ② 1차전류 $I_1=\dfrac{I_2}{n}=\dfrac{10}{20}=0.5[A]$, 무손실이므로 전등부하 역률 $\cos\theta=1$, 따라서,

1차입력전력 $P_1=V_1I_1\cos\theta=6000\times0.5=3[kW]$

11.11 ④ 상호 유도전류가 다른 방향이므로, $L=L_1+L_2-2M$, 모든 소자가 직렬연결이므로, 전체 임피던스 $Z_{ab}=R_1+R_2+R_3+jwL+jwL_3$

11.12 ② 전체임피던스 $Z=R+j(wL-\dfrac{1}{wC})=9+j(15-3)=9+j12$, 역률

$\cos\theta=\dfrac{R}{Z}=\dfrac{9}{\sqrt{9^2+12^2}}=0.6$

11.13 ④ 유효전력은 주파수가 같을 때만 발생하므로, $P=VI\cos(\theta_v-\theta_i)$의 수식과

$i=20\sin(wt-30^\circ)+15\sin(3wt+30^\circ)+10\sin(5wt+30^\circ)$ 로부터,

$P=\dfrac{100}{\sqrt2}\times\dfrac{20}{\sqrt2}cos60^\circ-\dfrac{50}{\sqrt2}\times\dfrac{15}{\sqrt2}cos30^\circ+\dfrac{25}{\sqrt2}\times\dfrac{10}{\sqrt2}cos(-30^\circ)=283.5[W]$

11.14 ③ $P=VI\cos\phi$ 이므로 같은 크기의 부하에 의한 저항손실은 $P=VI\times1$ 의 $\dfrac{1}{\cos\phi}$

11.15 ③ $P=VI\cos(\theta_v-\theta_i)$로부터 $P=\dfrac{50}{\sqrt2}\dfrac{4}{\sqrt2}cos(0-(-30)^\circ)=86.6$

11.16 ④ $e = L_1\frac{dI_1}{dt} + M\frac{dI_2}{dt}$, $e = M\frac{dI_1}{dt} + L_2\frac{dI_2}{dt}$, 이 두식을 정리하면,

$(L_1 + L_2 - 2M)e = (L_1L_2 - M^2)\frac{d}{dt}(I_1 + I_2)$, 합성인덕턴스 L 은 $e = L\frac{dI}{dt} = L\frac{d}{dt}(I_1 + I_2)$

이므로, $L = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$

11.17 ④ 무효전력은 $Q = VI\sin(\theta_v - \theta_i)$, $I = 10\sqrt{3} + j10 = \sqrt{300+100}\angle\tan^{-1}\frac{10}{10\sqrt{3}}$,

따라서, $\theta_v - \theta_i = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6}$, $Q = 200\times 20\times\sin\frac{\pi}{6} = 2000[Var]$

11.18 ④ 역률 $\cos\theta = \cos(\theta_v - \theta_i) = \cos(\tan^{-1}\frac{30}{40} - \tan^{-1}\frac{10}{30}) = 0.949$

11.19 ③ 기본파 전류 $I_1 = \frac{V_1}{|Z_1|} = \frac{100}{\sqrt{4^2+3^2}} = 20[A]$, 제3고조파 전류

$I_3 = \frac{V_3}{|Z_3|} = \frac{50}{|R + j3wL|} = \frac{50}{\sqrt{4^2+9^2}} = 5.076[A]$, 따라서, 소비전력

$P = I_1^2R_1 + I_3^2R_3 = 20^2\times 4 + 5.076^2\times 4 = 1703.1[W]$

11.20 ① 피상전력 $P_a = VI = 100\times 30 = 3000[VA]$, 무효전력

$Q = \sqrt{P_a^2 - P^2} = \sqrt{3^2 - 1.8^2} = 2.4[kVar]$, 역률이 1 이 되기 위해서는 무효전력이 0 이 되어야 하므로, 2.4[kVA] 콘덴서가 필요하고, 병렬로 설치되므로, 콘덴서 용량

$Q_C = 2.4K = VI_C = V\frac{V}{X_C} = \frac{V^2}{X_C}$ 그러므로 콘덴서 리액턴스 $X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{100^2}{2.4K} = 4.2$

11.21 ① $P = VI\cos\theta = \frac{170}{\sqrt{2}}\frac{8.5}{\sqrt{2}}cos(\frac{\pi}{6} - (-\frac{\pi}{6})) = 361[W]$

11.22 ④ 주파수가 같을 때만 유효전력이 발생하므로,

$P = \frac{10}{\sqrt{2}}\frac{2}{\sqrt{2}}cos(0 - (-\frac{\pi}{3})) + \frac{4}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}}cos(-\frac{\pi}{2} - (-\frac{\pi}{4})) = 6.414[W]$

11.23

(a) L_1 : $P_1 = 16K$, $Q_1 = 28K$

$L_2 : Q_2 = 10K$, $P_2 = Q_2/Tan(\cos^{-1}0.8) = 13.333K$

L_3 : $P_3 = \frac{220^2R}{|Z|} = \frac{220^5}{\sqrt{5}} = 21.645K$, $Q_3 = \frac{220^2\times 2}{\sqrt{5}} = 43.29K$

그러므로, 전체 $P = P_1 + P_2 + P_3 = 51K$, $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 81.29K$

(b) 보상 커패시터 무효전력

$Q_C = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = Q - P(\tan(\cos^{-1}0.9) = 81.29 - 51(0.482) = 56.59K$, $Q_C = \frac{V_{cd}^2}{X_C}$

이므로 $X_C = \frac{220^2}{56.59K} = 0.855 = \frac{1}{wC} = \frac{1}{120\pi C}$, 따라서, $C = 2.27[mF]$

(c) 보상 전 $I_{eff} = \frac{P}{V_{eff}\cos\theta} = \frac{51K}{220\cos(Tan^{-1}\frac{Q}{P})} = 436.2[A]$, 선로의 전력손실

$P_{Loss} = I_{eff}^2 R_1 = 436.2^2 \times 0.1 = 19027[W]$ 보상 후

$I_{eff} = \dfrac{P}{V_{eff}\cos\theta} = \dfrac{51K}{220 \times 0.9} = 257.6[A]$,

$P_{Loss} = I_{eff}^2 R_1 = 257.6^2 \times 0.1 = 6636[W]$, 부상 후에 전력손실이 19027-6636=12391[W] 만큼 감소하였다.

11.24 ④ $P = V_{eff}^2 \dfrac{R}{|Z|^2} = 100^2 \times \dfrac{6}{10^2} = 600[W]$

11.25 ② $P = VI\cos\theta$, $500 = 100 \times 7 \times \cos\theta$, 따라서 역률 $\cos\theta = 0.71$

11.26 ③ 보상을 위한 콘덴서 용량은

$$Q = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = P(\frac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1} - \frac{\sin\theta_2}{\cos\theta_2}) = 4000(\frac{\sqrt{1-0.8^2}}{0.8} - \frac{\sqrt{1-1^2}}{1}) = 3000[kVA]$$

11.27 ④ 2차측 임피던스 $V_{21} = j800 \times 0.01\angle -30^\circ$, $v_{21} = 8\cos(100t + 60^\circ)$,

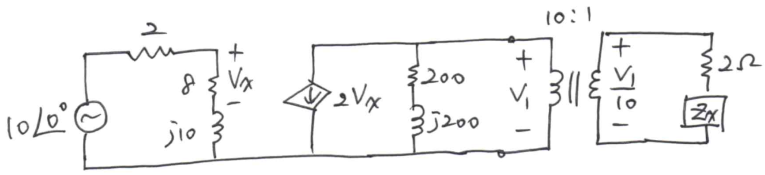
$V_{22} = j100 \times 0.002 = 0.2\angle 90^\circ$,

11.28 ② $V_o = V_s \times \dfrac{j6 - j4}{4 + j12 - j8} = 8\sqrt{2} \times \dfrac{2\angle 90^\circ}{4\sqrt{2}\angle 45^\circ} = 4\angle 135^\circ$, 따라서,

$v_o = 4\cos(2t + 135^\circ)$

11.29 ④ 최대전력을 위한 $Z_L = 10 - j10$, 따라서 최대전력은 $P = \dfrac{100^2}{4 \times 10} = 250[W]$

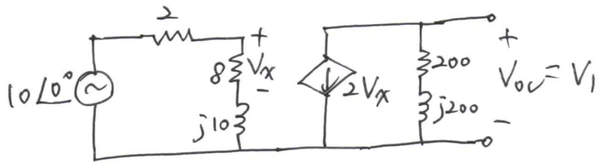
11.30 주어진 회로를 페이저 회로로 다시 그리면



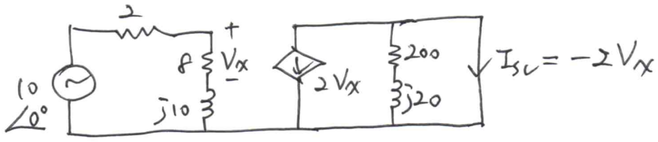
(a) 회로에서 $V_x = 10\angle 0^\circ \times \dfrac{8}{10 + j10} = 4\sqrt{2}\angle -45^\circ$, 따라서 오른쪽 회로의 전원 $2V_x = 8\sqrt{2}\angle -45^\circ$, 회로로부터

$V_1 = -(200 + j200)8\sqrt{2} = -200\sqrt{2}(8\sqrt{2})\angle(45 - 45)^\circ = -3200\angle 0^\circ$ 따라서 2Ω 에 의하여 소비되는 전력은 $P_1 = \dfrac{(\frac{V_1}{10})^2}{R} = \dfrac{(3200)^2}{200} = 51200[W]$

(b) 변압기의 입력단자 왼쪽의 회로를 테브난 등가회로로 바꾸면,



$V_{oc} = V_1 = -3200\angle 0^\circ$, $Z_{th} = \dfrac{V_{oc}}{I_{sc}}$ 를 구하기 위하여 I_{sc} 를 아래의 회로로부터 구하면,



$I_{sc} = -2V_x = -8\sqrt{2}\angle -45^\circ$ 따라서, $Z_{th} = \dfrac{V_{oc}}{I_{sc}} = \dfrac{-3200\angle 0^\circ}{-8\sqrt{2}\angle -45^\circ} = 200\sqrt{2}\angle 45^\circ$

$Z_{th} = R_{th} + jX_{th} = 200\sqrt{2}(\cos 45^\circ + j\sin 45^\circ) = 200 + j200$, 이 때 최대전력이 전달되기 위하여서는 변압기 1차 측 부하 값은 200-j200 이 되어야 하고 권선비 10:1 에 의하여 2차측 부하 값은 $\dfrac{200}{10^2} - j\dfrac{200}{10^2} = 2 - j2 = 2 + Z_x = 2 + R_x + jX_x$, 따라서 $R_x = 0$, $X_x = -2$

그러므로, $X_x = 2 = \dfrac{1}{wC} = \dfrac{1}{10C}$, 따라서 $C = \dfrac{1}{20} = 0.05[F]$, 또한 2Ω에 의하여 소비되는

최대전력은 $P_2 = \dfrac{(\frac{V_1}{10})^2 R}{|Z|} = \dfrac{320^2 \times 2}{2\sqrt{2}} = 72407.7[W]$

11.31 ② 평균전력은 같은 주파수에서의 $P = VI\cos(\theta_v - \theta_i)$, 따라서,

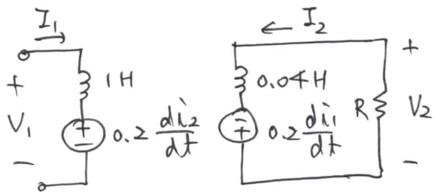
$P = \dfrac{100}{\sqrt{2}}\dfrac{10}{\sqrt{2}}cos60^\circ + \dfrac{30}{\sqrt{2}}\dfrac{2}{\sqrt{2}}cos60^\circ = 265$

11.32 ③ 1차측 전체 임피던스 $Z_1 = 4 - j4 + 2^2(2+j) = 12$, 따라서,

$I_1 = \dfrac{V}{Z_1} = \dfrac{120}{12}\angle 0^\circ = 10\angle 0^\circ$

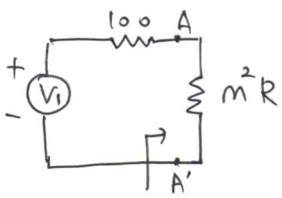
11.33 ② 결합계수 $k = \dfrac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \dfrac{60}{\sqrt{200 \times 450}} = 0.2$

11.34



회로로부터 $v_1 = 1\dfrac{di_1}{dt} + 0.2\dfrac{di_2}{dt}$, $v_2 = -0.04\dfrac{di_2}{dt} - 0.2\dfrac{di_1}{dt}$, 이 때, 완전 결합이므로, 권선비 $n:1$ 로 두고, $v_2 = \dfrac{v_1}{n}$, $i_2 = -n \times i_1$을 대입하여 다시 정리하면,

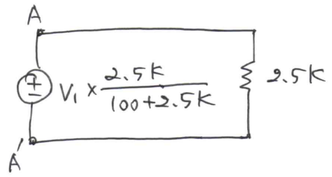
$v_1 = \dfrac{di_1}{dt} - 0.2n\dfrac{di_1}{dt}$, $\dfrac{v_1}{n} = 0.04n\dfrac{di_1}{dt} - 0.2\dfrac{di_1}{dt}$, 따라서 두 식으로부터, $n = 5$를 얻는다.



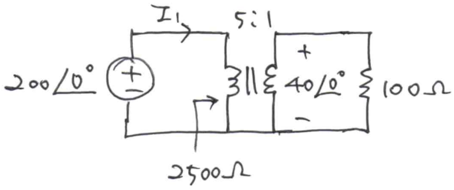
따라서, A-A'에서 오른쪽으로 들여다 본 부하값은 $n^2R_2 = 25\times100 = 2.5K$ 따라서

등가회로전원은 $v_1(t)\times\frac{2.5K}{100+2.5K} = 0.9615v_1(t) = 0.9615\times200\sqrt{2}\,sin400t = 272\sin400t$

그러므로 등가회로는 다음과 같다.



(b) $R_1 = 0$ 때의 회로로부터



B-B'의 왼쪽으로 본 등가회로는 $V_2 = \frac{200\sqrt{2}}{5}\angle0^\circ = 40\sqrt{2}\angle0^\circ$,

(c) V_1 이 공급하는 전력 $P = \frac{V_1^2}{R} = \frac{200^2}{2500} = 16[W]$, R_2 가 소비하는 전력

$P_2 = \frac{(200/5)^2}{100} = 16[W]$ 따라서, 발생한 모든 전력이 전달되어 소비된 것을 알 수 있다.
(최대전력전달)

(d) 이상적인 변압기에서 $|\frac{I_2}{I_1}| = n = 5$

제 12 장

12.1 ① 무효전력 $P_r = \sqrt{3}\,V_L I_L \sin\theta = \sqrt{3} \times 200 \times 10\sqrt{3}\,sin(\cos^{-1}0.8) = 3600[Var]$

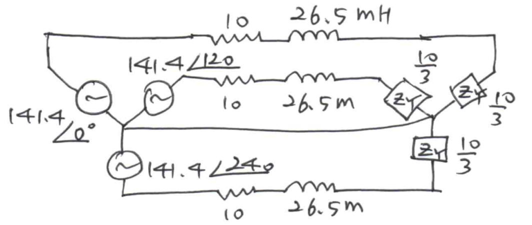
12.2 ③ 3상 전력 $P = 3V_P I_P \cos\theta = 3I_P^2 R$, Δ결선에서, $V_P = V_L$,

$I_P = \dfrac{V_P}{Z} = \dfrac{200}{|6+j8|} = \dfrac{200}{10} = 20$, 따라서, $P = 3 \times 20^2 \times 6 = 7200$

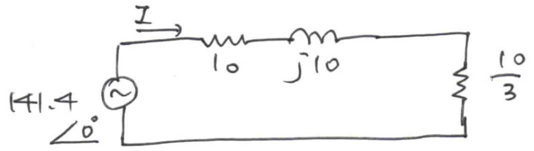
12.3 ③ 상전류 $I_P = \dfrac{V_P}{Z_L + Z} = \dfrac{120}{(1+j)+(20+j10)} = 5.06\angle -27.65^\circ$, 부하에 걸리는 전압

$V = I_P Z = 5.06\angle -27.65^\circ \times (20+j10) = 113.14\angle -1.1^\circ$

12.4 회로를 Y-Y결선으로 바꾸어 다시 그리면



(a) 단상회로를 따로 분석하면 전체 임피던스는 $10 + 10j2\pi fL + \dfrac{10}{3} = 10 + j10 + \dfrac{10}{3}$



$I = \dfrac{141.4\angle 0^\circ}{10 + \dfrac{10}{3} + j10} = 6\sqrt{2}\angle -36.87^\circ$, 따라서 $P = 100 \times 6\cos(0 + 36.87^\circ) = 480$,

$Q = 100 \times 6\sin(36.87^\circ) = 360$, 그러므로 복소전력

$S = 3 \times (480 + j360) = 1440 + j1080[VA]$

(b) 역률 0.9가 되기 위한 전체 임피던스 $Z = 10 + j10 + \dfrac{10}{3} - jX$ 이고, 여기에서 보상 부하

임피던스 $Z_L = \dfrac{10}{3} - jX$ 이다. 이 때 전체 임피던스에 대하여 $\cos^{-1}0.9 = Tan^{-1}\dfrac{10 - X}{10 + \dfrac{10}{3}}$

이므로, 이로부터 $X = 3.55$, $R = 10 + \dfrac{10}{3}$ 그대로 이므로 새로운 전체 3상회로의 전력

$P = 3 \times (\dfrac{(100)^2}{R}) \times 0.9 = 2025.5[W]$ 이제 이 부하를 다시 Δ 결선으로 바꾸면

$Z_a = Z_b = Z_c = 10 - j10.65$ 가 된다.

12.5 ③ 전원과 부하를 Y-Y 결선으로 바꾸고 1상의 회로로 바꾸면 전원은 $\dfrac{200}{\sqrt{3}}$, 부하는

$\dfrac{|Z|}{3} = \dfrac{10}{3}$ 이 되므로, $I_L = \dfrac{V}{|Z|} = \dfrac{200 \times 3}{\sqrt{3} \times 10} = 20\sqrt{3}$

12.6 ②

12.7 ③ 2전력계 법에 의한 유효전력 $P=P_1+P_2$, 무효전력 $P_r=\sqrt{3}(P_1-P_2)$, 피상전력 $P_a=2\sqrt{P_1^2+P_2^2-P_1P_2}=2\sqrt{500^2+1500^2-500\times1500}=2646[VA]$

12.8 ① 에너지 전달은 상:상 으로 전달되므로, $n_a=\frac{E_1}{E_2}=\frac{V_1}{\frac{V_2}{\sqrt{3}}}$, $n_b=\frac{\frac{V_1}{\sqrt{3}}}{V_2}$, 따라서

$\frac{n_b}{n_a}=\frac{\frac{V_1}{\sqrt{3}}/V_2}{V_1/\frac{V_2}{\sqrt{3}}}=\frac{1}{3}$, 그러므로 $n_b=\frac{1}{3}n_a=\frac{1}{3}\times30=10$

12.9 ① 부하가 Δ결선과 Y결선이 병렬로 되어 있으므로

$P=3V_pI_p\cos\theta+3\frac{V_P^2}{R}=3\times200\times\frac{200}{60}\times0.6+3\times\frac{(\frac{200}{\sqrt{3}})^2}{20}=3200$

12.10 ② Y결선에서 상전류 $I_p=\frac{V_p}{|Z|}=\frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{\sqrt{8^2+6^2}}=\frac{20}{\sqrt{3}}=11.5$, 따라서, $I_p=I_L=11.5[A]$

12.11 ④ 3상 소비전력 $P=\sqrt{3}\,VI\cos\theta$, 따라서 선전류

$I=\frac{P}{\sqrt{3}\,V\cos\theta}=\frac{10\times10^3}{\sqrt{3}\times200\times0.8}=36.08$

12.12 ④ Δ결선 $I_L=\sqrt{3}\,I_p$, 상전류 $I_p=\frac{V_p}{|Z|}=\frac{100}{\sqrt{6^2+8^2}}=10$ 따라서, 선전류

$I_L=\sqrt{3}\,I_p=\sqrt{3}\times10=10\sqrt{3}$

12.13 ③ 전원의 중성점을 접지하지 않은 상태에서의 중성점과 부하의 중성점 간의 전압

12.14 ① Y 결선 시, $I_P=\frac{V_P}{Z}=\frac{\frac{200}{\sqrt{3}}}{R}=I_L$, Δ 결선 시,

$I_P=\frac{V_P}{Z}=\frac{200}{R}$, $I_L=\sqrt{3}\,I_P=200\frac{\sqrt{3}}{R}$, 따라서, $\frac{I_{\Delta L}}{I_{YL}}=3$, 그러므로,

$I_{\Delta L}=3I_{YL}=3\times10=30$

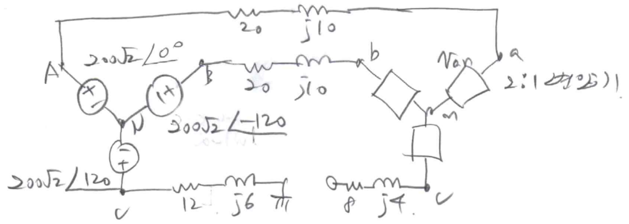
12.15 ① 차등접속이므로, $A_2=A_1-A_3=\sqrt{3}\,A_1=5\sqrt{3}$

12.16

정상상태 일 때, 단상전력은 300/3 [MVA]이고, 단상 전체임피던스 $Z=R+jX$ 로 두면 역률이 0.8이므로, $Tan(\cos^{-1}0.8)=0.75=\frac{X}{R}$, 또한 단상 전류

$I=\frac{200\sqrt{2}\angle0^\circ}{\sqrt{R^2+X^2}\angle36.87^\circ}=\frac{200\sqrt{2}}{\sqrt{R^2+X^2}}\angle-36.87^\circ$ 따라서,

$100=P=V_{eff}I_{eff}\cos\theta=\frac{200\times200}{\sqrt{R^2+X^2}}\times0.8$ 로부터, $\sqrt{R^2+X^2}=320$, $X=0.75R$을 대입하여 풀면, $R=256$, $X=192$ 가 된다. 또한 전체 임피던스 $Z=20+j10+Z_L$ 이므로 $Z_L=(256-20)+j(192-10)=236+j182=R_L+jX_L$ 이 된다.



(a) 위의 그림과 같이 선로가 손실되면, 아래의 그림과 같이 그려질 수 있고,

이 때, 전압분배법칙에 따라

$v_{an} = (200\sqrt{2}\angle 0^\circ - 200\sqrt{2}\angle -120^\circ) \times \frac{1}{2}\frac{2(236+j182)}{2(256+j192)} = 228.2\angle 28^\circ$ 따라서

$v_{an}(t) = 228.2\cos(wt+28^\circ)$

(b) $V = 490\angle 27.262^\circ$, $Z = 2(R+jX) = 640\angle 36.87^\circ$ 이므로, 전체 3상 전력

$P_{\text{total}} = \frac{V_{\text{eff}}^2 \times 2R}{|Z|^2} = \frac{(\frac{490}{\sqrt{2}})^2 \times 512}{640^2} = 150[\text{MVA}]$ 그러므로, 선로 손실로 인하여 전체 발생전력이 반으로 줄어들었다.

12.17 ① 무효율 $\sin\theta = \frac{X}{Z} = \frac{6}{\sqrt{8^2+6^2}} = 0.6$, 무효전력 $P_r = 3I_P^2 X = 3\times 10^2 \times 6 = 1800$

12.18 ③ 전원과 부하를 Y-Y 결선으로 바꾸고 1상의 회로로 바꾸면 전원은 $\frac{200}{\sqrt{3}}$, 부하는 $\frac{|Z|}{3} = \frac{10}{3}$ 이 되므로, $I_L = \frac{V}{|Z|} = \frac{200\times 3}{\sqrt{3}\times 10} = 20\sqrt{3}$

12.19 ④ Δ결선 부하를 Y결선 부하로 바꾸면 부하값이 1/3 이 되므로 선전류 $I_L = \frac{V_L}{R}$ 로부터 원래의 선전류에 비해 3배가 된다. 즉, $I_L = 3\times 20 = 60$

12.20 ③ $r//2r = \frac{2}{3}r$, $\frac{V}{I} = \frac{30}{3} = \frac{2}{3}r$, 따라서 $r = 15$ [3장 문제와 중복]

12.21 ② 1상만 고려하면, $I_L = \frac{V_L}{|Z|} = \frac{200}{\sqrt{6^2+8^2}} = 20$

12.22 ③ 전 소비전력은 $P = 3I_L^2 R$ 따라서, $R = \frac{4000}{3\times 10^2} = \frac{40}{3}$

12.23 ④ 가운데 Δ부하를 Y로 바꾸면 저항 r의 Y부하가 되고 전체의 Y부하의 각 상의 저항은 $3r + r = 4r$, 따라서 전류 $I = \frac{V_P}{4r} = \frac{200}{8} = 25[A]$

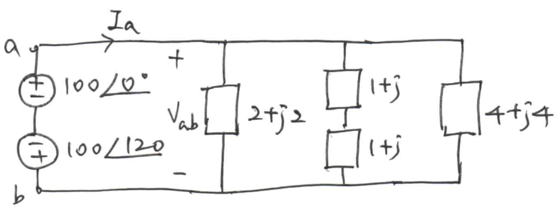
12.24 ① 대칭좌표법을 이용하면 $\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_0 \\ V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$에서, a상 전압

$V_a = V_0 + V_1 + V_2 = -8 + j3 + 6 - j8 + 8 + j12 = 6 + j7[V]$

12.25 ① 중성점 N과 N' 사이의 각 전압전원과 저항의 직렬회로를 전원변환 법칙에 의하여 병렬의 전류전원과 저항으로 생각하면, 각 전류전원은 $E_1 Y_1, E_2 Y_2, E_3 Y_3$ 가 되고, 이들의 전체 전류전원은 이들의 합인 $I = E_1 Y_1 + E_2 Y_2 + E_3 Y_3$ 이 되고, 전체저항은 저항들의 병렬연결이므로, 전체 어드미턴스 $Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$ 가 되므로, $V_{N-N'} = \frac{I}{Y}$, 참고로 이 공식은 밀만의 정리로 알려져 있다.

12.26

(a)

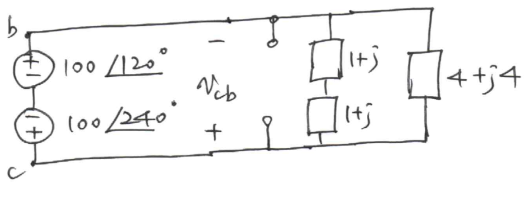


위의 회로와 같이 부하가 소손된 이후의 상황에서 오른쪽의 모든 병렬부하의 전체임피던스$Z = (2+j2)//(2+j2)//(4+j4) = \frac{4}{5}(1+j) = \frac{4}{5}\sqrt{2}\angle 45^\circ$, 또한 $V_{ab} = 100\angle 0^\circ - 100\angle 120^\circ = 173.2\angle -30^\circ$ 그러므로 W_1에 의하여 측정된 전력

$$P_A = \frac{V_{ab}^2 R}{|Z|^2} = \frac{(173.2)^2 \times \frac{4}{5}}{(\frac{4}{5}\sqrt{2})^2} = 18749[W]$$

(b) 2-전력계 방법으로 전체 3상 전력을 측정하려면 1-상의 단자를 전력계의 공통 단자로 사용하면 되므로, 이 경우 b 단자를 공통 단자로 사용했으므로 V_{cb} 전압을 사용하면 된다. 즉, 3-전력계 방법에서 $P_{\text{total}} = P_A + P_B + P_C = V_{ab} I_a \cos\theta_a + V_{bb} I_b \cos\theta_b + V_{cb} I_c \cos\theta_c$ 로 얻을 수 있는데, 2-전력계 방법의 경우, $V_{bb} = 0$ 이 되므로, $P_{\text{total}} = P_A + P_C$ 로 얻을 수 있다.

(c)



위와 같은 연결에서 소실된 부하를 감안하여 전력 W_2을 측정하면, $V_{cb} = 100\angle 240^\circ - 100\angle 120^\circ = 173.2\angle -90^\circ$, 전체임피던스

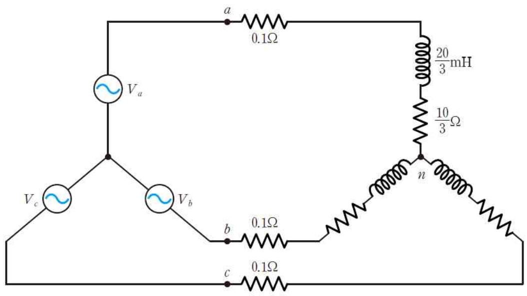
$$Z = (2+j2)//(4+j4) = \frac{4}{3}\sqrt{2}\angle 45^\circ \text{ 이므로, } P_C = \frac{V_{cb}^2 R}{|Z|^2} = \frac{(173.2)^2 \times \frac{4}{3}}{(\frac{4}{3}\sqrt{2})^2} = 11249.34[W]$$

따라서, 전체 3상 전력 $P_{\text{total}} = P_A + P_C = 30000[W]$

12.27 ④ Δ결선에서 $V_P = V_L,\ I_L = \sqrt{3} I_P$

12.28 (기존12.20)

$Y-\Delta$ 결선을 $Y-Y$ 결선으로 바꾸면,



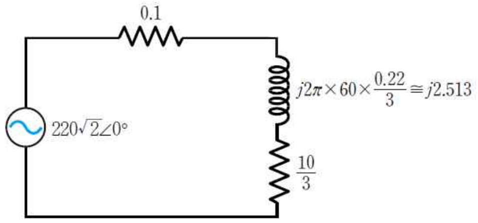
Δ 결선을 Y 결선으로 바꾸면 균형부하의 경우 $Z_Y = \dfrac{1}{3} Z_\Delta$

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

$$= \sqrt{3}\cdot 220\sqrt{2}\sin(\omega t + 30°)$$

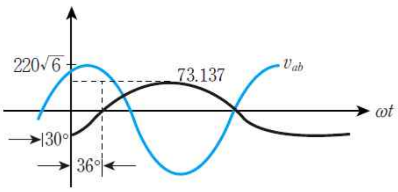
$$= 220\sqrt{6}\sin(\omega t + 30°)$$

선전류 i_a는 단상 페이저 회로로부터 구하면



$$\therefore I_a = \frac{220\sqrt{2}\angle 0°}{3.433 + j2.513} = 73.137\angle -36°$$

$i_a = 73.137\sin(\omega t - 36°)$



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

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

12.29 (기존12.1)

어드미턴스행렬을 이용하여 델타 연결 시의 임피던스행렬 Z_Δ를 구하면

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

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

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

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

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

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

제 13 장

13.1 ② 최종값 정리 $f(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)=\frac{0+3}{1}=3$

13.2 ② $F(s)=\frac{s}{(s+1)^2}=\frac{K_1}{(s+1)^2}+\frac{K_2}{(s+1)}$, $K_1=(s+1)^2F(s)|_{s=-1}=-1$,

$K_2=\frac{d}{ds}(s+1)^2F(s)|_{s=-1}=1$, 따라서, $f(t)=K_2e^{-t}+K_1te^{-t}=e^{-t}-te^{-t}$

13.3 ③ $f(t)=Eu(t)$, 따라서, $F(s)=\frac{E}{s}$

13.4 ④ $f(t)=\frac{E}{T}tu(t)-\frac{E}{T}(t-1)u(t-T)-Eu(t-T)$, 따라서

$F(s)=\frac{E}{Ts^2}-\frac{E}{Ts^2}e^{-Ts}-\frac{E}{s}e^{-Ts}=\frac{E}{Ts^2}(1-e^{-Ts}-Tse^{-Ts})$

13.5 ① $F(s)=\frac{1}{s}e^{-as}-\frac{1}{s}e^{-bs}$

13.6 ② $f(t)=\sin t\cos t=\frac{1}{2}sin2t$, 따라서, $F(s)=\frac{1}{2}\frac{2}{s^2+2^2}=\frac{1}{s^2+2^2}$

13.7 ② $f(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)=\frac{2s+15}{s^2+s+3}|_{s=0}=5$

13.8 ① $f(t)=-\frac{E}{T}(t-T)u(t-T)$, 따라서 $F(s)=-\frac{E}{Ts^2}e^{-Ts}$

13.9 ③ $F(s)=3\frac{2}{s^3}=\frac{6}{s^3}$

13.10 정답없음 $f(t)=\sin t\cos t=\frac{1}{2}sin2t$, $F(s)=\frac{1}{2}\frac{2}{s^2+2^2}=\frac{1}{s^2+2^2}$ [13.6과 중복됨]

13.11 ③ $F(s)=\frac{K_1}{s+2}+\frac{K_2}{s+1}$, $K_1=\frac{2s+3}{s+1}|_{s=-2}=1$, $K_2=\frac{2s+3}{s+2}|_{s=-1}=1$, 따라서,

$f(t)=e^{-2t}+e^{-t}$

13.12 ④ $c(\infty)=\lim_{s\to 0} sF(s)=\frac{5}{2}$

13.13 ③ $f(t)=u(t)-u(t-2)$, 따라서 $F(s)=\frac{1}{s}-\frac{1}{s}e^{-2s}$

13.14 ④ $F(s)=A\frac{2}{s^3}$

13.15 ③ $F(s)=\frac{1}{(s+a)^2}$

13.16 ① $e_o=e_i\frac{R}{R+\frac{1}{sC}}-e_i\frac{\frac{1}{sC}}{R+\frac{1}{sC}}=e_i\frac{RCs-1}{RCs+1}$

13.17 ① $a_1V_o+a_2sV_o+a_3\frac{1}{s}V_o=V_i$, 따라서 $\frac{V_o}{V_i}=\frac{1}{a_1+a_2s+\frac{a_3}{s}}=\frac{s}{a_2s^2+a_1s+a_3}$

13.18 ② $5s^2Q(s)+sQ(s)=10\frac{1}{s^2+1^2}$, 따라서 $Q(s)=\frac{10}{(5s^2+s)(s^2+1)}$

13.19 ② $F(s)=\frac{3}{s}+\frac{2}{s+1}=\frac{5s+3}{s(s+1)}$

13.20 ③ $F(s)=3\frac{2}{s^3}=\frac{6}{s^3}$ [문제 13.9와 중복]

13.21 ③ $\frac{I(s)}{E(s)}=Y(s)=\frac{1}{R+sL+\frac{1}{sC}}=\frac{Cs}{LCs^2+RCs+1}$

13.22 ③ $K_1=sF(s)|_{s=0}=\frac{1}{3}$, $K_2=(s+2)F(s)|_{s=-2}=-\frac{1}{5}$, $K_3=(s-3)F(s)|_{s=3}=\frac{13}{15}$

13.23 ④ $F(s)=\frac{K_1}{(s+1)^2}+\frac{K_2}{(s+1)}+\frac{K_3}{(s+2)}$, $K_1=(s+1)^2F(s)|_{s=-1}=3$,

$K_2=\frac{d}{ds}(s+1)^2F(s)|_{s=-1}=-3$, $K_3=(s+2)F(s)|_{s=-2}=3$, 따라서,

$f(t)=3te^{-t}-3e^{-t}+3e^{-2t}$

13.24 ② 전체 임피던스는 $Z(s)=R+sL//\frac{1}{sC}=R+\frac{L/C}{sL+1/sC}$, 전체회로전류

$I(s)=\frac{E/s}{Z(s)}$, 전류분배법칙에 의해 $I_o(s)=I(s)\times\frac{1/Cs}{sL+\frac{1}{sC}}$, 전체를 대입하여 정리하면,

$I_o(s)=\frac{E}{sZ(s)}\times\frac{1/Cs}{sL+\frac{1}{sC}}=\frac{(1/RLC)E}{s(s^2+(1/RC)s+1/LC)}$

13.25 ③ 라플라스 변환회로에서 $V_2(s)$는 초기값전원 $V_1(s)=\frac{1}{S}$ 의 전압분배법칙에 의한 배분된 전압으로 표기할 수 있으므로,

$V_2(s)=V_1(s)\times\frac{1//\frac{1}{s}}{2+\frac{1}{s}+1//\frac{1}{s}}=\frac{1}{s}\times\frac{s}{2s^2+4s+1}$

13.26 ① (기존13.21)

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

13.27 ③ (기존13.22)

직류의 경우 $Z(s)\rightarrow Z(o)=20[\Omega]$

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

13.28 ② (기존13.23)

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

13.29 ④ (기존13.24)

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

13.30 ① (기존13.25)

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

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

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

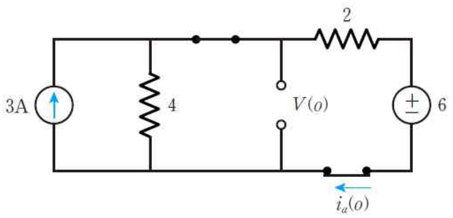
그러므로, $\frac{V_2}{I_1} = \frac{1}{(\frac{2}{S} + s + 2) + (1 - A)} = \frac{s}{s^2 + (3 - A)s + 2}$

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

그러므로 $A < 3$이어야 한다.

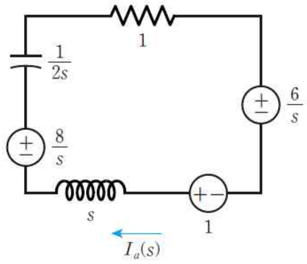
13.31 ② (기존13.26)

$t < 0$일 때



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

$t > 0$일 때



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

13.32 (기존13.20)

(1) $H(s) = \dfrac{K}{s^2 + (3 - K)s + 1}$

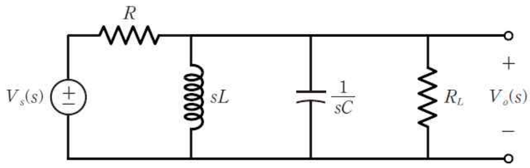
(2) $s_{1,2} = \dfrac{-(3 - K) \pm \sqrt{(3 - K)^2 - 4}}{2}$, $K \leq 3$일 때 안정

(3) $K < 1$일 때 과도감쇠, $1 < K < 3$일 때 부족감쇠

(4) $V_o(t) = 2\sqrt{10}\cos(t - 90°)$

13.33 (기존13.12)

(1) 병렬공진회로

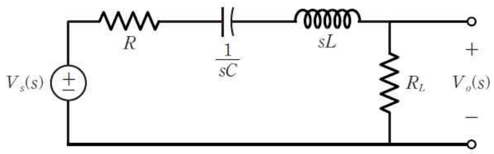


$$sL /\!/ \frac{1}{sC} /\!/ R_L = \frac{1}{\dfrac{1}{sL} + sC + \dfrac{1}{R_L}} = \frac{s / C}{s^2 + \dfrac{R_L}{L}s + \dfrac{1}{LC}}$$

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

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

직렬공진회로



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

따라서 공진주파수는 $\omega_o = \dfrac{1}{\sqrt{L_C}}$ 로 서로 같다.

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

병렬공진회로의 경우 $S = j\omega$로 바꾸면

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

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

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

마찬가지로 직렬공진회로의 경우

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

$$\therefore K = \frac{R_L}{L(R + R_2)C},\ Q = \frac{1}{\sqrt{LC}(R + R_l)C}$$

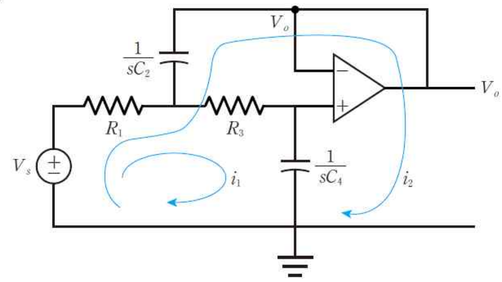
또한 $\left|\frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}}\left|\frac{V_o(j\omega)}{V_s(j\omega)}\right| = \frac{K}{\sqrt{2}}$

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

병렬공진회로의 크기 값 $= \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{R_L}{L(R + R_2)C}$

13.34 (기존13.13)

(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,

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

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

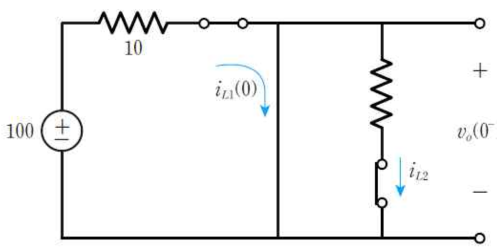
(2) $R_1 = R_3 = 10\text{K}$면, $100 \times 10^6 C_2C_4 = 1$과 $1000(C_2 + C_4) = 1$을 만족시켜야 하므로,

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

$C_4 = 0.01$ 혹은 0.99[mF], $C_2 = 0.99$ 혹은 0.01[mF]

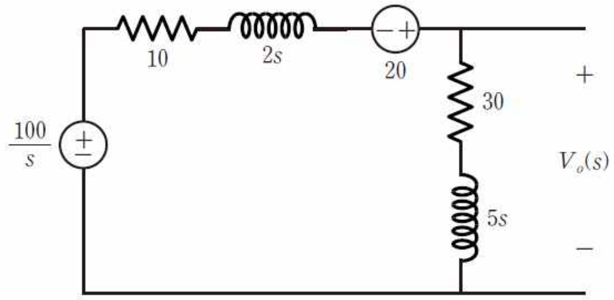
13.35 (기존13.14)

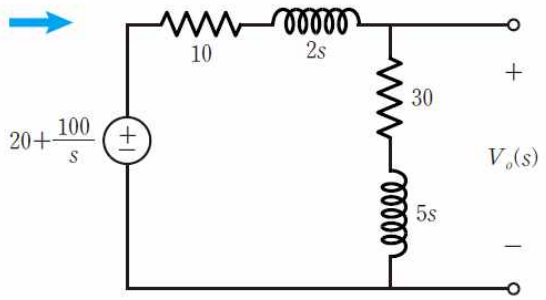
$t < 0$일 때 초깃값을 찾으면,



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

$t > 0$일 때의 $s-$ 영역 회로는





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

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

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

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

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

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

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

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

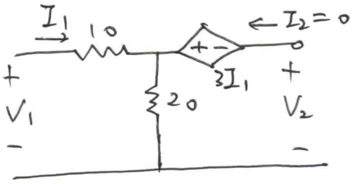
제 14 장

14.1 ① $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & jwL \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ jwC & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & jwL \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-w^2LC & jwL(2-w^2LC) \\ jwC & 1-w^2LC \end{bmatrix}$, 따라서 $A=D$

14.2 ③ $V_1 = AV_2 + BI_2$, $I_1 = CV_2 + DI_2$ 이므로, $C = \frac{I_1}{V_2}|_{I_2=0}$ 즉, 어드미턴스

14.3 ② $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & jwL \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ j2wC & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-2w^2LC & jwL \\ j2wC & 1 \end{bmatrix}$

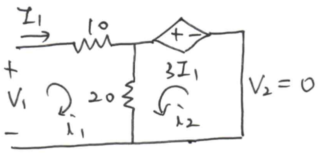
14.4 (a) $A = \frac{V_1}{V_2}|_{I_2=0}$, $C = \frac{I_1}{V_2}|_{I_2=0}$ 이므로, 아래의 회로와 같이 오른쪽 단자를 개방하고 살펴보면,



$A = \frac{V_1}{V_2}$, 여기서 $I_1 = \frac{V_1}{10+20}$, $V_2 = \frac{20}{30}V_1 - 3I_1 = V_1(\frac{17}{30})$ 따라서 $A = \frac{V_1}{V_2} = \frac{30}{17}$,

또한 $V_2 = 20I_1 - 3I_1 = 17I_1$ 이므로, $C = \frac{I_1}{V_2} = \frac{I_1}{17I_1} = \frac{1}{17}$

$B = \frac{V_1}{-I_2}|_{V_2=0}$, $D = \frac{I_1}{-I_2}|_{V_2=0}$ 이므로, 다음 회로와 같이 오른쪽 단자를 단락시키고 살펴보면,

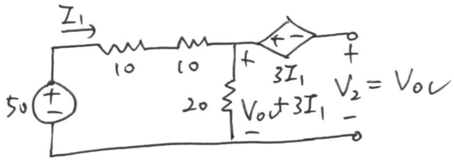


종속전원이 있는 메시에서, $20(I_1+I_2) = 3I_1$, 따라서, $17I_1 = -20I_2$ 그러므로

$D = \frac{I_1}{-I_2} = \frac{20}{17}$, 또한 $V_1 = 10I_1 + 20(I_1+I_2) = 30I_1 + 20I_2$ 여기에서 $I_1 = -\frac{20}{17}I_2$ 이므로

대입하면, $V_1 = -30 \times \frac{20}{17}I_2 + 20I_2 = -\frac{260}{17}I_2$, 그러므로 $B = \frac{V_1}{-I_2} = \frac{260}{17}$

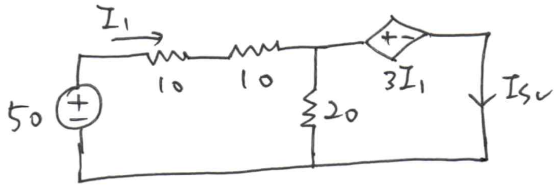
(b) 점선 안의 회로를 다시 정리하면,



이 회로에서 오른쪽 단자를 개방하고 V_{eq}을 측정하면 $I_1 = \frac{50}{40}$, 20Ω에 걸리는 전압은

$\frac{50}{2} = V_{eq} + 3I_1 = V_{eq} + \frac{15}{4}$, 따라서, $V_{eq} = \frac{85}{4}[V]$, 종속전압이 있으므로, $R_{eq} = \frac{V_{eq}}{I_{sc}}$ 로

구할 수 있고, 이를 위하여 아래 회로로부터



2개의 메시로부터, 각각 $50 = 20I_1 + 20(I_1 + I_2)$, $3I_1 = 20(I_1 + I_2)$ 을 얻고 $I_{sc} = -I_2 = \frac{85}{46}$,

따라서 $R_{eq} = \frac{V_{eq}}{I_{sc}} = \frac{85/4}{85/46} = 11.5[\Omega]$

(c) R_L 에서 소비되는 전력 $P_L = I^2 R_L = (\frac{V_{eq}}{R_{eq} + R_L})^2 R_L$ 또한 이 전력이 최대가 되기 위한

R_L 의 조건은 $\frac{\partial P_L}{\partial R_L} = \frac{V_{eq}^2 (R_{eq} + R_L)^2 - 2R_L V_{eq}^2 (R_{eq} + R_L)}{(R_{eq} + R_L)^4} = 0$ 이 되고, 이로부터

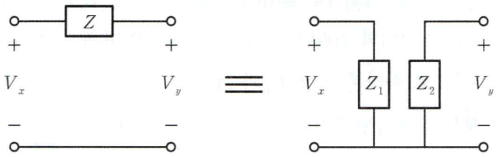
분자항이 0이 되기위한 조건은 $R_{eq} = R_L$ 이다. 이 때 부하저항 R_L 에 전달되는

최대전력은 $P_{\max} = \frac{(\frac{V_{eq}}{2})^2}{R_L} = \frac{(\frac{85}{4})^2}{4 \times \frac{23}{2}} = 9.82[W]$

14.5 ③ $A = \frac{V_1}{V_2}|_{I_2 = 0}$ 따라서, 출력단을 개방하고 $V_1 : V_2 = n : 1$ 이므로 A=n

14.6 ④ $I = YV$, $\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{6} & -\frac{1}{12} \\ -\frac{1}{12} & \frac{1}{6} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 36 \\ 24 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \end{bmatrix}$

14.7



(a) 오른쪽 회로에서 임피던스 변수 $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{I_2 = 0} = Z_1$, $Z_{22} = \frac{V_2}{I_2}|_{I_1 = 0} = Z_2$

또한 왼쪽 회로에서 임피던스 변수를 구하면, $Z_{11} = \frac{V_1}{(V_1 - V_2)/Z} = \frac{Z}{1 - \frac{V_2}{V_1}}$, 이 때

$k = \frac{V_2}{V_1}$ 즉 전압이득 값으로 두면, $Z_{11} = Z_1 = \frac{Z}{1-k}$, 또한

$Z_{22} = Z_2 = \frac{V_2}{(V_2 - V_1)/Z} = \frac{Z}{1 - \frac{1}{k}}$ 가 된다.

(b) (a)의 결과를 대입하여 비교하면, $k = -99$, $Z = R - j\frac{1}{wC}$, 그러므로

$Z_1 = \dfrac{R - j\dfrac{1}{wC}}{1+99} = 0.01(R - j\dfrac{1}{wC})$, $Z_2 = \dfrac{R - j\dfrac{1}{wC}}{1+\dfrac{1}{k}} = 0.99(R - j\dfrac{1}{wC})$ 따라서, 문제의

$k_1 = 0.01, k_2 = -0.01, k_3 = 0.99, k_4 = -0.99$

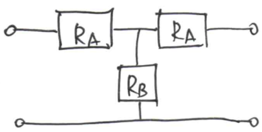
(c) 따라서, 입력임피던스는 전압이득이 커질수록 0으로 수렴하고, 출력임피던스는 고정값 Z에 수렴하게 된다.

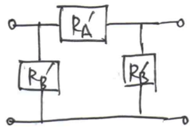
14.8 (a) 정의에 의하여 $Z_{11} = \dfrac{V_1}{I_1}|_{I_2=0}$, 이 때, 회로로부터 전압분배법칙에 따라

$V_1 = V_g \times \dfrac{Z_{11}}{R_g + Z_{11}}$이 되고, $Z_{21} = \dfrac{V_2}{I_1}|_{I_2=0}$으로부터 $\dfrac{V_1}{V_2} = \dfrac{Z_{11}}{Z_{21}}$ 따라서, $V_1 = \dfrac{Z_{11}}{Z_{21}}V_2$을

앞의 식에 대입하면 $V_1 = \dfrac{Z_{11}}{Z_{21}}V_2 = V_g \times \dfrac{Z_{11}}{R_g + Z_{11}}$ 그러므로, $\dfrac{V_2}{V_g} = \dfrac{Z_{21}}{R_g + Z_{11}}$

(b) T형 회로가 A 회로에 대체되면 주어진 조건에 의하여

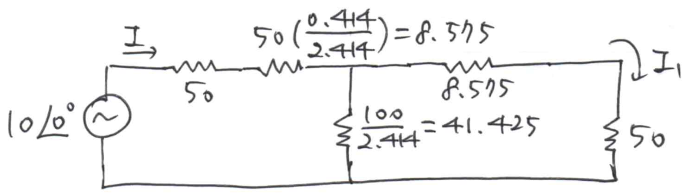




$R_1 = R_A + R_B = R_o$, 또한, 회로에서 $V_1 - R_A I_1 = V_2 - R_A I_2$ 이므로, 주어진 조건 $\dfrac{V_1}{V_2} = -\dfrac{I_1}{I_2} = k$을 대입하면, $V_1 - R_A I_1 = \dfrac{V_1}{k} + R_A\dfrac{I_1}{k}$ 가 되고 $\dfrac{V_1}{I_1} = R_o = \dfrac{R_A(k+1)}{k-1}$

따라서, $R_A = R_o\dfrac{k-1}{k+1}$, $R_o = R_A + R_B$ 에 R_A를 대입하여 $R_B = R_o - R_o\dfrac{k-1}{k+1} = \dfrac{2R_o}{k+1}$

이제, 이들 값과 주어진 소자 값들을 대입하여 전체 회로를 그리면,



이 회로에서 $I = \dfrac{10\angle 0^\circ}{50 + 50(\dfrac{0.414}{2.414}) + (\dfrac{100}{2.414})//(50 + 50(\dfrac{0.414}{2.414}))} = 0.121\angle 0^\circ$ 이 되고,

전류배분법칙에 의하여 $I_1 = 0.121\angle 0^\circ \times \dfrac{41.425}{100} = 0.05\angle 0^\circ$, 따라서 50Ω 부하로

전달되는 전력 $P = (\dfrac{0.05}{\sqrt{2}})^2 \times 50 = 0.063[W]$

(c) $k = 1.414 = \sqrt{2} = 3dB$ 이므로, 앞의 T형 회로는 입력 전압과 전류를 동시에 3dB 만큼 감소된($\dfrac{1}{\sqrt{2}}$) 출력전압과 전류를 얻는 회로가 된다. 또한 Π 형 회로와의 비교에 의해

$R_A' = \dfrac{R_A^2 + 2R_A R_B}{R_B}$, $R_B' = \dfrac{R_A^2 + 2R_A R_B}{R_A}$ 가 되므로, (b)에서 얻은 값을 대입하여

정리하면, $R_A{}' = \dfrac{R_o}{2}\dfrac{(k-1)(k+3)}{(k+1)}$, $R_B{}' = R_o\dfrac{k+3}{k+1}$ 이 된다.

14.9 ④ $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & Z_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{Z_1}{Z_3} & Z_1+Z_2+\dfrac{Z_1 Z_2}{Z_3} \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1+\dfrac{Z_2}{Z_3} \end{bmatrix}$

14.10 ④ $I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{21}V_2$, $I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2$, 따라서 $Y_{22} = \dfrac{I_2}{V_2}|_{V_1=0} = Y_B + Y_C$

14.11 ① $A = \dfrac{V_1}{V_2}|_{I_2=0}$, $B = \dfrac{V_1}{I_2}|_{V_2=0}$, $C = \dfrac{I_1}{V_2}|_{I_2=0}$, $D = \dfrac{I_1}{I_2}|_{V_2=0}$, 따라서,

$Z_{11} = \dfrac{V_1}{I_1}|_{I_2=0} = \dfrac{V_1/V_2}{I_1/V_2}|_{I_2=0} = \dfrac{A}{C}$

14.12 ④ $\dfrac{E_o}{E_i} = \dfrac{sL}{R+sL} = \dfrac{sL/R}{1+sL/R} = \dfrac{Ts}{1+Ts}$

14.13 ④ $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & Z_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{Z_1}{Z_3} & Z_1+Z_2+\dfrac{Z_1 Z_2}{Z_3} \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1+\dfrac{Z_2}{Z_3} \end{bmatrix}$, 따라서, $Z_1 = \dfrac{A-1}{C}$

14.14 ① $Z_{11} = \dfrac{V_1}{I_1}|_{I_2=0}$, 따라서 출력단자를 개방하고 입력단 임피던스를 보면 $I_2 = 0$ 이므로

상호인덕턴스 M에 의한 별도의 전압이 없으므로, 단순히 $Z_{11} = sL_1$

14.15 ① $Y_{11} = \dfrac{I_1}{V_1}|_{V_2=0}$ 따라서 2-2'단자를 단락시키고 입력단자에서의 어드미턴스를

계산하면 $Y_{11} = \dfrac{1}{j5 + j5//-j6} = \dfrac{1}{j35} = -j\dfrac{1}{35}$

14.16 ① $A = \dfrac{V_1}{V_2}|_{I_2=0}$, $B = \dfrac{V_1}{I_2}|_{V_2=0}$, $C = \dfrac{I_1}{V_2}|_{I_2=0}$, $D = \dfrac{I_1}{I_2}|_{V_2=0}$, 따라서, $\dfrac{A}{D} = \dfrac{Z_{01}}{Z_{02}}$,

그러므로, $\dfrac{15}{4} = \dfrac{Z_{01}}{12/5} = 3\times 3 = 9$

14.17 ① 전압분배법칙에 의해 $\dfrac{V_2}{V_1} = \dfrac{R_2}{\dfrac{1}{sC}//R_1 + R_2} = \dfrac{R_2}{R_2 + \dfrac{R_1}{sR_1C+1}} = \dfrac{R_2(sR_1C+1)}{R_1R_2Cs + R_1 + R_2}$

14.18 ④ $\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1 & Z_2 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\dfrac{Z_1}{Z_3} & Z_1+Z_2+\dfrac{Z_1 Z_2}{Z_3} \\ \dfrac{1}{Z_3} & 1+\dfrac{Z_2}{Z_3} \end{bmatrix}$

14.19 ③ 회로에서 $Y_{11} = \dfrac{I_1}{V_1}|_{V_2=0} = \dfrac{1}{2}$ 따라서, 출력단을 단락시켰을 때, 어드미턴스가 1/2

가 되는 회로는 4//4[Ω] = 2[Ω], 또한 $Y_{22} = \dfrac{I_2}{V_2}|_{V_1=0} = \dfrac{3}{8}$, 따라서, 입력단을

단락시켰을 때, 병렬로 저항값이 8/3[Ω] 이 나올 수 있는 경우는 4//8[Ω] 의 경우이므로 ③번 회로.

14.20 ④ $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{I_2=0}$ 즉, 회로에서 출력단을 개방시키고 입력단에서 본 임피던스 값.

회로에서 KCL에 의해 $I_1 = \frac{V_1}{1} + \frac{V_1 - 2V_1}{1+1} = \frac{V_1}{2}$, 따라서 $Z_{11} = 2[\Omega]$, 또한

$Z_{21} = \frac{V_2}{I_1}|_{I_2=0}$, 회로를 보면 $V_2 = \frac{-V_1}{2} + 2V_1 = \frac{3}{2}V_1$, 따라서 $I_1 = \frac{2V_2}{3\times 2}$, 그러므로

$Z_{21} = \frac{V_2}{I_1}|_{I_2=0} = 3[\Omega]$

14.21 ② $Z_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{I_2=0}$, 따라서, 출력단을 개방하고 회로로 부터 입력단 임피던스는

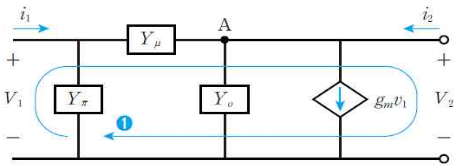
$Z_{11} = 1 + \frac{2}{s}$

14.22 ① $h_{11} = \frac{V_1}{I_1}|_{V_2=0} = R_1 + R_2$, $h_{22} = \frac{I_2}{V_2}|_{I_1=0}$, 즉 출력단에서의 어드미턴스는 $\frac{1}{R_3}$,

또한, $h_{21} = \frac{I_2}{I_1}|_{V_2=0}$ 즉, 전류이득이고, $V_s = I_1R_2$, 출력단을 단락시키면, 출력단 메시

회로로부터 $-AV_s = -AR_2I_1 = I_2R_3$ 따라서, $h_{21} = -A\frac{R_2}{R_3}$

14.23 (기존14.16)



❶번 페루프에서, KVL 적용하면

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

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

그러므로 대입하여 정리하면

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

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

노드 A에서 KCL 적용하면

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

(*)의 관계를 대입하고 정리하면

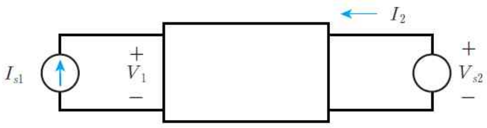
$i_1 = (y_\pi + Y_\mu)v_1 - Y_\mu v_2$

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

따라서 최종 결과는

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

14.24 (기존14.3)



	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 경우 1) B포트에 흐르는 전류는, B포트에 동일한 전류원을 삽입하는 경우 2) A포트에 흐르는 전류와 같은 것을 말한다.

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

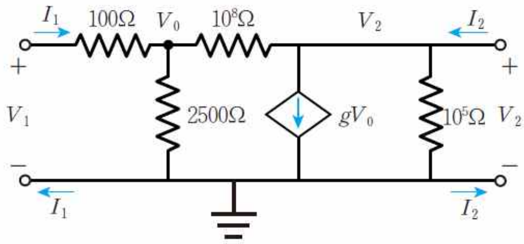
실험 1, 실험 2에서 Y-파라미터를 구하면

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

실험 3, 실험 4에서 전류, 전압의 값을 구하면 위의 표와 같다.

14.25 (기존14.4)

(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

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

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

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

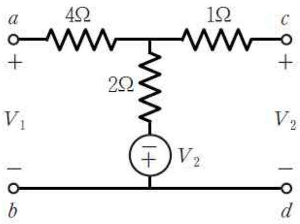
$$\therefore H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 2.6 \times 10^3 & 2.5 \times 10^{-5} \\ 100 & 1.1 \times 10^{-5} \end{pmatrix}$$

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

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

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

14.26 (기존14.2)



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

14.27 (기존14.1)

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

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

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

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

위 결과로부터 어드미턴스 변수를 구하면 다음과 같다.

$$y_{11} = \frac{Z_2 + Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1},\ y_{12} = \frac{-Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}$$

$$y_{21} = \frac{-Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1},\ y_{22} = \frac{Z_1 + Z_3}{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}$$

(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.