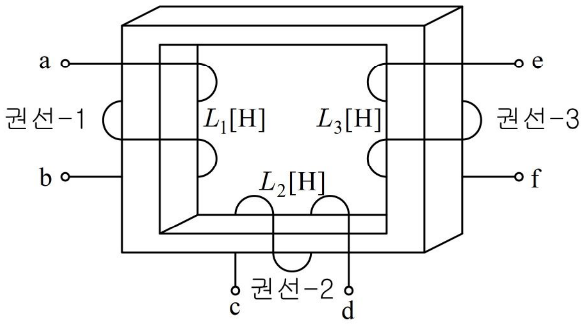
[2020년 변리사 2차. 제1문] **[2021년판 기출041문]**

다음 그림은 철심에 각각의 권선−1, 권선−2, 권선−3을 감은 3권선 변압기이고, 각 권선의 자기 인덕턴스는 $L_1 = 10[\mathrm{H}]$, $L_2 = 4[\mathrm{H}]$, $L_3 = 6[\mathrm{H}]$이며, 각 권선의 직렬 자체저항은 $R_1 = 20[\Omega]$, $R_2 = 10[\Omega]$, $R_3 = 6[\Omega]$이다. 권선−1과 권선−2 사이의 결합계수(coupling coefficient)는 0.9이고, 권선−2와 권선−3 사이의 결합계수는 0.9이며, 권선−1과 권선−3 사이의 결합계수는 0.8이다. 단자−b와 단자−c를 접속하고 단자−d와 단자−f를 접속하여, 우선 3개의 권선을 직렬로 연결한 후, 단자−a와 단자−e 사이에 $v(\omega t) = 200\sqrt{2}\sin(120\pi t)[\mathrm{V}]$의 교류 전압원과 $C = 800[\mu\mathrm{F}]$의 커패시터와 $R = 50[\Omega]$의 부하저항을 직렬로 연결하였다. 다음 물음에 답하시오.



(1) 부하저항에서의 최대 소비전력을 구하기 위해, 각 권선의 자기 인덕턴스와 상호 인덕턴스와 자체저항, 그리고 교류전압원과 커패시터와 부하저항을 모두 표시한 등가회로를 그리시오. (단, 권선의 단자−a에 흑점(dot)을 찍었다고 가정하고 등가회로를 그린다.) (10점)

(2) 모든 회로소자가 직렬로 연결된 상태에서, 부하저항에서의 소비전력 $P[\mathrm{W}]$를 구하시오.(소수점 이하는 반올림한다.) (12점)

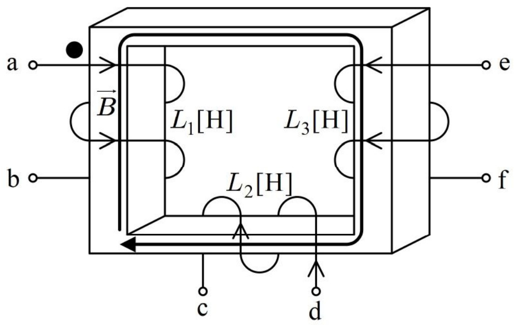
(3) 부하저항에서의 소비전력이 최대가 될 수 있는 교류전압원의 주파수 $f[\mathrm{Hz}]$를 구하시오. (8점)

[풀이]

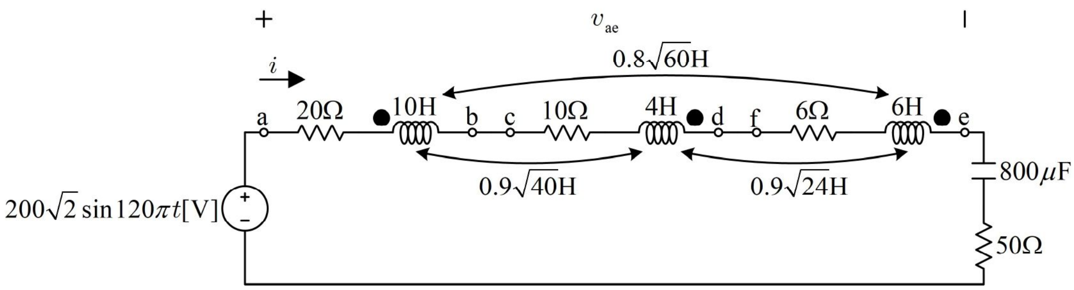
Ⅰ. 설문(1)

1. 흑점표시(dot marking)

단자 a에 흑점을 찍고 이 단자로 유입하는 전류에 의한 자기장 $\vec{B}$와 같은 방향의 자기장이 철심 내에 발생하도록 권선−2, 권선−3에 전류를 유입시켜야 하는 단자는 d, e이다.(플레밍의 오른나사의 법칙)



2. 따라서 주어진 회로의 등가회로는 다음과 같다.



Ⅱ. 설문(2)

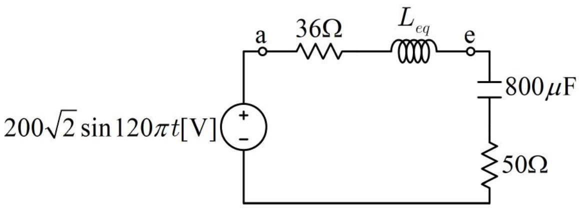
1. 우선 a−e 단자 사이의 전압 v_{ae}와 전류 i의 관계를 구하면 다음과 같다.

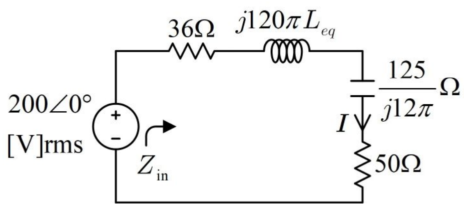
$$v_{ae} = 20i + 10i' - 0.9\sqrt{40}\,i' - 0.8\sqrt{60}\,i' + 10i + 4i' - 0.9\sqrt{40}\,i' + 0.9\sqrt{24}\,i' + 6i + 6i' - 0.8\sqrt{60}\,i' + 0.9\sqrt{24}\,i'$$

$$= 36i + (20 - 1.6\sqrt{60} - 1.8\sqrt{40} + 1.8\sqrt{24})i'$$

$$= 36i + (20 - 3.2\sqrt{15} - 3.6\sqrt{10} + 3.6\sqrt{6})i'$$

$L_{eq} = 20 - 3.2\sqrt{15} - 3.6\sqrt{10} + 3.6\sqrt{6} = 5.04042$[H]라 하면 설문(1)에서 구한 등가회로를 다음과 같이 간단히 할 수 있다.





2. 부하전류 $I = \dfrac{200\angle 0^{\circ}}{36 + j120\pi L_{eq} + \dfrac{125}{j12\pi} + 50} = 4.77044 - j105.22[\mathrm{mA}]\mathrm{rms}$이므로 부하저항에서의 소비전력 $P = 50|I|^2 = 0.554702[\mathrm{W}] \fallingdotseq 1[\mathrm{W}]$

Ⅲ. 설문(3)

부하저항의 소비전력은 $P = 50|I|^2$이므로 부하전류의 크기가 최대일 조건 즉, 전원에서 본 임피던스의 크기가 최소일 조건을 구하면 된다. 전원에서 본 임피던스 Z_{in}은

$$Z_{\mathrm{in}} = 36 + j2\pi f L_{eq} + \frac{1}{j2\pi f C} + 50 \ (C = 800\mu\mathrm{F})$$

$$= 86 + j\left(2\pi f L_{eq} - \frac{1}{2\pi f C}\right)[\Omega]$$

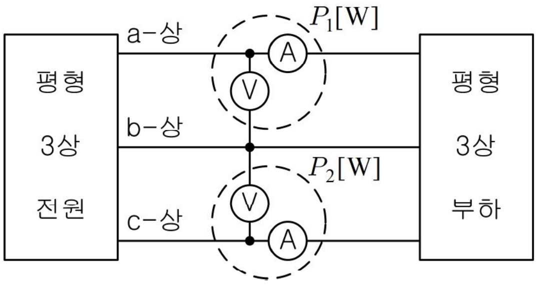
$$|Z_{\mathrm{in}}| = \sqrt{86^2 + \left(2\pi f L_{eq} - \frac{1}{2\pi f C}\right)^2}$$

에서 $2\pi f L_{eq} = \dfrac{1}{2\pi f C}$일 때 $|Z_{\mathrm{in}}|$은 최소가 된다.

따라서 $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_{eq}C}} = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{5.04042 \times 800 \times 10^{-6}}} = 2.50635[\mathrm{Hz}]$

[2020년 변리사 2차. 제2문] **[2021년판 기출064문]**

정상순의 평형 3상 전원으로부터 평형 3상 지상부하에 공급하는 3상 유효전력을 산출하기 위해, 단상 유효전력계 2개를 그림의 회로도처럼 3상 선로에 연결하였더니, 측정값이 각각 $P_1 = 1327[\text{W}]$, $P_2 = 1628[\text{W}]$이었다. 3상 무효전력을 산출하기 위해, 단상 무효전력계 1개를 그림의 3상 선로에 적절하게 연결하였더니, 측정값이 $Q = 174[\text{VAR}]$이었다. 그림의 3상 선로 이외에 무효전력계를 연결할 수 있는 별도의 측정점 연결 단자는 없다. 다음 물음에 답하시오.



(1) 측정값이 $Q = 174[\text{VAR}]$가 나오도록 3상 선로에 단상 무효전력계 1개를 연결한 회로도를 위 그림처럼 그리시오. (4점)

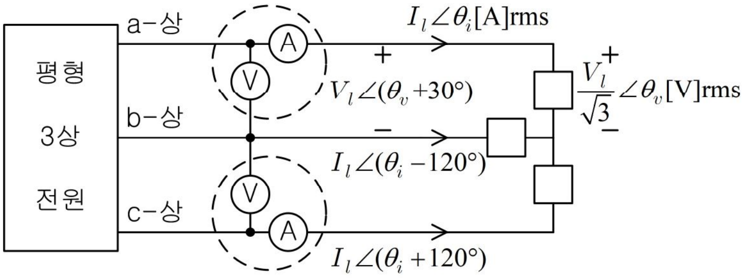
(2) 위 문항 (1)처럼 단상 무효전력계를 연결한 경우에 대해, 우선 3상의 전압전류 위상각 벡터도를 그린 후, 벡터도와 측정값 $Q[\text{VAR}]$를 이용한 3상 무효전력식($Q_{3-\phi}[\text{VAR}]$)을 유도하고, $Q_{3-\phi}[\text{VAR}]$ 값을 구하시오. (12점)

(3) 위의 2전력계 회로도에서, 3상 선로의 실효값 선전압 $V_l[\text{V}_{\text{rms}}]$, 실효값 선전류 $I_l[\text{A}_{\text{rms}}]$, 상전압상전류의 위상차가 θ이다. V_l, I_l, θ를 이용하여, P_1, P_2 식을 유도하시오. (4점)

[풀이]

Ⅰ. 설문(1), (2)

1. 두 유효전력계의 측정값은 $P_1 = 1327$[W], $P_2 = 1628$[W]이므로 삼상부하가 흡수하는 평균전력은 $P = P_1 + P_2 = 2955$[W], 또한 c선로전류가 a선로전류보다 위상이 빠르므로(정상순) 삼상부하가 흡수하는 무효전력은 $Q = \sqrt{3}(P_2 - P_1) = 301\sqrt{3}$[VAR]이다. 따라서 부하의 역률각도를 θ라 하면 $\tan\theta = \dfrac{Q}{P} = \dfrac{301\sqrt{3}}{2955}$이므로 $\theta = \tan^{-1}\dfrac{301\sqrt{3}}{2955}$.



2. 선전압, 선전류의 크기를 각각 V_l, I_l이라 하고 부하가 Y결선이라고 가정하면 부하의 상전압, 상전류크기는 각각 $\dfrac{V_l}{\sqrt{3}}$, I_l이다. 부하의 a상 전압, 전류를 각각 $\dfrac{V_l}{\sqrt{3}}\angle\theta_v$, $I_l\angle\theta_i$라 하면 부하가 흡수하는 평균전력은 $P = 3\times\dfrac{V_l}{\sqrt{3}}I_l\cos(\theta_v - \theta_i) = \sqrt{3}\,V_lI_l\cos\theta$[W]이다. (단, θ는 역률각도) 따라서 $\sqrt{3}\,V_lI_l\cos\theta = 2955$에서 $V_lI_l = \dfrac{2955}{\sqrt{3}\cos\theta} = 2\sqrt{750319}$.

3. 무효전력계의 전위코일, 전류코일의 전압, 전류를 각각 $V\angle\theta$[V]rms, $I\angle\phi$[A]rms라 하면 무효전력계의 측정값은 $VI\sin(\theta-\phi)$[VAR]이다. 주어진 평형삼상회로에서 무효전력계의 전위코일을 a−b선간에 연결하는 경우 전류코일은 a 또는 b 또는 c 선로에 연결할 수 있다.

4. a−b선간전압은 $V_l\angle(\theta_v + 30^o)$[V]rms이고 a, b, c선로의 전류는 각각 $I_l\angle\theta_i$[A]rms, $I_l\angle(\theta_i - 120^o)$[A]rms, $I_l\angle(\theta_i + 120^o)$[A]rms이므로 전류코일을 ⅰ) a선로에 연결한 경우 무효전력계의 측정값은 $V_lI_l\sin(\theta_v + 30^o - \theta_i) = V_lI_l\sin(\theta + 30^o) = 643\sqrt{3}$[VAR], ⅱ) b선로에 연결한 경우는 $V_lI_l\sin(\theta_v + 30^o - \theta_i + 120^o) = V_lI_l\sin(\theta + 150^o) = 342\sqrt{3}$[VAR], ⅲ) c선로에 연결한 경우는 $V_lI_l\sin(\theta_v + 30^o - \theta_i - 120^o) = V_lI_l\sin(\theta - 90^o) = -985\sqrt{3}$[VAR]이므로 무효전력계를 어떻게 연결하여도 측정값이 174[VAR]는 될 수 없다.

Ⅱ. 설문(3)

1. a−b선간전압은 $V_l\angle(\theta_v + 30^o)$[V]rms, a선로의 전류는 $I_l\angle\theta_i$[A]rms이므로 전력계의 측정값 $P_1 = V_lI_l\cos(\theta_v + 30^o - \theta_i) = V_lI_l\cos(\theta + 30^o)$[W]

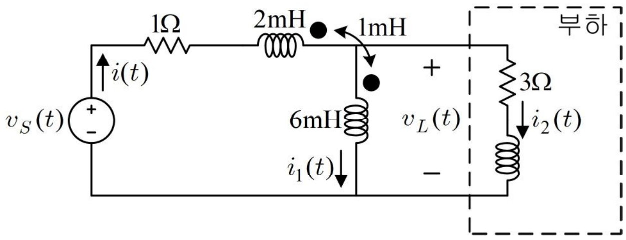
2. b−c선간전압은 $V_l\angle(\theta_v - 90^o)$[V]rms이므로 c−b선간전압은 $V_l\angle(\theta_v + 90^o)$[V]rms, c선

로전류는 $I_l\angle(\theta_i+120^{\circ})$[A]rms이므로 전력계의 측정값은

$$P_2=V_lI_l\cos(\theta_v+90^{\circ}-\theta_i-120^{\circ})=V_lI_l\cos(\theta-30^{\circ})[\mathrm{W}]$$

[2020년 변리사 2차. 제3문] **[2021년판 기출038문]**

다음과 같은 자기결합 교류회로에서 상호 인덕턴스(mutual inductance) $M=1[\mathrm{mH}]$이다. 부하가 소모하는 유효전력은 $P_L=300[\mathrm{W}]$이며, 부하의 역률(power factor, pf) $pf=0.5$ 지상(lagging)이다. 다음의 물음에 답하시오.(단, 정현파의 각주파수 $\omega=1000[\mathrm{rad/sec}]$이며, 부하전압 $v_L(t)$의 위상각을 0°으로 한다. 계산은 소수점 셋째자리에서 반올림한다.)



(1) 전류 $i(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$의 실효값 $[\mathrm{A_{rms}}]$에 대한 페이저도(phasor diagram)를 그리시오. (20점)

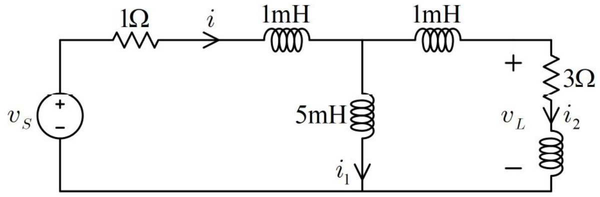
(2) 전원 $v_S(t)$가 공급하는 피상전력(apparent power)[VA] 및 역률을 각각 구하시오. (8점)

(3) 공급전압 $v_S(t)[\mathrm{V}]$ 및 부하전압 $v_L(t)[\mathrm{V}]$를 구하시오. (2점)

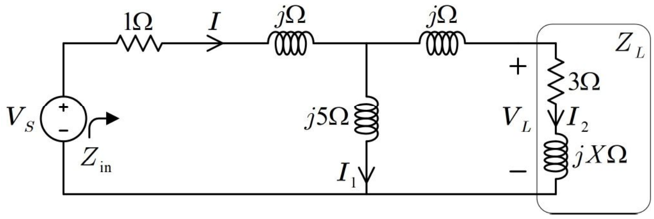
[풀이]

Ⅰ. 설문(1)

주어진 회로의 T형 등가회로 및 페이저회로는 다음과 같다.



T형 등가회로



페이저회로

5. 부하의 리액턴스를 $X(X>0)$라 하면 부하임피던스 $Z_L = 3+jX[\Omega]$이다. 역률각도는 Z_L의 위상각과 동일하므로 부하의 역률 $pf = \frac{3}{|Z_L|} = \frac{3}{\sqrt{9+X^2}} = \frac{1}{2}$ 따라서 $X = 3\sqrt{3}[\Omega]$

6. 부하가 소모하는 유효전력은 $3|\boldsymbol{I_2}|^2 = 300$이므로 $|\boldsymbol{I_2}| = 10$[A]rms이다. 또한 부하전압 $\boldsymbol{V_L} = (3+j3\sqrt{3})\boldsymbol{I_2}$이므로 $|\boldsymbol{V_L}| = |3+j3\sqrt{3}| \times |\boldsymbol{I_2}| = 6\times 10 = 60$[V]rms. $v_L(t)$의 위상각은 0^o이므로 $\boldsymbol{V_L} = 60\angle 0^o$[V]rms. 따라서 부하전압 $v_L(t) = 60\sqrt{2}\cos 1000t$[V]

7. $\boldsymbol{I_2}$, $\boldsymbol{I_1}$, $\boldsymbol{I}$

(1) $\boldsymbol{I_2} = \frac{\boldsymbol{V_L}}{3+j3\sqrt{3}} = \frac{60\angle 0^o}{3+j3\sqrt{3}}$

(2) KVL에 의해 $j5\boldsymbol{I_1} = j\boldsymbol{I_2} + \boldsymbol{V_2} = j\boldsymbol{I_2} + 60$

(3) KCL에 의해 $\boldsymbol{I} = \boldsymbol{I_1} + \boldsymbol{I_2}$

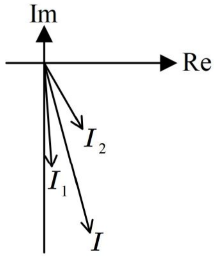
(4) 상기 (1)~(3)의 식들을 연립하면

$\boldsymbol{I} = 6 - j6(\sqrt{3}+2) = 23.18\angle -75^o$[A]rms

$\boldsymbol{I_1} = 1 - j(\sqrt{3}+12) = 13.77\angle -85.83^o$[A]rms

$\boldsymbol{I_2} = 5 - j5\sqrt{3} = 10\angle -60^o$[A]rms

8. $\boldsymbol{I_2}$, $\boldsymbol{I_1}$, $\boldsymbol{I}$에 대한 페이저도(오른쪽 그림 참고)



Ⅱ. 설문(2)

1. 전원에서 본 등가임피던스 $Z_{\text{in}} = 1 + j + \{j5 \| (j + 3 + j3\sqrt{3})\} = \dfrac{31}{6} - \dfrac{25\sqrt{3}}{12} + j\dfrac{47}{12}[\Omega]$이므로 전원이 공급하는 복소전력은 Z_{in}이 흡수하는 복소전력과 동일하다. 따라서 $v_S(t)$가 공급하는 복소전력 $S = Z_{\text{in}}|\boldsymbol{I}|^2 = 144\sqrt{3} + 588 + j564(\sqrt{3}+2)[\text{VA}]$.
2. 따라서 $v_S(t)$가 공급하는 피상전력은 $|S| = 24\sqrt{2503\sqrt{3} + 4574} = 2265.34[\text{VA}]$
3. 역률 $pf = \dfrac{\text{Re}[S]}{|S|} = 0.37$(지상)

Ⅲ. 설문(3)

1. $\boldsymbol{V_S} = Z_{\text{in}}\boldsymbol{I} = 11\sqrt{3} + 78 - j(6\sqrt{3+1}) = 97.7189\angle -6.6949^{\text{o}}[\text{V}]\text{rms}$이므로
   $v_S(t) = 97.7189\sqrt{2}\cos(1000t - 6.6949^{\text{o}}) = 138.20\cos(1000t - 6.69^{\text{o}})[\text{V}]$
2. $v_L(t) = 60\sqrt{2}\cos 1000t = 84.85\cos 1000t[\text{V}]$

[2020년 변리사 2차. 제4문] **[2021년판 기출066문]**

그림 (가)의 회로에 그림 (나)의 전압원을 인가하였다. 시간 $t>0$인 구간에서 다음의 물음에 답하시오.

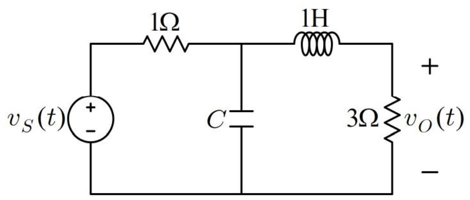


그림 (가)

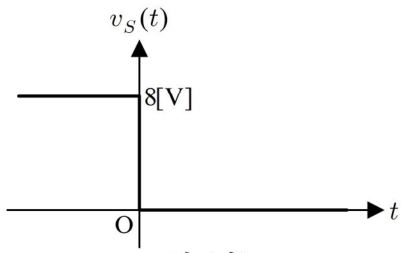


그림 (나)

(1) 회로 내 루프의 개수를 그대로 유지하면서, $s-$영역(domain)의 회로도를 그리시오. (5점)

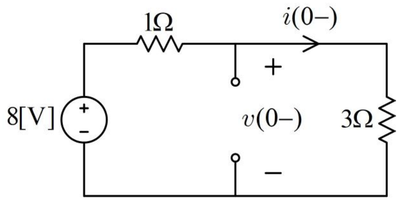
(2) 출력전압 $v_O(t)$가 비제동 고유주파수(undamped natural frequency)의 범위를 $\omega_O < 4$[rad/sec]로 유지하면서 임계제동(critical damping)을 하도록, C의 값을 구하시오. (11점)

(3) 문항 (2)의 결과로부터 $v_O(t)$를 구하시오. (4점)

[풀이]

Ⅰ. 설문(1)

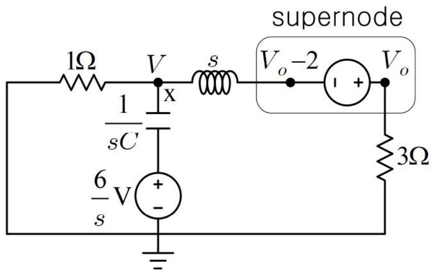
1. 다음 직류정상상태회로에서($t=0-$)



(1) KVL에 의해 인덕터전류 $i(0-)=\dfrac{8}{1+3}=2[\mathrm{A}]$

(2) 커패시터전압 $v(0-)=3i(0-)=3\times 2=6[\mathrm{V}]$

2. $s-$영역의 회로도



Ⅱ. 설문(2)

1. 상기 회로에서

(1) 마디 x에 KCL을 적용하면 $\dfrac{V}{1}+sC\left(V-\dfrac{6}{s}\right)+\dfrac{V-(V_o-2)}{s}=0$

(2) supernode에 KCL을 적용하면 $\dfrac{V_o-2-V}{s}+\dfrac{V_o}{3}=0$

(3) 상기 (1), (2)의 식들을 연립하면 $V_o=\dfrac{6(Cs+3C+1)}{Cs^2+(3C+1)s+4}[\mathrm{V}]$

2. $V_o=\dfrac{6(Cs+3C+1)}{Cs^2+(3C+1)s+4}[\mathrm{V}]$에서 특성방정식은 $Cs^2+(3C+1)s+4=0$이므로 출력전압 $v_O(t)$가 임계제동이려면 $D=(3C+1)^2-4\times C\times 4=9C^2-10C+1=(9C-1)(C-1)=0$ 이어야 하므로 $C=\dfrac{1}{9}[\mathrm{F}]$, $C=1[\mathrm{F}]$

3. $C=\dfrac{1}{9}[\mathrm{F}]$일 때 $V_o=\dfrac{6(s+12)}{s^2+12s+36}$이므로 $\omega_O^2=36$이다. $\omega_O=6>4[\mathrm{rad/sec}]$이므로 주어진 조건에 부합하지 않는다. $C=1[\mathrm{F}]$이면 $V_o=\dfrac{6(s+4)}{s^2+4s+4}$이므로 $\omega_O^2=4$이다. $\omega_O=2<4[\mathrm{rad/sec}]$이므로 구하는 C의 값은 $1[\mathrm{F}]$이다.

Ⅲ. 설문(3)

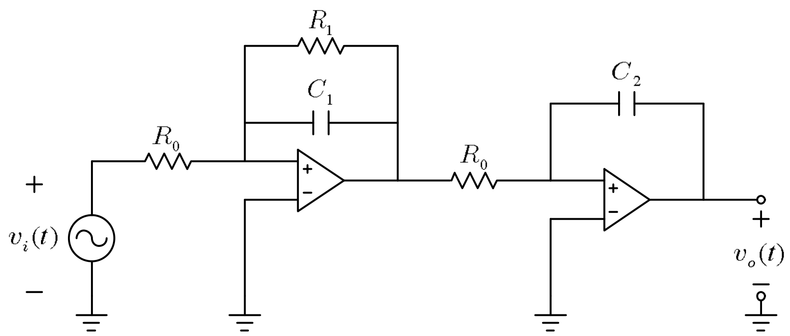
$V_o = \frac{6(s+4)}{s^2+4s+4} = \frac{6}{s+2} + \frac{12}{(s+2)^2}$ 이므로

$v_O(t) = 6e^{-2t} + 12te^{-2t}$[V] $(t \geq 0)$

[행정고시 기술직 2차. 제1문] **[2021년판 기출070문]**

다음과 같은 2차 미분방정식의 해를 표현하기 위해 그림[1]과 같이 이상적인 연산증폭기를 이용한 회로를 구성하였다. 물음에 답하시오. (여기서 $R_0 = 200[\Omega]$, $R_1 = 100[\Omega]$, $C_1 = 2.5 \times 10^{-3}[\mathrm{F}]$, $C_2 = 1 \times 10^{-2}[\mathrm{F}]$이다.) (총 16점)

$$\frac{d^2 v_o(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dv_o(t)}{dt} + a_0 v_o(t) = b v_i(t);\ v_o(0) = v_o{}'(0) = 0$$



1) 2차 미분방정식의 계수 a_0, a_1과 b를 구하시오.(8점)

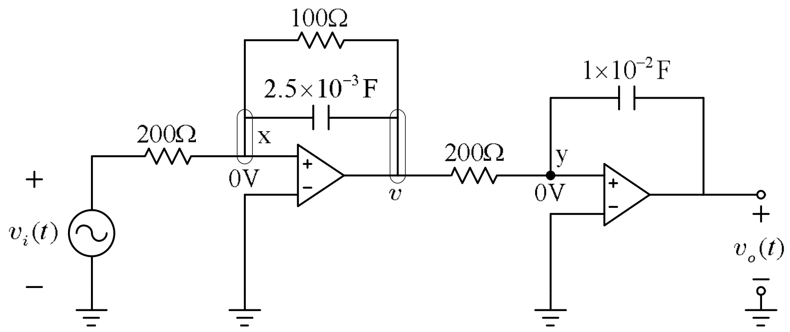
2) 입력 전압 $v_i(t) = 8e^{-2t}u(t)[\mathrm{V}]$일 때, 출력 전압 $v_o(t)$를 구하시오.(8점)

1) OP앰프의 극성이 위쪽이 +, 아래쪽이 -극으로 제시되어 있는데 일반적으로 negative feedback을 적용하므로 위쪽이 −, 아래쪽이 +극이 되어야 정확하다.(회로이론 범위에서 결과에 영향은 없다.)

[풀이]

Ⅰ. 설문(1)

다음 회로에서



1. 마디 x에 KCL을 적용하면 $\dfrac{0-v_i}{200}+2.5\times10^{-3}(0-v)'+\dfrac{0-v}{100}=0$이므로 이를 정리하면 $-\dfrac{v_i}{200}-2.5\times10^{-3}Dv-\dfrac{v}{100}=0\ \left(D=\dfrac{d}{dt}\right)$

2. 마디 y에 KCL을 적용하면 $\dfrac{0-v}{200}+1\times10^{-2}(0-v_o)'=0$이므로 $-\dfrac{v}{200}-1\times10^{-2}Dv_o=0$

3. 상기 1, 2의 결과식을 연립하면 $v_o=\dfrac{v_i}{D^2+4D}$에서 $v_o''+4v_o'=v_i$이므로 계수 $a_0=0$, $a_1=4$, $b=1$

Ⅱ. 설문(2)

미분방정식 $v_o''+4v_o'=8^{-2t}u(t)$에서 $\mathcal{L}\left[v_o(t)\right]=V_o(s)$라 하면

$\mathcal{L}\left[v_o''+4v_o'\right]=\mathcal{L}\left[8e^{-2t}u(t)\right]$

$\mathcal{L}\left[v_o''\right]+4\mathcal{L}\left[v_o'\right]=8\mathcal{L}\left[e^{-2t}u(t)\right]$

$s^2V_o(s)-sv_o(0)-v_o'(0)+4(sV_o(s)-v_o(0))=\dfrac{8}{s+2}$에서 $v_o(0)=v_o'(0)=0$이므로

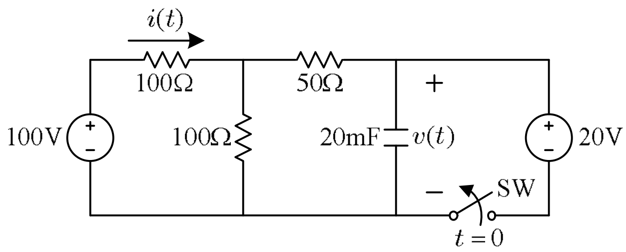
$(s^2+4s)V_o(s)=\dfrac{8}{s+2}$

$V_o(s)=\dfrac{8}{s(s+4)(s+2)}=\dfrac{1}{s+4}-\dfrac{2}{s+2}+\dfrac{1}{s}$이므로

$v_o(t)=(e^{-4t}-2e^{-2t}+1)u(t)[\mathrm{V}]$

[행정고시 기술직 2차. 제2문] **[2021년판 기출067문]**

그림과 같은 회로에서 스위치(SW)가 개방되기 전에 정상 상태에 도달하였다. $t=0$에서 스위치(SW)를 개방할 때, 물음에 답하시오. (총 16점)



1) $t>0$에서 커패시터의 전압 $v(t)$를 구하시오.(8점)

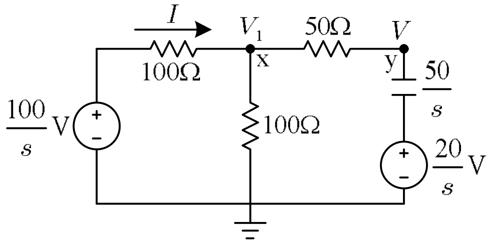
2) $t>0$에서 저항에 흐르는 전류 $i(t)$를 구하시오.(8점)

[풀이]

Ⅰ. 설문(1), 설문(2)

1. $t<0$에서 커패시터와 20V 전압원은 병렬연결이므로 스위칭 직전($t=0-$) 커패시터전압 $v(0-)=20\text{V}$이다.

2. 다음 라플라스변환회로에서



(1) 마디 x에 KCL을 적용하면 $I=\dfrac{V_1}{100}+\dfrac{V_1-V}{50}$

(2) 마디 y에 KCL을 적용하면 $0=\dfrac{V-V_1}{50}+\dfrac{s}{50}\left(V-\dfrac{20}{s}\right)$

(3) $I=\dfrac{\dfrac{100}{s}-V_1}{100}$

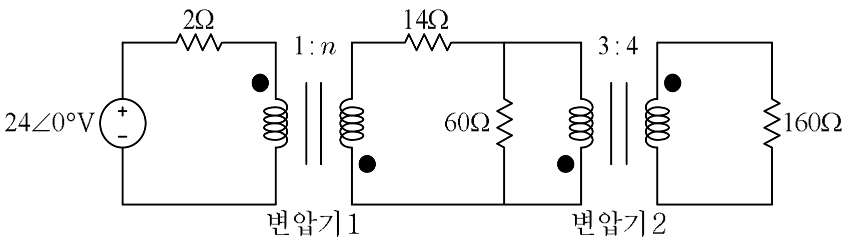
(4) 상기 (1)~(3)의 식들을 연립하면

$$V=\frac{10(4s+5)}{s(2s+1)}=\frac{50}{s}-\frac{30}{s+\frac{1}{2}}\text{이므로 } v(t)=50-30e^{-\frac{1}{2}t}[\text{V}]\ (t\geq 0)$$

$$I=\frac{13s+5}{10s(2s+1)}=\frac{3}{20}\times\frac{1}{s+\frac{1}{2}}+\frac{1}{2s}\text{이므로 } i(t)=\frac{3}{20}e^{-\frac{1}{2}t}+\frac{1}{2}[\text{A}]\ (t>0)$$

[행정고시 기술직 2차. 제3문] **[2021년판 기출046문]**

2개의 이상적인 변압기를 포함하는 다음 회로에 대하여 물음에 답하시오. (단, 교류전원의 최대전압은 24[V]이고, 72[W]의 평균전력을 공급한다. 그리고 변압기의 권선비는 1차측 권선수에 대한 2차측 권선수로 정의한다.) (총 18점)



1) 변압기1의 권선비(turns ratio)를 구하시오.(6점)

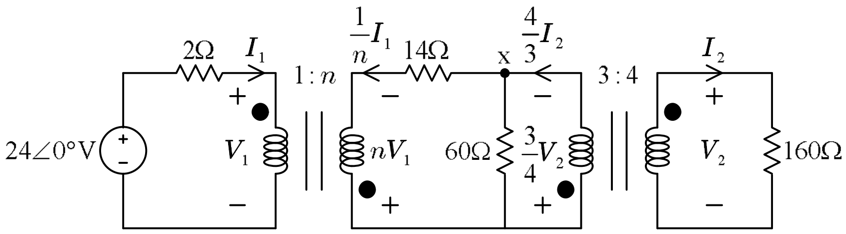
2) 변압기1의 복소전력(complex power)을 구하시오.(6점)

3) 160[Ω]의 저항에서 소비되는 평균전력을 구하시오.(6점)

[풀이]

Ⅰ. 각 변압기 인덕터의 전압, 전류

변압기1의 권선비는 $1:n$, 변압기2의 권선비는 $1:\frac{4}{3}$이므로 각 변압기 인덕터의 전압, 전류를 다음과 같이 나타낼 수 있다.



(1) 망로전류 I_1을 따라 KVL을 적용하면 $24 = 2I_1 + V_1$

(2) 망로전류 $\frac{1}{n}I_1$을 따라 KVL을 적용하면 $14\times\frac{1}{n}I_1 - nV_1 + \frac{3}{4}V_2 = 0$

(3) 마디 x에 KCL을 적용하면 $\frac{1}{n}I_1 = \frac{4}{3}I_2 + \frac{\frac{3}{4}V_2}{60}$

(4) $V_2 = 160I_2$

(5) 상기 (1)~(4)의 결과식을 연립하면 $I_1 = \frac{12n^2}{n^2+25}\angle 0^{\circ}[\mathrm{A}]$, $I_2 = \frac{18n}{5(n^2+25)}\angle 0^{\circ}[\mathrm{A}]$,

$V_1 = \frac{600}{n^2+25}\angle 0^{\circ}[\mathrm{V}]$, $V_2 = \frac{576n}{n^2+25}\angle 0^{\circ}[\mathrm{V}]$

Ⅱ. 설문(1), 설문(2) 관련

1. 앞의 결과로부터 교류전원이 공급하는 복소전력은 $\frac{1}{2}\times 24\times I_1^* = \frac{144n^2}{n^2+25} + j0[\mathrm{VA}]$이므로 $\frac{144n^2}{n^2+25} = 72$에서 변압기1의 권선비 $n=5$

2. $n=5$일 때 $I_1 = 6\angle 0^{\circ}[\mathrm{A}]$, $V_1 = 12\angle 0^{\circ}[\mathrm{V}]$, $V_2 = \frac{288}{5}\angle 0^{\circ}[\mathrm{V}]$, $I_2 = \frac{9}{25}\angle 0^{\circ}[\mathrm{A}]$이므로 변압기1의 복소전력[2)]은 $\frac{1}{2}V_1 I_1^* = \frac{1}{2}\times 12\times 6 = 36 + j0[\mathrm{VA}]$

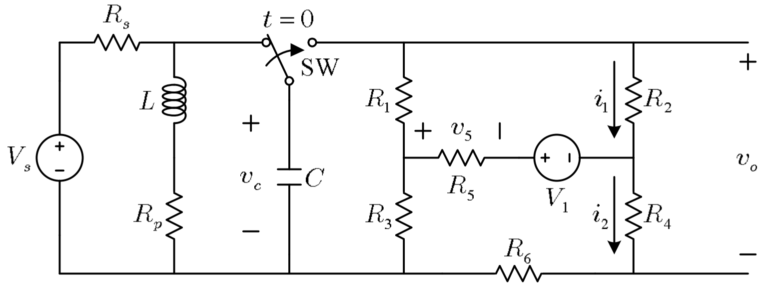
Ⅲ. 설문(3)

상기 결과로부터 160Ω 저항의 소비전력은 $\frac{1}{2}\times 160\times |I_2|^2 = \frac{1296}{125} = 10.368[\mathrm{W}]$

2) 설문의 '변압기1의 복소전력'의 의미가 명확하지 않은데 풀이에서는 변압기1을 거쳐 전달되는 복소전력을 구하였다. 이상변압기를 2포트회로로 생각하면 이상변압기가 흡수하는 총 복소전력은 0[VA]이다.

[행정고시 기술직 2차. 제4문] **[2021년판 기출075문]**

충분히 오랜 시간이 흘러 정상 상태가 된 후, $t=0$인 순간에 스위치(SW)가 전환되었다. $V_s=10[\mathrm{V}]$, $R_s=2[\Omega]$, $R_p=3[\Omega]$, $L=2[\mathrm{H}]$, $C=1[\mathrm{F}]$, $R_1=R_5=R_6=1[\Omega]$, $R_2=R_3=2[\Omega]$, $R_4=3[\Omega]$, $V_1=10\delta(t)[\mathrm{V}]$일 때, 다음 물음에 답하시오.(총 30점)



1) 스위치가 전환된 직후 커패시터 양단의 초기전압 $v_c(0^+)$를 구하시오.(6점)

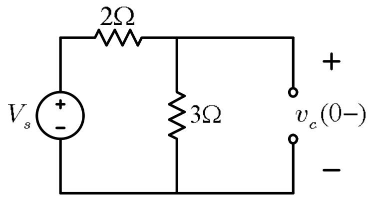
2) 정상 상태에서 $i_1(t)$, $i_2(t)$ 및 $v_o(t)$를 구하시오.(14점)

3) 전원 전압(V_s)의 미소 변화에 따른 민감도$\left(\dfrac{\left|\dfrac{\Delta v_5(t)}{v_5(t)}\right|}{\left|\dfrac{\Delta V_s}{V_s}\right|}\right)$를 구하시오.(10점)

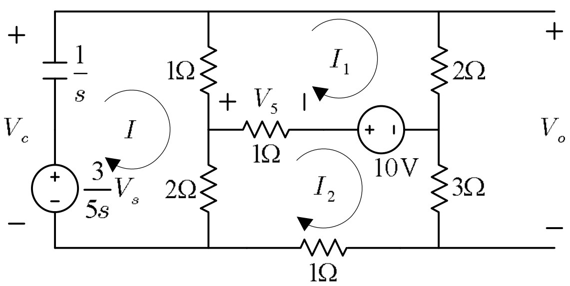
[풀이]

Ⅰ. 스위칭 후 전압, 전류

1. 스위칭 직전($t=0-$) 회로에서 전압분배법칙에 의해 $v_c(0-)=\dfrac{3}{2+3}\times V_s=\dfrac{3}{5}V_s$[V]



2. 다음 라플라스변환회로에서



(1) 망로전류 I를 따라 KVL을 적용하면 $V_c=1\times(I-I_1)+2(I-I_2)$

(2) $V_c=-\dfrac{1}{s}I+\dfrac{3}{5s}V_s$

(3) 망로전류 I_1을 따라 KVL을 적용하면 $2I_1-10-V_s+1\times(I_1-I)=0$

(4) 망로전류 I_2를 따라 KVL을 적용하면 $3I_2+I_2+2(I_2-I)+V_5+10=0$

(5) $V_o=2I_1+3I_2$

(6) $V_5=1\times(I_2-I_1)$

(7) 상기 (1)~(6)의 식들을 연립하면 다음과 같다.

① $I=\dfrac{3V_s}{5(2s+1)}=\dfrac{3V_s}{10}\times\dfrac{1}{s+\frac{1}{2}}$ 이므로 $i(t)=\dfrac{3V_s}{10}e^{-\frac{1}{2}t}$[A] $(t>0)$

② $I_1=\dfrac{200s+9V_s+100}{45(2s+1)}=\dfrac{V_s}{10\left(s+\frac{1}{2}\right)}+\dfrac{20}{9}$ 이므로 $i_1(t)=\dfrac{V_s}{10}e^{-\frac{1}{2}t}+\dfrac{20}{9}\delta(t)$[A] $(t\geq 0)$

③ $I_2=-\dfrac{100s-9V_s+50}{45(2s+1)}=\dfrac{V_s}{10\left(s+\frac{1}{2}\right)}-\dfrac{20}{9}$ 이므로 $i_2(t)=\dfrac{V_s}{10}e^{-\frac{1}{2}t}-\dfrac{10}{9}\delta(t)$[A] $(t\geq 0)$

④ $V_o=\dfrac{20s+9V_s+10}{9(2s+1)}=\dfrac{V_s}{2\left(s+\frac{1}{2}\right)}+\dfrac{10}{9}$ 이므로 $v_o(t)=\dfrac{V_s}{2}e^{-\frac{1}{2}t}+\dfrac{10}{9}\delta(t)$[V] $(t\geq 0)$

⑤ $V_c = \dfrac{6V_s}{5(2s+1)} = \dfrac{3V_s}{5\left(s+\dfrac{1}{2}\right)}$ 이므로 $v_c(t) = \dfrac{3V_s}{5}e^{-\frac{1}{2}t}[\mathrm{V}]$ $(t \geq 0)$

⑥ $V_5 = -\dfrac{10}{3}$ 이므로 $v_5(t) = -\dfrac{10}{3}\delta(t)[\mathrm{V}]$

Ⅱ. 설문(1), 설문(2) 관련

1. $V_s = 10[\mathrm{V}]$일 때 $v_c(t) = \dfrac{3V_s}{5}e^{-\frac{1}{2}t} = 6e^{-\frac{1}{2}t}[\mathrm{V}]$이므로 $v_c(0+) = 6[\mathrm{V}]$

2. $V_s = 10[\mathrm{V}]$일 때

(1) $i_1(t) = \dfrac{V_s}{10}e^{-\frac{1}{2}t} + \dfrac{20}{9}\delta(t) = e^{-\frac{1}{2}t} + \dfrac{20}{9}\delta(t)[\mathrm{A}]$이므로 $i_1(\infty) = 0[\mathrm{A}]$

(2) $i_2(t) = \dfrac{V_s}{10}e^{-\frac{1}{2}t} - \dfrac{10}{9}\delta(t) = e^{-\frac{1}{2}t} - \dfrac{10}{9}\delta(t)[\mathrm{A}]$이므로 $i_2(\infty) = 0[\mathrm{A}]$

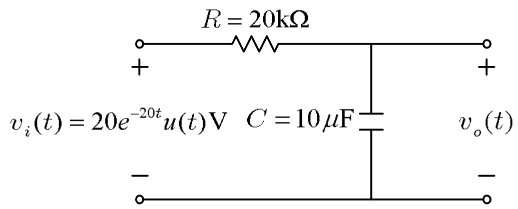
(3) $v_o(t) = \dfrac{V_s}{2}e^{-\frac{1}{2}t} + \dfrac{10}{9}\delta(t) = 5e^{-\frac{1}{2}t} + \dfrac{10}{9}\delta(t)[\mathrm{V}]$이므로 $v_o(\infty) = 0[\mathrm{V}]$

Ⅲ. 설문(3)

$v_5(t) = -\dfrac{10}{3}\delta(t)[\mathrm{V}]$이므로 V_s의 변화에 영향을 받지 않는다. 따라서 $\dfrac{\Delta v_5(t)}{\Delta V_s} = 0$이므로 민감도 $\dfrac{\left|\dfrac{\Delta v_5(t)}{v_5(t)}\right|}{\left|\dfrac{\Delta V_s}{V_s}\right|} = \dfrac{V_s}{v_5(t)} \times \dfrac{\Delta v_5(t)}{\Delta V_s} = 0$

[행정고시 기술직 2차. 제5문] **[2021년판 기출104문]**

그림과 같은 저주파 통과필터(low pass filter)에 대하여 다음 물음에 답하시오.
(총 20점)



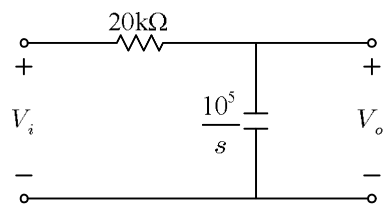
1) 전달함수를 구하시오.(6점)
2) 출력 신호의 푸리에 변환(Fourier Transform)을 구하시오.(6점)
3) 필터회로의 입력 및 출력에서의 정규화된 에너지를 구하시오.(단, 출력의 경우 Parseval 정리를 이용한다.)(8점)

[풀이]

Ⅰ. 설문(1)

1. 전달함수는 모든 초기조건이 0인 상태에서 입력라플라스변환에 대한 출력라플라스변환의 비로 정의된다.

2. 다음 회로에서 전압분배법칙에 의해 전달함수 $H(s)=\dfrac{V_o}{V_i}=\dfrac{\dfrac{10^5}{s}}{20\times10^3+\dfrac{10^5}{s}}=\dfrac{5}{s+5}$



Ⅱ. 설문(2)

$$V_o(j\omega)=H(j\omega)V_i(j\omega)=\frac{5}{j\omega+5}\times\frac{20}{j\omega+20}=\frac{100}{(j\omega+5)(j\omega+20)}$$

Ⅲ. 설문(3)

1. 입력에서의 정규화 된 에너지는 $\int_0^\infty v_i^2(t)dt=\int_0^\infty 400e^{-40t}dt=10[\mathrm{J}]$

2. Parseval정리를 이용하면 출력에서의 정규화 된 에너지는

$$\begin{aligned}\frac{1}{\pi}\int_0^\infty |V_o(j\omega)|^2d\omega &= \frac{1}{\pi}\int_0^\infty\left|\frac{100}{(j\omega+5)(j\omega+20)}\right|^2d\omega\\ &=\frac{1}{\pi}\int_0^\infty\frac{10000}{\omega^4+425\omega^2+10000}d\omega\\ &=2[\mathrm{J}]\end{aligned}$$

2020년판 2021년판 문제번호 대조표

2020년판	2021년판	2020년판	2021년판	2020년판	2021년판
1	1	41	37	81	84
2	2	42	39	82	85
3	3	43	40	83	삭제
4	4	44	42	84	86
5	5	45	43	85	87
6	6	46	44	86	88
7	7	47	45	87	89
8	8	48	47	88	90
9	9	49	48	89	91
10	10	50	49	90	92
11	11	51	50	91	93
12	12	52	51	92	94
13	13	53	삭제	93	삭제
14	14	54	52	94	95
15	삭제	55	53	95	96
16	15	56	54	96	97
17	16	57	55	97	98
18	17	58	56	98	삭제
19	18	59	57	99	99
20	19	60	58	100	100
21	삭제	61	59	101	101
22	삭제	62	60	102	102
23	20	63	61	103	103
24	21	64	62	104	105
25	22	65	63	105	106
26	23	66	65	106	107
27	24	67	68	107	108
28	25	68	69	108	109
29	26	69	71	109	110
30	27	70	72	110	111
31	28	71	73	111	112
32	29	72	74	112	113
33	30	73	76	113	114
34	31	74	77	114	115
35	32	75	78	115	116
36	33	76	79	116	117
37	34	77	80		
38	삭제	78	81		
39	35	79	82		
40	36	80	83		