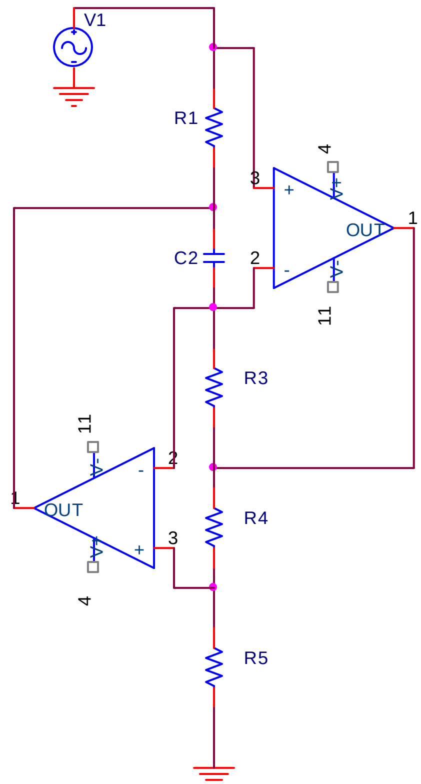
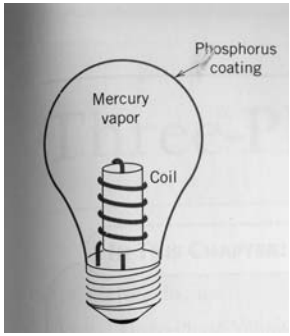
회로이론 2 중간고사-2007. 11. 14

[1] 다음 소자에 정현파 전압을 인가할 때, V-I 단자 특성을 써라(25점)

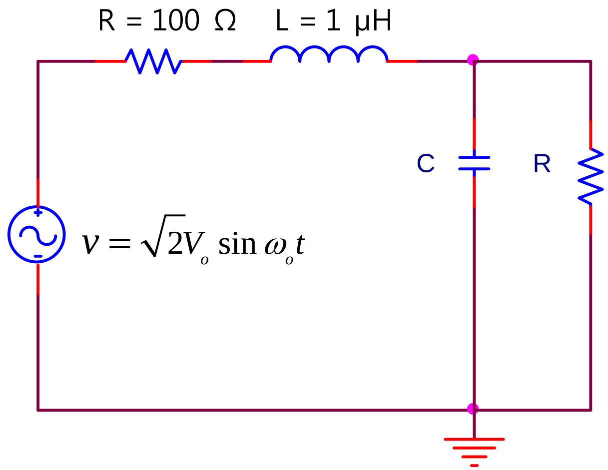


[2] Electronic lamp는 고주파에서 동작하며 에너지를 수은증기에 전달하여 수은 증기가 phosphorus 막을 때려서 빛을 발산한다. 그림의 회로에서 R, C 가 얼마일 때 최대 전력을 전달받는가? 등가회로는 그림과 같고 R, C는 lamp의 크기와 phosphorus의 종류에 의해 결정된다.

$$\begin{pmatrix} \omega_o = 10^7 \ rad/\sec \\ v_o = 220 \ V_{rms} \end{pmatrix}$$



(a) R, C를 구하여라. (15점)
(b) 전달되는 최대전력을 구하라(10점)



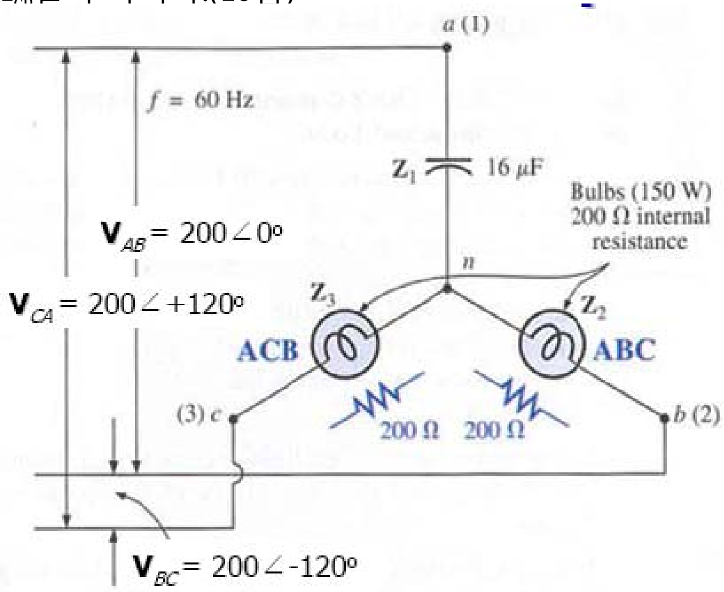
회로이론 2 중간고사-2007. 11. 14

[3] 다음 회로는 불평형 삼상회로이다. 캐패시터가 연결된 상을 a 상이라고 하고, 그리과 같이 200Ω이 연결된 상을 각각 b상, c상 이라고 하자. 그림과 같이 전원이 연결되었을 때, $\mathbf{Z_2}$, $\mathbf{Z_3}$ 중 어느 소자의 전류가 크겠는가? (25점)

(a) 주파수가 60 Hz일 때 $\mathbf{Z_1}$은 얼마인가?(5점)

(b) $\mathbf{I}_{bn}$을 구하여라.(10점)

(c) $\mathbf{I}_{cn}$을 구하여라.(10점)



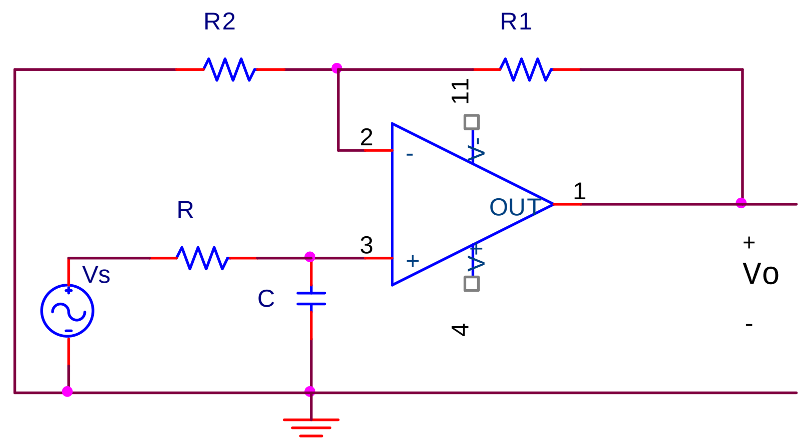
Phase sequence indicator

[4] 다음 회로의 전달함수를 구하라.

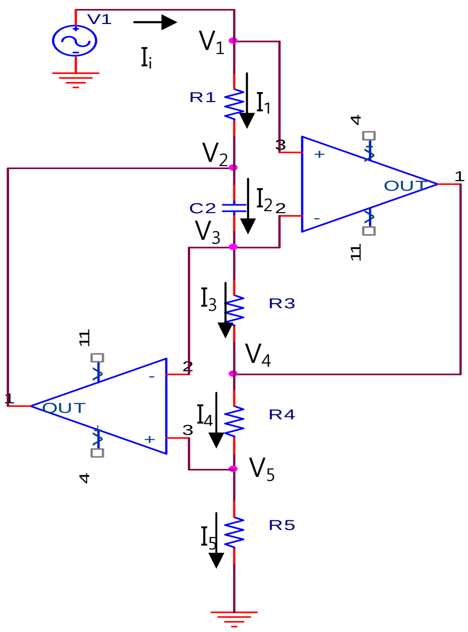
(a)

$$H(\omega) = \frac{V_o(\omega)}{V_s(\omega)} \qquad (10점)$$

(b) RC=0.1 이고, $R_1/R_2=3$ 일 때, Bode Diagram을 그려라. (15점).



[1] 다음 소자에 정현파 전압을 인가할 때, V-I단자 특성을 써라(15점)



이상적인 op-amp는 양단의 입력단자가 virtual short 이므로

$$V_1 = V_3 = V_5$$

이다. 또한 op-amp의 입력 전류도 없으므로

$$I_i = I_1$$
$$I_2 = I_3$$
$$I_4 = I_5$$

이다. 위의 식을 이용하면, 다음과 같이 단자의 입력전압이 V_1일 때 입력전류 I_i 를 유도할 수 있다.

$$I_5 = \frac{V_5}{R_5} = \frac{V_1}{R_5}$$
$$I_4 = I_5 = \frac{V_1}{R_5}$$
$$V_4 = V_5 + I_4 R_4 = V_1 + \frac{V_1}{R_5} R_4 = V_1 (1 + \frac{R_4}{R_5})$$
$$I_3 = \frac{V_5 - V_4}{R_3} = -\frac{R_4}{R_3 R_5} V_1$$
$$I_2 = I_3 = -\frac{R_4}{R_3 R_5} V_1$$
$$V_2 = V_3 + \frac{I_2}{j\omega C_2} = V_1 (1 - \frac{R_4}{j\omega C_2 R_3 R_5})$$

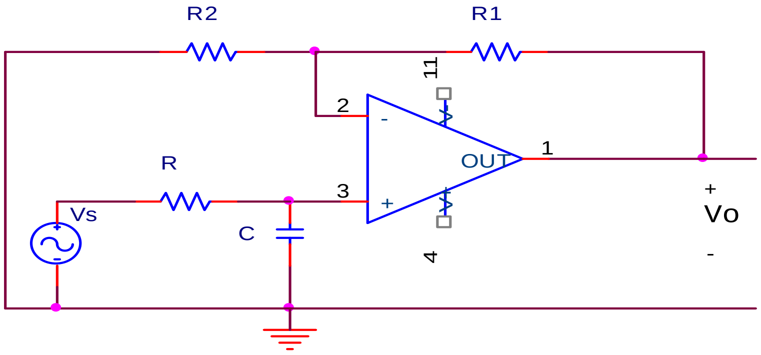
$$I_1 = \frac{V_1 - V_2}{R_1} = \frac{R_4}{j\omega R_1 C_2 R_3 R_5} V_1$$
$$I_i = I_1 = \frac{R_4}{j\omega R_1 C_2 R_3 R_5} V_1$$

이때 단자의 Impedance Z 는

$$Z = \frac{V_1}{I_i} = j\omega \frac{R_1 C_2 R_3 R_5}{R_4} = j\omega L \text{ , where } \quad L = \frac{R_1 C_2 R_3 R_5}{R_4}$$

즉 위의 소자는 인덕턴스가 L 인 인덕터 특성을 보인다. 따라서 입력전류 I 는 입력전압 V 보다 위상이 90° 늦고, 크기는 1/(ωL).배가 된다.

[2] 다음 회로의 전달함수를 구하라. (20점)



Sol)

(a) $V_2 = V_3 = V$

node 2에서 KCL을 적용하면

$$\frac{V}{R_2} = \frac{V_o - V}{R_1} \qquad \therefore V_o = \frac{R_1 - R_2}{R_2} V$$

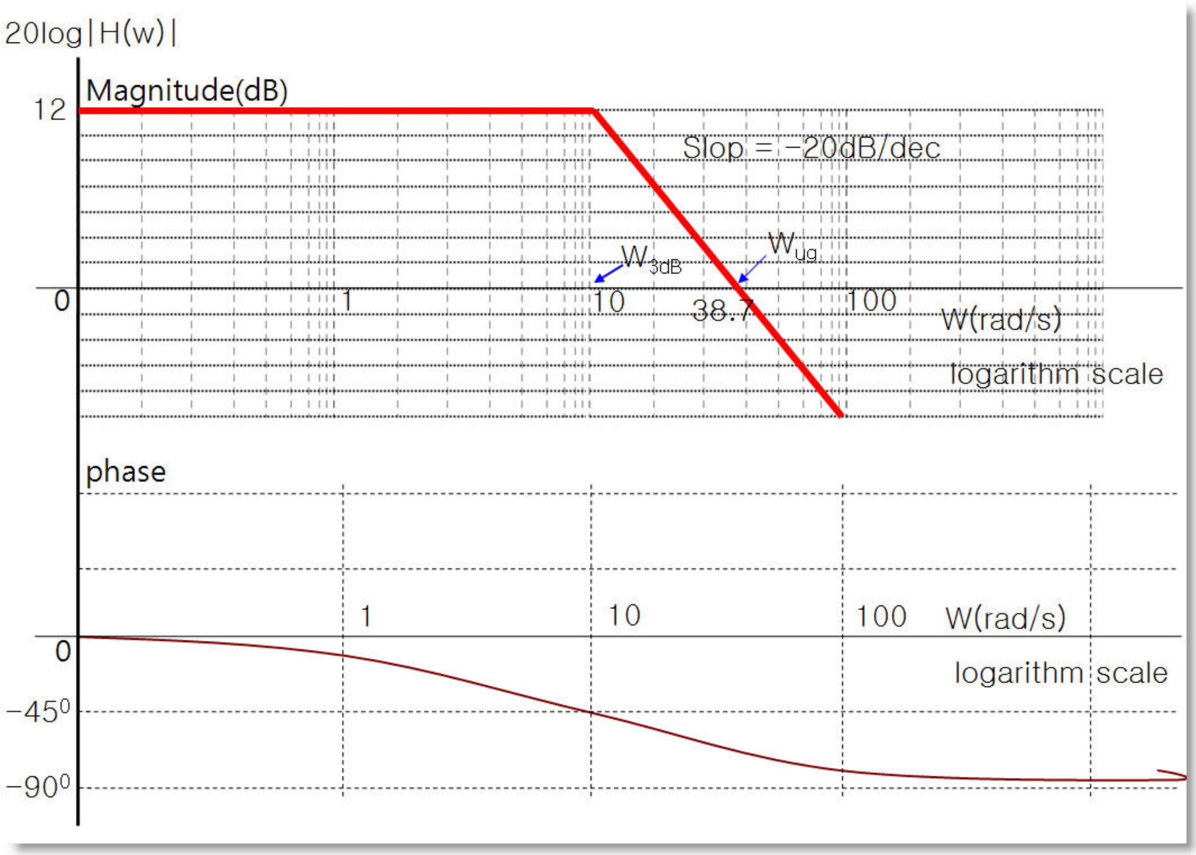
node 3에서 KCL을 적용하면

$$\frac{V_s - V}{R} = \frac{V}{1 + j\omega C} \qquad \therefore V_s = (1 + j\omega RC) \cdot V$$

$$\therefore H(\omega) = \frac{V_o}{V_s} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) \frac{1}{1 + j\omega RC}$$

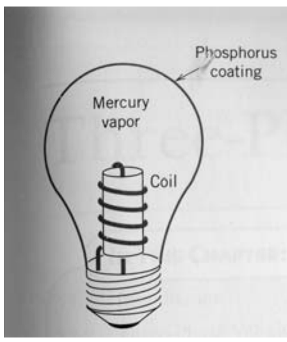
(b) RC=0.1 이고, $R_1/R_2=3$ 일 때, Bode Diagram을 그려라. (10점).

$$|H(\omega)| = \frac{4}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2}{10^2}}} , \angle H(\omega) = -\arctan(\frac{\omega}{10}) \text{ 이므로}$$



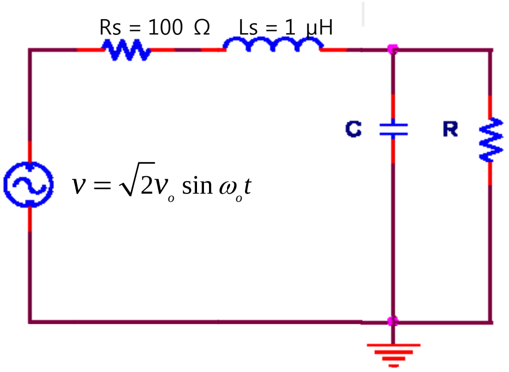
[3] Electronic lamp는 고주파에서 동작하며 에너지를 수은증기에 전달하여 수은 증기가 phosphorus 막을 때려서 빛을 발산한다. 그림의 회로에서 R, C 가 얼마일 때 최대 전력을 전달받는가? 등가회로는 그림과 같고 R, C는 lamp의 크기와 phosphorus의 종류에 의해 결정된다. (20점)

$$\begin{pmatrix} \omega_o = 10^7 \ rad/\sec \\ v_o = 220 \ V_{rms} \end{pmatrix}$$



(a) R, C를 구하여라. (15점)

(b) 전달되는 최대전력을 구하라(5점)



Sol) 회로에서 load의 임피던스를 구하면

$$Z_L = \frac{R}{1 + j\omega RC} = \frac{R - j\omega R^2 C}{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$

최대 전력이 전달되기 위해서

$$R_s = \frac{R}{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$

$$(j\omega L_s)^* = -j\omega \frac{R^2 C}{1 + \omega^2 R^2 C^2} \qquad \therefore L_s = \frac{R^2 C}{1 + \omega^2 R^2 C^2}$$

$$\therefore \frac{L_S}{R_S} = RC = 10^{-8}$$

$$\therefore R = 10^2(1 + 10^{14} \times 10^{-16}) = 101\ \Omega$$

$$C = \frac{1}{101} \times 10^{-8} = 99\ \mathrm{pF}$$

(별해)

소스와 부하 각각의 어드미턴스 Y_S와 Y_L은

$$Y_S = \frac{1}{R_s + j\omega L_S} = \frac{R_S - j\omega L_S}{{R_s}^2 + \omega^2 {L_S}^2}, \qquad Y_L = \frac{1}{R} + j\omega C$$

최대전력이 전달되기 위해서는

$$Y_L = {Y_S}^*$$

따라서,

$$R = \frac{{R_s}^2 + \omega^2 {L_S}^2}{R_S} = 101\ \Omega, \quad C = \frac{L_S}{{R_s}^2 + \omega^2 {L_S}^2} = 99\ \mathrm{pF}$$

이다

(b)

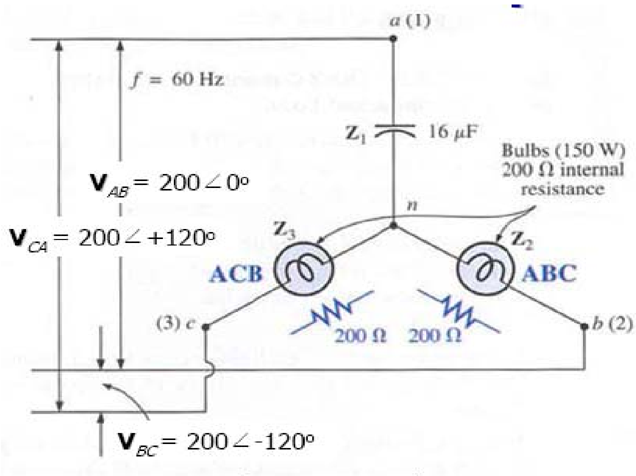
$$\therefore P_{\max} = \frac{{v_o}^2}{4R_s} = \frac{220^2}{4 \cdot 10^2} = 121\ \mathrm{W}$$

[4] 다음 회로는 불평형 삼상회로이다. 캐패시터가 연결된 상을 a 상이라고 하고, 그리과 같이 200Ω이 연결된 상을 각각 b상, c상 이라고 하자. 그림과 같이 전원이 연결되었을 때, Z_2, Z_3 중 어느 소자의 전류가 크겠는가? (25점)

(a) 주파수가 60 Hz일 때 Z_1은 얼마인가?(5점)

(b) I_{bn}을 구하여라.(10점)

(c) I_{cn}을 구하여라.(10점)



Phase sequence indicator

Sol)

(a)

$$\mathbf{Z}_1 = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{j377 \times 16 \times 10^{-6}} = -j166$$

(b)

$$\begin{aligned}\mathbf{I}_{bn} &= \frac{\mathbf{Z}_1\mathbf{V}_{BC} - \mathbf{Z}_3\mathbf{V}_{AB}}{\mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_3 + \mathbf{Z}_3\mathbf{Z}_1} \\ &= \frac{(166\angle -90^o)(200\angle -120^o) - (200)(200\angle 0^o)}{(166\angle -90^o)(200) + (200)(200) + (200)(166\angle -90^o)} \\ &= \frac{70.73\angle 166.43^o}{77.52\angle -58.93^o} = 0.91\,\mathrm{A}\angle 225.36^o\end{aligned}$$

(c)

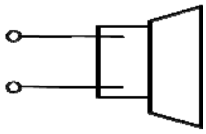
$$\begin{aligned}\mathbf{I}_{cn} &= \frac{\mathbf{Z}_2\mathbf{V}_{CA} - \mathbf{Z}_1\mathbf{V}_{BC}}{\mathbf{Z}_1\mathbf{Z}_2 + \mathbf{Z}_2\mathbf{Z}_3 + \mathbf{Z}_3\mathbf{Z}_1} \\ &= \frac{(200)(200\angle 120^o) - (166\angle -90^o)(200\angle -120^o)}{(166\angle -90^o)(200) + (200)(200) + (200)(166\angle -90^o)} \\ &= 0.259\,\mathrm{A}\angle 123.06^o\end{aligned}$$

이때, 전구의 저항이 같고,

$$|I_{bn}| > |I_{cn}|$$

이므로 전구 B가 더 밝다.

[5]공공방송용 스피커 시스템은 하나의 시스템에 여러 스피커를 연결해서 사용한다. 이 시스템의 출력 전압은 70.7 V_{rms} 이고 내부저항이 매우 작다. 8 Ω 스피커와 10 W audio matching transformer를 시스템에 병렬 연결 할 수 있다. (20점)



(a) 4개의 unit(8Ω 스피커와 10 W transformer)을 시스템에 병렬 연결한 회로를 그려라. 이때 최대 출력은 몇 W 인가? (4점)

(b) 각 스피커에 최대 10 W 출력을 내려면 전원에서 본 각 스피커의 임피던스는 몇 Ω인가? (4점)

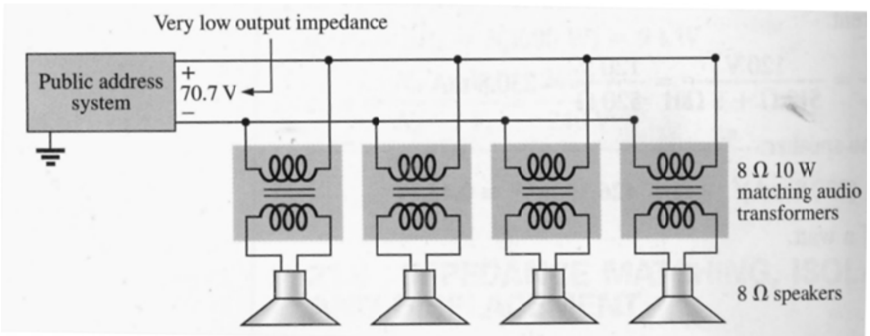
(c) 변압기의 권선비는 얼마인가? 정수로 답하라 (4점)

(d) 스피커가 10 W 출력을 낼 때 스피커 전압과 전류를 구하라. (4점)

(e) 전원시스템에서 4개 스피커를 본 전 부하는 몇 Ω인가? (4점)

Sol)

(a)



최대 출력 = 4x 10 W = 40 W

(b) 전원에서 바라본 각 스피커의 인피던스 Z_p 는

$$Z_P = \frac{{V_p}^2}{P} = \frac{70.7^2}{10} = 500\,\Omega$$

(c) 변압기의 권선비 a 는

$$a = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_L}} = \sqrt{\frac{500}{8}} = 7.91$$

이므로 8:1 이다.

(d)스피커의 전압 V_L 과 전류 I_L은

$$V_L = \frac{V_P}{a} = \frac{70.7}{7.91} = 8.94\ \mathrm{V}\ \backsimeq 9\ \mathrm{V}$$
$$I_L = \frac{V_L}{Z_P} = 1.12\ \mathrm{A}$$

(e) 전원 시스템에서 보았을 때 4개의 저항이 병렬로 연결되어 있으므로, 전부하 Z_T는

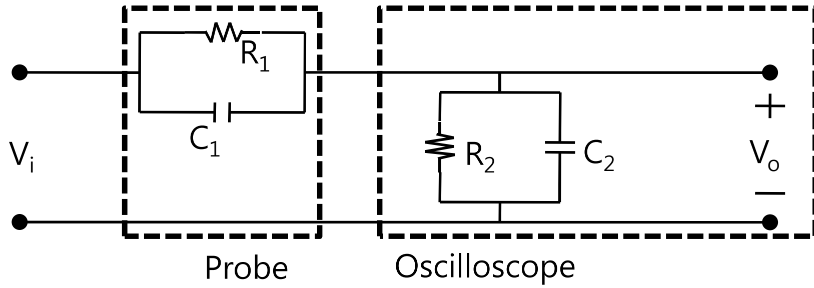
$$Z_T = \frac{Z_P}{4} = 125\ \Omega$$

이다.

회로이론 2 기말고사-2007. 12. 10

김용권 교수님 강좌

[1] Compensated attenuator Probe



위 회로는 오실로스코프로 전압파형을 측정할 때를 나타내고 있다. v_i 는 측정하려는 단자간 전압이고, Probe는 RC 병렬 회로이고 오실로스코프에서는 내부에 RC 병렬회로가 우선적으로 연결되어 있다.

(a) C_1, C_2 의 초기전압이 각각 $V_1(0)$, $V_2(0)$ 이었다고 가정하고, 회로를 그리고, 전달함수를 구하라. (15점)

$$H(S) = \frac{V_o(S)}{V_i(S)}$$

(b) 입력 전압의 초기전압을 $V_i(0)$ 이라고 했을 때 , C_1, C_2의 초기전압을 $V_i(0)$로 나타내고, 초기전압의 영향이 출력전압에 나타나지 않을 때의 조건을 구하라 (5점)

(c) (b)의 조건이 만족될 때 전달 함수 $H(S)$ 를 구하라 (5점)

(d) (c)의 결과가 의미하는 바를 써라.

-힌트-

오실로스코프 내부의 저항 R_2는 1 MΩ 정도로 볼 수 있다.
여기에 프루브 저항 R_1을 연결하면, 입력전압을 적절히 줄인 전압을 오실로스코프에 입력할 수 있다. 그러나 오실로스코프는 내부 정전용량 C_2(약 20 pF)가 존재하므로 R_2에 C_2가 병렬연결되고 이에 따라 치명적인 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위하여 C_1이 추가되었다.
그 이유는 무엇인가?

[2]

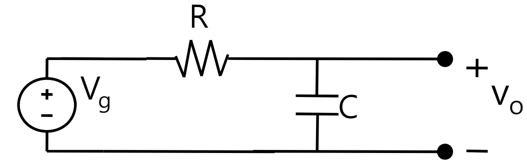


그림 2-1

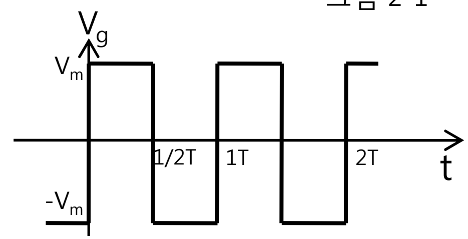


그림 2-2

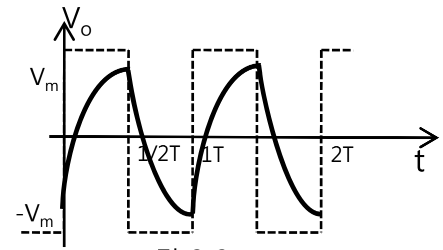


그림 2-3

(a) V_g를 Fourier급수(4항까지)로 나타내라.
(즉, 영이 아닌 4항까지 구할 것) (8점)

(b) 주파수 영역에서의 $\mathbf{V_o}$를 각각 구하라.
즉, $\mathbf{V_o}$(1항), $\mathbf{V_o}$(2항), $\mathbf{V_o}$(3항), $\mathbf{V_o}$(4항)의 크기와 위상을 구하라 (8점)

(c) (b)를 이용하여 시간 영역에서의 $V_o(t)$를 구하라 (4점)

(d) 그림 2-3은 시간 영역에서의 응답이다.

$$v_o = V_m - \frac{2V_m}{1+e^{-t/2RC}} e^{-t/2RC}, \ 0 \le t \le T/2$$

$$v_o = -V_m + \frac{2V_m}{1+e^{-t/2RC}} e^{-(t-T/2)/2RC}, \ T/2 \le t \le T$$

이 출력의 Fourier 급수 (c)와 같음을 보여라 (5점)
(제 1항 만을 보이면 됨)

회로이론 2 기말고사-2007. 12. 10

김용권 교수님 강좌

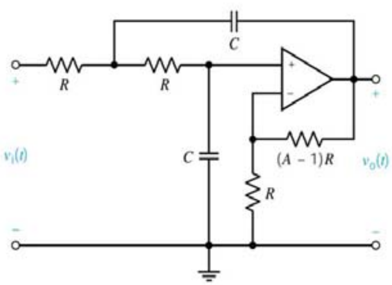
[3] 다음 회로는 Sallen-Key fileter를 표현한 회로들이다.
이 회로를 이용하여 다음 물음에 답하라.

공진 주파수가 1,000 Hz이고, bandwidth가 50 Hz인 band-pass pass filter를 설계하라.

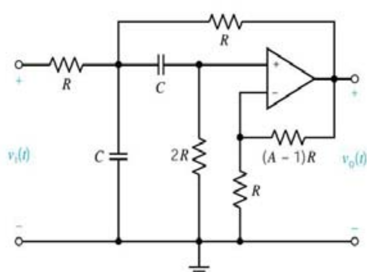
(a) 회로 1~4 중에서 저주파수 통과 필터를 골라서 회로 번호를 기입하고, 회로도를 답안지에 그려라 (5점)

(b) (a)의 회로도에서 전달함수를 구하라. 회로식을 풀어서 유도할 것 (10점)

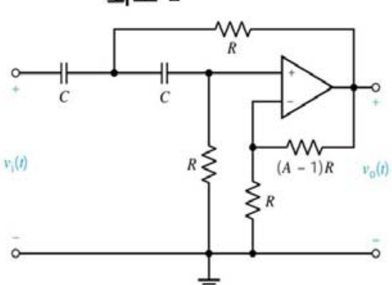
(c) 공진 주파수가 1,000 Hz 이고, bandwidth가 50 Hz 가 되도록 각 소자 값을 정하라 (10점)



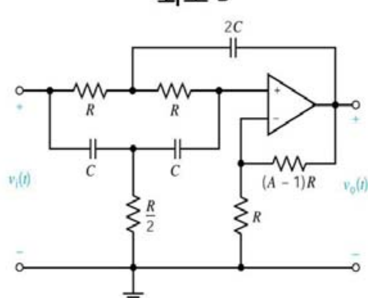
회로 1



회로 3

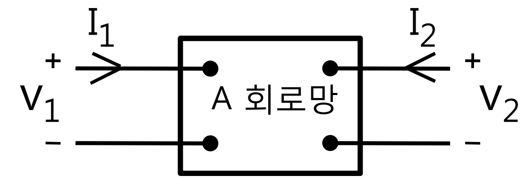


회로 2



회로 4

[4] 다음의 A회로망에서 측정값은 아래와 같다.



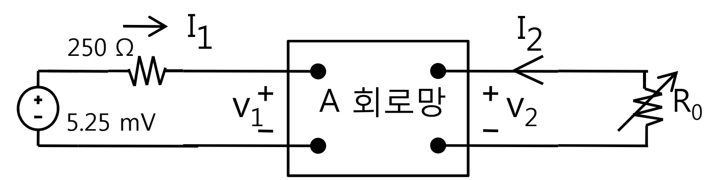
측정1.

$V_1 = 4$ V , I_1=5 mA , $V_2 = 0$ V , I_2= -200 mA

측정2.

$V_1 = 20$ mV , I_1=20 μA , $V_2 = 20$ V , I_2= 0 A

이 A회로망을 아래와 같이 회로를 구성하였다.



다음을 구하라.

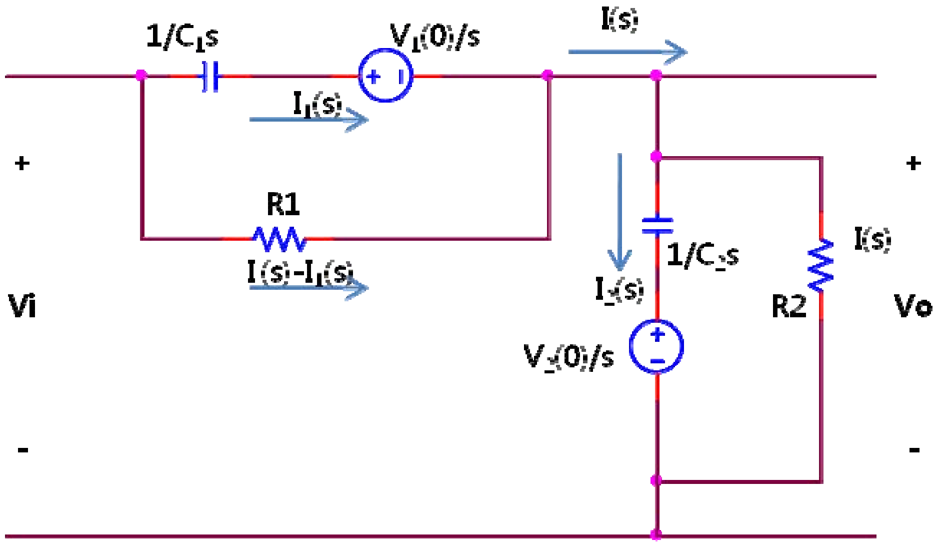
(a) A회로망에 적절한 parameter를 구하라 (10점)

(b) (a)의 회로망으로 구성한 회로에서 R_0에 최대전력을 전달하려 한다. 이 때 필요한 등가호로를 그려라. 그리고 각 값을 구하라. (10점)

(c) R_0에 전달되는 최대 전력을 얼마인가? (5점)

1.

(a) C1, C2의 초기전압이 각각 V1(0), V2(0)이었다고 하자. 이때 회로도를 그리고 Vo(s)/Vi(s)를 구하여라.



$$V_i(s)-V_o(s)=\frac{1}{C_1 s}I_1(s)+\frac{V_1(0)}{s}=R_1(I(s)-I_1(s))$$

$$Vo(s)=\frac{1}{C_2 s}I_2(s)+\frac{V_2(0)}{S}=R_2(I(s)-I_2(s))$$

node A에서 KCL을 적용하면

$$C_1(V_i(s)-V_o(s))-C_1V(0)+\frac{V_i(s)-V_o(s)}{R_1}$$

$$=C_2sV_o(s)-C_2V_2(0)+\frac{V_o(s)}{R_2}$$

$$V_o(s)=\frac{C_1}{C_1+C_2}\left(\frac{s+\frac{1}{C_1R_1}}{s+\frac{R_1+R_2}{R_1R_2(C_1+C_2)}}\right)V_i(s)+\frac{C_2V_2(0)-C_1V_1(0)}{(C_1+C2)s+\frac{R_1+R_2}{R_1R_2}}$$

(b) 입력전압의 초기전압을 Vi(0)이라고했을 때 , C1, C2의 초기전압을 Vi(0)로 나타내고, 초기전압의 영향이 출력전압에 나타나지 않을 때의 조건을 구하여라.

$$C_2V_2(0)-C_1V_1(0)=0$$

$$V_1(0)=\frac{R_1}{R_1+R_2}V_i(0),\quad V_2(0)=\frac{R_2}{R_1+R_2}V_i(0)$$

$$C_2R_2=C_1R_1$$

(c) (b)조건이 만족될 때 전달함수 H(s)를 구하여라.

$$H(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{C_1}{C_1+C_2}\left(\frac{s+\frac{1}{C_1R_1}}{s+\frac{R_1+R_2}{R_1R_2(C_1+C_2)}}\right)$$

(d) C1이 없다고 가정하면, input과는 관계없이 R1,R2,C2에 의한 bias값이 존재하므로 입력값에 따른 원하는 파형을 얻을수 없다. 오실로스코프 내부에 (b)의 조건을 만족시키는 C1을 추가하여 오실로스코프 내부의 bias값을 상쇄하여 입력 값에만 의존하는 output 파형을 얻어낼 수 있다.

2.

(a) Vg를 Fourier급수로 나타내라.

$$V_g = a_0 + \sum a_n \cos n\omega_0 t + \sum b_n \sin n\omega_0 t$$

a_0=average of one period=0

Vg가 기함수이므로, $a_n = 0$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_T V_g(t)\sin n\omega_0 t\,dt = \frac{4}{T}\int_{T/2} V_m \sin n\omega_0 t\,dt = \frac{2V_m}{n\pi}[1-\cos n\pi]$$

$$= \left(\frac{4V_m}{n\pi}, n: odd \quad 0, n: even \right)$$

$$Vg(t) = \frac{4V_m}{\pi}\sin\omega_0 t + \frac{4V_m}{3\pi}\sin 3\omega_0 t + \frac{4V_m}{5\pi}\sin 5\omega_0 t + \frac{4V_m}{7\pi}\sin 7\omega_0 t,\ \omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

(b) 주파수 영역에서의 Vo를 각각 구하여라. 1항부터 4항까지의 크기와 위상을 구하여라

$$\hat{V}_o = \frac{1/j\omega C}{R+1/j\omega C}V_g = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega RC)^2}}\angle(-\tan^{-1}(\omega RC))\hat{V}_g$$

문제(a)로부터

$$\hat{V}_{g1} = \frac{4V_m}{\pi}\angle(-90°) \quad ,\hat{V}_{g3} = \frac{4V_m}{3\pi}\angle(-90°) \quad ,\hat{V}_{g5} = \frac{4V_m}{5\pi}\angle(-90°) \quad ,\hat{V}_{g7} = \frac{4V_m}{7\pi}\angle(-90°)$$

이므로,

$$\hat{V}_{o1} = \frac{4V_m}{\pi\sqrt{1+(\omega_0 RC)^2}}\angle(-90° - \tan^{-1}(\omega_0 RC))$$

$$\hat{V}_{o3} = \frac{4V_m}{3\pi\sqrt{1+(3\omega_0 RC)^2}}\angle(-90° - \tan^{-1}(3\omega_0 RC))$$

$$\hat{V}_{o5} = \frac{4V_m}{5\pi\sqrt{1+(5\omega_0 RC)^2}}\angle(-90° - \tan^{-1}(5\omega_0 RC))$$

$$\hat{V}_{o7} = \frac{4V_m}{7\pi\sqrt{1+(7\omega_0 RC)^2}}\angle(-90° - \tan^{-1}(7\omega_0 RC))$$

where $w_0 = \frac{2\pi}{T}$

(c) (b)를 이용하여 시간영역에서의 Vo(t)를 구하여라.

$$V_o(t) = \mathrm{Re}\left[\sum_{n=1}^{\infty} \hat{V}_{on} e^{jnw_0 t}\right] = \frac{4V_m}{\pi\sqrt{1+(\omega_0 RC)^2}} \sin\left(\omega_0 t - \tan^{-1}(\omega_0 RC)\right)$$

$$+ \frac{4V_m}{3\pi\sqrt{1+(3\omega_0 RC)^2}} \sin(3\omega_0 t - \tan^{-1}(3\omega_0 RC))$$

$$+ \frac{4V_m}{5\pi\sqrt{1+(5\omega_0 RC)^2}} \sin(5\omega_0 t - \tan^{-1}(5\omega_0 RC)$$

$$+ \frac{4V_m}{7\pi\sqrt{1+(7\omega_0 RC)^2}} \sin(7\omega_0 t - \tan^{-1}(7\omega_0 RC)$$

$$+ \quad \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot\ \cdot$$

(d)이출력의Fourier 급수가 (c) 와 같음을 보여라

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \hat{C}_n e^{jnw_0 t} \qquad \text{where} \quad \hat{C}_n = \frac{1}{\mathrm{T}} \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \mathrm{e}^{-\mathrm{jnw}_0 t} dt$$

를 이용하여 $v_o(t)$의 $\hat{C}_n$ 값을 구해보면,

$$\hat{C}_n = \frac{1}{\mathrm{T}} \int_0^T v(t) e^{-jnw_0 t} dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^{T/2} (V_m - \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} e^{-t/RC}) e^{-jnw_0 t} dt + \frac{1}{T} \int_{T/2}^{T} (-V_m + \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} e^{-t/RC}) e^{-jnw_0 t} dt$$

$$= \frac{1}{T} \left[\frac{V_m}{-jnw_0 t} e^{-jnw_0 t} - \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \left\{ -\frac{1}{1/RC + jnw_0} \right\} e^{-(1/RC + jnw_0)t} \right]_0^{T/2}$$

$$+ \frac{1}{T} \left[-\frac{V_m}{-jnw_0 t} e^{-jnw_0 t} + \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \left\{ -\frac{1}{1/RC + jnw_0} \right\} e^{-(t-\frac{1}{T})/RC} e^{-jnw_0 t} \right]_{T/2}^{T}$$

$$= \frac{1}{T} \left[\frac{V_m}{-jnw_0} \left\{ e^{-jn\pi} - 1 \right\} + \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \frac{1}{1/RC + jnw_0} \left\{ e^{-(T/2RC + jn\pi)} - 1 \right\} \right]$$

$$+ \frac{1}{T} \left[\frac{V_m}{jnw_0} \left\{ e^{-j2n\pi} - e^{-jn\pi} \right\} - \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \frac{1}{1/RC + jnw_0} \left\{ e^{-(T/2RC + j2n\pi)} - e^{-jn\pi} \right\} \right]$$

n 이 even 이면, 위의 식에서

$$\hat{C}_n = 0$$

이 되고, n 이 odd 이면,

$$\hat{C}_n = \frac{1}{T} \left[\frac{V_m}{-jnw_0} \times (-2) + \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \frac{1}{1/RC + jnw_0} \left\{ -e^{-T/2RC} - 1 \right\} \right]$$

$$+ \frac{1}{T} \left[\frac{V_m}{jnw_0} \times 2 - \frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}} \times \frac{1}{1/RC + jnw_0} \left\{ e^{-T/2RC} + 1 \right\} \right]$$

$$=\frac{1}{T}\left[\frac{4V_m}{jnw_0}+\frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}}\times\frac{1}{1/RC+jnw_0}\left\{\left(-e^{-T/2RC}-1\right)-\left(e^{-T/2RC}+1\right)\right\}\right]$$

$$=\frac{1}{T}\left[\frac{4V_m}{jnw_0}+\frac{2V_m}{1+e^{-T/2RC}}\times\frac{1}{1/RC+jnw_0}\times(-2)\times\left\{e^{-T/2RC}+1\right\}\right]$$

$$=\frac{1}{T}\left(\frac{4V_m}{jnw_0}-\frac{4V_m}{1/RC+jnw_0}\right)$$

$$=\frac{1}{T}\times\frac{4V_m}{jnw_0}\left(1-\frac{jnw_0}{1/RC+jnw_0}\right)$$

$$=\frac{4V_m}{jnw_0T}\times\frac{1}{1+jnw_0RC}=\frac{2V_m}{n\pi}\frac{1}{\sqrt{1+(nw_0RC)^2}}\angle(-90^\circ-\tan^{-1}(nw_0RC))$$

$$\therefore \hat{C}_n=\frac{2V_m}{n\pi}\frac{1}{\sqrt{1+(nw_0RC)^2}}\angle(-90^\circ-\tan^{-1}(nw_0RC))\quad \text{where n is odd}$$

이를 통해 $v_o(t)$는

$$v_o(t)=\sum_{n=-\infty}^{\infty}\hat{C}_n e^{jnw_0t}=\sum_{n=1,odd}^{\infty}\mathrm{Re}\left[2\hat{C}_n e^{jnw_0t}\right]$$

인 Fourier Series를 얻을 수 있다.

이는 (c) 에서 구한 것과 같다.

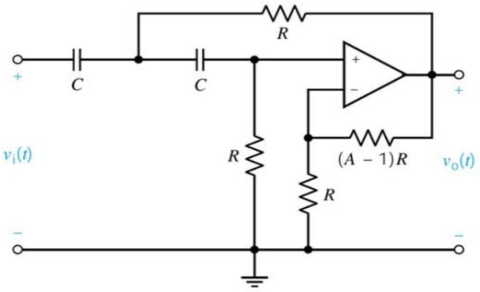
실제로 V_o 의 1항인 V_{o1}을 비교해 보면, 위의 식에서,

$$V_{o1}=\mathrm{Re}\left[2\hat{C}_1 e^{jw_0t}\right]=\frac{4V_m}{\pi}\frac{1}{\sqrt{1+(w_0RC)^2}}\sin(w_0t-\tan^{-1}(w_0RC))\qquad \text{where } w_0=\frac{2\pi}{\mathrm{T}}$$

로써 (c) 에서 구한 V_{o1}과 같음을 알 수 있다.

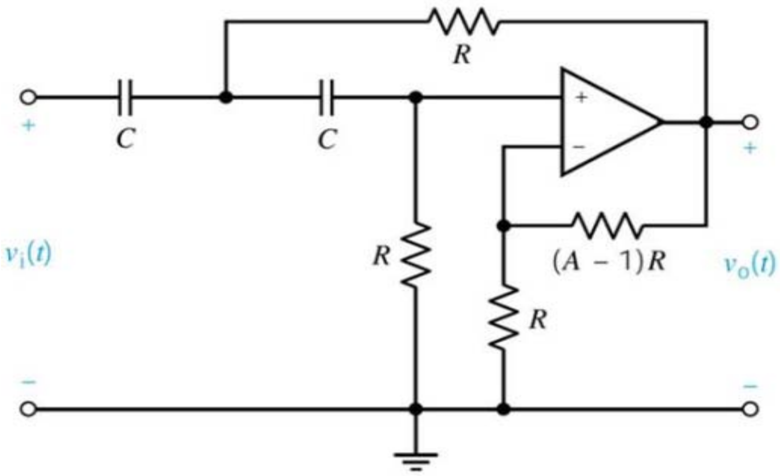
3.

(a). 회로2



회로 2

(b)회로의 전달함수(Vo(s)/Vi(s))를 구하여라.



회로 2

$$\frac{2R}{\frac{1}{sc}+2R}V2=V1$$

$$\frac{V0}{A}=V1$$

$$\frac{V2-Vi}{R}+sCV2+\frac{V2-V0}{R}+sC(V2-V1)=0$$

식 (2)를 식(1)에 대입하면,

$$\frac{2RCS}{1+2RCS}V_2=\frac{V_o}{A}$$

$$V_2=\frac{1+RCS}{2RCS}\text{..................}(4)$$

식(3)을 정리하면,

$$(2SC+\frac{2}{R})V_2-\frac{V_o}{R}-SCV_1-\frac{V_i}{R}=0 ....(5)$$

식(4)를 식(5)에대입하면,

$$(2SC+\frac{2}{R})\frac{1+2RSC}{A\times 2RSC}V_o-(\frac{1}{R}+\frac{SC}{A})V_o=\frac{V_i}{R}$$

$$\frac{2R^2C^2S^2+3RCS+1-RSC(A+RCS)}{ARCS}V_O=V_i$$

$$\frac{V_o}{V_i}=\frac{ARCS}{R^2C^2S^2+(3RC-ARC)S+1}$$

$$=\frac{A\times\frac{s}{w_o}}{\frac{S^2}{w_o{}^2}+\frac{1}{Q}\times\frac{S}{w_o}+1} \qquad (w_o=\frac{1}{RC},Q=\frac{1}{3-A})$$

(C)

$w_o=100\times 2\pi(rad/s)$

$BW=50\times 2\pi=w_o/Q$

$\therefore Q=20$

$\therefore A=2.95$

따라서, $C=0.1\,\mu F$ 로두면

$$R=\frac{1}{w_oC}=\frac{1}{1000\times 2\pi\times 0.1\times 10^{-6}}=1592\ \Omega$$

으로 하면 된다.

4.

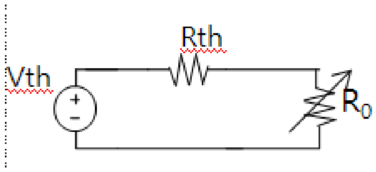
(a) 측정값에서 $V_2=0$, $I_2=0$이므로, 이 조건에서 parameter를 구할 수 있는 것은 T-parameter이다.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} V_2 \\ -I_2 \end{bmatrix}$$ 에서, 주어진 조건을 이용하면

T-parameter= $\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10^{-3} & 20 \\ 10^{-6} & 0.025 \end{bmatrix}$ 이다.

(b) R_0에 전달되는 최대전력을 구하기 위해서는 port2에서 바라본 Thevenin 등가회로를 구하면 된다.

$$V_1 = a_{11}V_2 - a_{12}I_2$$
$$I_1 = a_{21}V_2 - a_{22}I_2$$
$$V_g = R_g I_1 + V_1$$
$$V_2 = -R_o I_2$$
$$V_{th} = V_2\big|_{I_2=0} = \frac{V_g}{a_{21}R_g + a_{11}} = 4.2\,V$$
$$R_{th} = \frac{V_2}{I_2}\bigg|_{V_g=0} = \frac{a_{12} + a_{22}R_g}{a_{11} + a_{21}R_0} = 24\,k\Omega$$



(c) R_0에 전달되는 최대 전력은 얼마인가?

$R_{th}=R_o$일 때 최대전력이 R_o에 전달된다.

$$\frac{(2.1)^2 V}{21k\Omega} = 210\,mW$$