제1장. 정현파 교류

1. 교류전류 및 전하량

$$i = \frac{dq}{dt}\ [\mathrm{C/sec} = A],\ q = \int_0^t i\,dt\ \ [\mathrm{A \cdot sec} = C]$$

2. 오옴의 법칙(ohm's law)

$$I = \frac{V}{R} = G \cdot V[\mathrm{A}]\ ,\quad V = I \cdot R = \frac{I}{G}[\mathrm{V}]$$

$$R = \frac{V}{I}[\Omega]\ ,\ G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}[\mho]$$

3. 전력 및 전력량

1) **전력** $P\,[\mathrm{J/sec} = W]$: 전기가 단위시간동안의 행할 수 있는 일의 양

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} = V \cdot I = I^2 R = \frac{V^2}{R}\ [\mathrm{J/sec} = [\mathrm{W}]$$

2) **전력량** $W[\mathrm{W \cdot sec} = J]$: 어느 전력을 어느 시간 동안 소비한 전기에너지의 총량

$$W = P \cdot t = VIt = I^2 Rt = \frac{V^2}{R}t\ [\mathrm{W \cdot sec} = J]$$

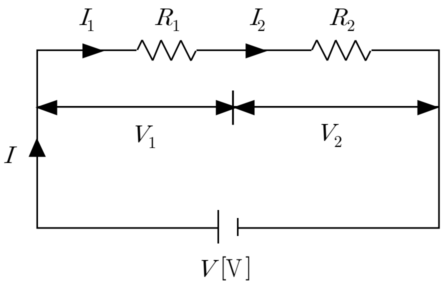
4. 전열기 공식

피열물의 질량$m[\mathrm{kg}]$, 비열C , 소비전력 $P[\mathrm{KW}]$, 시간 $t[\mathrm{hour}]$, 상승 온도 ($T_2 - T_1$), 효율 η [%] 발생 열량 $H[\mathrm{Kcal}]$라 하면

$$H = 860\eta Pt = Cm(T_2 - T_1)\,[\mathrm{Kcal}]$$

5. 저항의 접속

1) **직렬접속** : 전류가 흘러가는 길이 하나만 존재



① 전류가 일정하다. $I = I_1 = I_2\,[\mathrm{A}]$
② 전체전압 $V = V_1 + V_2\,[\mathrm{V}]$
③ 합성저항 (전체저항) $R = R_1 + R_2\,[\Omega]$

합성컨덕턴스 $G = \dfrac{G_1 \cdot G_2}{G_1 + G_2}\ [\mho]$

④ 전압 분배법칙

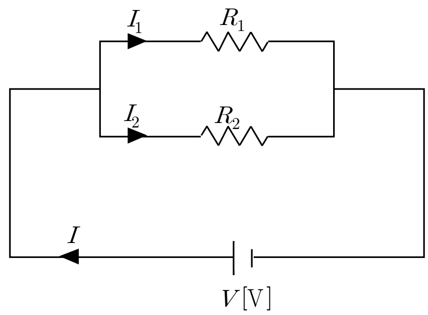
㉮ $V_1 = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2}V = \dfrac{G_2}{G_1 + G_2}V[\mathrm{V}]$

㉯ $V_2 = \dfrac{R_2}{R_1 + R_2}V = \dfrac{G_1}{G_1 + G_2}V[\mathrm{V}]$

⑤ $R[\Omega]$, n개 : 합성저항 $R_o = nR\,[\Omega]$

$G[\mho]$, n개 : 합성컨덕턴스 $G_o = \dfrac{G}{n}\ [\mho]$

2) **병렬접속** : 전류가 흘러가는 길이 2개이상 존재



① 단자전압이 일정하다 $V = V_1 = V_2[\mathrm{V}]$
② 전체전류 $I = I_1 + I_2[\mathrm{A}]$
③ 합성저항 $R = \dfrac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}[\Omega]$

합성컨덕턴스 $G = G_1 + G_2[\mho]$

④ 전류분배법칙

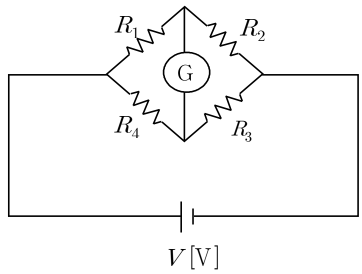
$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I = \frac{G_1}{G_1 + G_2} \cdot I[\mathrm{A}]$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I = \frac{G_2}{G_1 + G_2} \cdot I[\mathrm{A}]$$

⑤ $R[\Omega]$, n개 : 합성저항 $R_o = \dfrac{R}{n}\ [\Omega]$

$G[\mho]$, n개 : 합성컨덕턴스 $G_o = nG\,[\mho]$

6. 휘스톤 브리지법



브릿지 평형조건
$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_4$
중앙은 개방상태

7. 정현파의 크기 표시

1)**순시값(교류)** : 시간에 대해서 순간순간 변화하는값

$$v = V_m \sin wt[\mathrm{V}]\ ,\ i = I_m \sin wt\ [\mathrm{A}]$$

2) **평균값**(가동 코일형 계기로 측정)

$$V_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T v\ dt[\mathrm{V}]\ ,\ I_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T i\ dt[\mathrm{A}]$$

3) **실효값**(열선형 계기로 측정): 모든 계산식 대표값

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2 dt} = \sqrt{i^2}\ \text{의 한주기 평균값}$$

8. 여러가지 파형의 평균값과 실효값

파형 종류	실효값(V)	평균값(V_a)
정현파,정현전파	$\frac{1}{\sqrt{2}}\mathrm{V_m}$	$\frac{2}{\pi}\mathrm{V_m}$
정현 반파	$\frac{1}{2}\mathrm{V_m}$	$\frac{1}{\pi}\mathrm{V_m}$
구형파	$\mathrm{V_m}$	$\mathrm{V_m}$
구형 반파	$\frac{1}{\sqrt{2}}\mathrm{V_m}$	$\frac{1}{2}\mathrm{V_m}$
삼각파, 톱니파	$\frac{1}{\sqrt{3}}\mathrm{V_m}$	$\frac{1}{2}\mathrm{V_m}$

9. 파고율과 파형율

1) **파고율** : 실효값에 대한 최대값의 비율

파고율 = $\frac{\text{최대값}}{\text{실효값}}$ ⇒ 실효값의 분모와 같다.

2) **파형율** : 평균값에 대한 실효값의 비율

파형율 = $\frac{\text{실효값}}{\text{평균값}}$ $\begin{cases} \text{① 정현파, 정현전파 : 1.11} \\ \text{② 정현반파 : 1.57} \\ \text{③ 구형파 : 1} \\ \text{④ 삼각파, 톱니파 : 1.155} \end{cases}$

3) **함수 표현법**

① 복소수 Z = 실수부 + 허수부 = $a + jb$

복소수의 크기$|Z| = \sqrt{a^2+b^2}$: 실효값

복소수의 위상 $\theta = \tan^{-1}\frac{b}{a}$

② 극 좌표형 Z = 크기∠각도 = $|Z|\angle\theta$

③ 지수 함수형 Z = 크기$e^{j\text{각도}} = |Z|e^{j\theta}$

④ 삼각 함수형 Z = 크기(cos각도 + $j$sin각도)
$= |Z|(\cos\theta + j\sin\theta)$

⑤ 순시값 = 최대값sin(wt + 각도)
$= \sqrt{2}|Z|\sin(wt+\theta)$

4) **복소수 연산**

① **복소수의 합차** : 같은성분끼리 더하고 뺀다

$$Z_1 = a + jb,\ Z_2 = c + jd$$

$$Z_1 \pm Z_2 = (a \pm c) + j(b \pm d)$$

② **복소수의 곱과 나눗셈** : 극좌표형으로 바꾸어 곱셈의 경우 크기는 곱하고 각도는 더하며, 나눗셈의 경우 크기는 나누데 각도끼리는 뺀다.

$$Z_1 \times Z_2 = |Z_1|\angle\theta_1 \times |Z_2|\angle\theta_2 = |Z_1||Z_2|\angle\theta_1+\theta_2$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{|Z_1|\angle\theta_1}{|Z_2|\angle\theta_2} = \frac{|Z_1|}{|Z_2|}\angle\theta_1-\theta_2$$

③ **컬레복소수** : 허수부의 부호를 반대로 바꾸어준 복소수

$$Z = a + jb,\quad \overline{Z} = Z^* = a - jb$$

제2장. 기본 교류회로

1. 단독회로

1) 저항 $R[\Omega]$만의 회로

① 전압과 전류의 위상차가 없다. (동상)

② R에 대한 임피던스 $Z = R[\Omega]$ ⇒ 실수값

2) 인덕턴스 $L[H]$만의 회로

① L[H]에 대한 역기전력$e = -L\frac{di}{dt}$[V]

② L[H]에 대한 단자전압 $v = L\frac{di}{dt}$[V]

③ 전류는 전압보다 위상이 90° 뒤진다.
⇒ 유도성(지상)

④ L의 임피던스 $Z = jwL = jX_L[\Omega]$ ⇒ 허수값
$X_L = wL = 2\pi fL[\Omega]$: 유도성리액턴스

⑤ 직류는 주파수 0 이므로 X_L=0 ⇒ 단락상태

⑥ 코일에서 갑자기 변화할 수 없는 것 : 전류

⑦ 코일에 축적(저장)되는 에너지 $W = \frac{1}{2}Li^2$[J]

3) 커패시턴스C[F]만의 회로

① C[F]에 흐르는 전류$i = C\frac{dv}{dt}$[A]

② 전류는 전압보다 위상이 90° 앞선다.
⇒ 용량성(진상)

③ C 의 임피던스

$Z = -j\frac{1}{wC} = \frac{1}{jwC} = -jX_C[\Omega]$ ⇒ 허수값

$X_C = \frac{1}{wC} = \frac{1}{2\pi fC}[\Omega]$: 용량성리액턴스

④ 직류는 주파수 0이므로 $X_c = \infty$ ⇒ 개방상태

⑤ 콘덴서에서 갑자기 변화하면 안되는 것 : 전압

⑥ 콘덴서 축적(저장)되는 에너지 $W = \frac{1}{2}Cv^2$[J]

2. 직렬회로

1) $R-X$ 직렬 회로

① 임피던스의 크기$|Z| = \sqrt{R^2+X^2}[\Omega]$

② 위상 $\theta = \tan^{-1}\frac{X}{R}$

③ 전류I[A](실효값) : $I = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2+X^2}}$[A]

④ R 에 걸리는 전압 $V_R = I \cdot R$[V]

⑤ X 에 걸리는 전압 $V_X = I \cdot X$[V]

⑥ 전체 전압 $V = \sqrt{V_R^2 + V_X^2}$[V]

⑦ 역율 및 무효율

역 률 $\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{R}{\sqrt{R^2+X^2}}$

무효율 $\sin\theta = \frac{X}{Z} = \frac{X}{\sqrt{R^2+X^2}}$

3. 병렬회로

1) $R-X$ 병렬회로

① 어드미턴스 $Y[\mho]$: 임피던스의 역수값

$$Y = \frac{1}{Z}[\mho],\ Z = \frac{1}{Y}[\Omega]$$

② R 에 흐르는 전류 $I_R = \frac{V}{R}[A]$

③ X 에 흐르는 전류 $I_X = \frac{V}{X}[A]$

④ 전체전류 $I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}\ [A]$

⑤ 역률 및 무효율

$$\text{역 률 } \cos\theta = \frac{I_R}{I} = \frac{X}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

$$\text{무효율 } \sin\theta = \frac{I_X}{I} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

4. 공진회로

1) 직렬 공진회로

① 공진조건

$$X_L = X_C\ ,\ wL = \frac{1}{wC}\ ,\ w^2LC = 1$$

② 공진 각주파수 : $w_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}[rad/s]$

③ 공진 주파수 : $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}[Hz]$

④ 허수부가 0 이므로 임피이던스가 최소 상태가 되고 전류는 최대가 된다. 또한 전압, 전류는 동상이므로 합성역률이 1인 상태가 된다.

⑤ 전압 확대율 = 첨예도 = 선택도 = 공진도 Q

$$Q = \frac{V_L}{V} = \frac{V_C}{V} = \frac{w_oL}{R} = \frac{1}{w_oCR} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

2) 병렬 공진회로

① 공진조건

$$X_L = X_C\ ,\ wC = \frac{1}{wL}\ ,\ w^2LC = 1$$

② 공진 각주파수 : $w_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}[rad/s]$

③ 공진 주파수 : $f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}[Hz]$

④ 어드미턴스의 허수부가 0이므로 어드미턴스가 최소가 되며 전류는 최소 상태가 된다. 전압, 전류는 동상이므로 합성역률이 1이 된다.

⑤ 전류확대율 = 첨예도 = 선택도 = 공진도 Q

$$Q = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I} = \frac{R}{w_0L} = w_0CR = R\sqrt{\frac{C}{L}}$$

제3장. 교류 전력

1. 단상교류전력

전압 $v = V\angle 0°[V]$, 전류 $i = I\angle \theta°[A]$

1) 유효전력(active power) $P = V\,I\cos\theta\,[W]$

2) 무효전력(reactive power) $P_r = V\,I\sin\theta\,[Var]$

3) 피상전력(apparent power)

$$P_a = P \pm jP_r = \sqrt{P^2 + P_r^2} = V \cdot I[VA]$$

(단, + : 용량성(진상) , - : 유도성(지상)

4) 역률 및 무효율

① 역율 : $\cos\theta = \frac{P}{P_a} = \frac{\text{유효전력}}{\text{피상전력}}$

② 무효율 : $\sin\theta = \frac{P_r}{P_a} = \frac{\text{무효전력}}{\text{피상전력}}$

2. R-X 직렬회로의 전력

1) 유효전력 $P = VI\cos\theta = I^2R = \frac{R}{R^2+X^2}V^2[W]$

2) 무효전력 $P_r = VI\sin\theta = I^2X = \frac{X}{R^2+X^2}V^2[Var]$

3) 피상 전력

$$P_a = P \pm jP_r = \sqrt{P^2 + P_r^2} = V\cdot\ = I^2Z[VA]$$

3. 복소 전력

전압과 전류가 복소수로 주어지는 경우 전력계산법으로 전압 $V = a + jb$[V], 전류 $I = c + jd$[A] 라 하면 피상전력은 전압의 공액 복소수와 전류의 곱으로서

$$P_a = \overline{V}\cdot I = (a - jb)(c + d) = P \pm jP_r[VA]$$

이때 허수부가 음(-)일 때 뒤진 전류에 의한 지상 무효전력이 되고 양(+)일 때 앞선전류에 의한 진상 무효전력이 된다.

4. 최대 전력 전달

1) 저항 R_L 부하

① 최대전력전달조건 $R_L = R_g$

(단, R_L : 부하저항, R_g : 내부저항)

② 최대전력 $P_{max} = \frac{E^2}{4R_g}[W]$

2) 임피던스 Z_L 부하

① 최대전력전달조건 : $Z_L = \overline{Z_g} = R_g - jX_g$

단, 내부임피던스 $Z_g = R_g + jX_g$

부하임피던스 $Z_L = R_L + jX_L$

② 최대전력 : $P_{max} = \frac{E^2}{4R_g}$ [W] (E : 실효전압)

제4장. 유도결합회로

1. 상호 유도 전압

전류i_1에 의하여 2차측에 유기되는 상호 유도 전압

$$e_{12} = \pm M\frac{di_1}{dt}\ [\mathrm{V}]$$

단, M:상호 인덕턴스, 가동결합 +, 차동결합 -

2. 결합 계수K : 두 코일간의 자기적인 결합정도

1) 결합계수 $K = \dfrac{M}{\sqrt{L_1L_2}}$

2) 상호인덕턴스 $M = K\sqrt{L_1L_2}$

3) 누설자속이 없는 경우 = 완전결합 = 이상적결합 $K = 1$

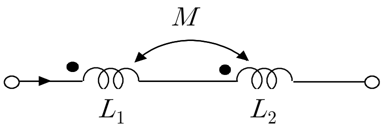
4) 상호 자속이 없는 경우, 유도 결합이 없는 경우 $K = 0$

5) 결합계수의 범위는 $0 \leqq K \leqq 1$

3. 합성인덕턴스

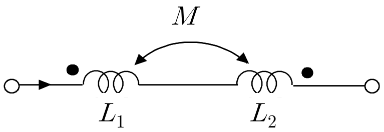
1) 직렬연결 : 전류가 흘러가는 길이 하나인 경우

① **가동결합** : 전류의 방향이 동일하며 자속이 합



$$L_o = L_1 + L_2 + 2M = L_1 + L_2 + 2K\sqrt{L_1L_2}\ [\mathrm{H}]$$

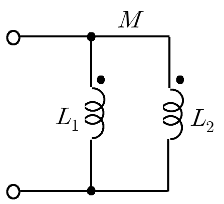
② **차동결합** : 전류의 방향이 반대이며 자속의 차



$$L_o = L_1 + L_2 - 2M = L_1 + L_2 - 2K\sqrt{L_1L_2}\ [\mathrm{H}]$$

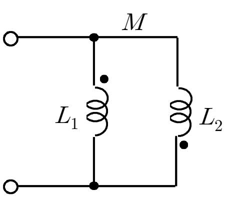
2) 병렬연결 : 전류가 흘러가는 길이 두 개이상

① **가동결합** : 전류의 방향이 동일하며 자속이 합



$$L_o = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}\ [\mathrm{H}]$$

② **차동결합** : 전류의 방향이 반대이며 자속이 차



$$L_o = \frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}\ [\mathrm{H}]$$

4. 이상 변압기의 권수비(전압비=변압비) $a = n$

$$a = n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

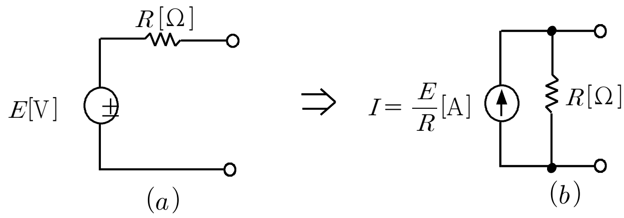
제5장. 일반 선형 회로망

1. 전원의 등가 변환

1) **이상적 전압원**: 내부 저항 $R_g = 0$

2) **이상적 전류원**: 내부저항 $R_g = \infty$

3) **전원의 등가변환**: 그림 (a)와 (b)는 서로 등가이다

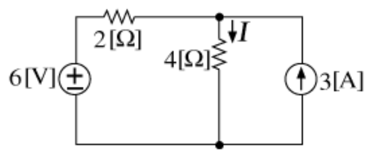


(a) 전압원 (b) 전류원

전압원에는 저항을 직렬로 연결하고 전류원에는 저항을 병렬로 연결한다.

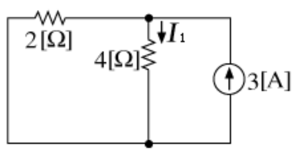
2. 중첩의 정리 : 회로망내에 전압원과 전류원이 여러 개가 동시 존재시 각각 단독으로 존재했을 때 흐르는 전류의 합과같다.
(단,전압원-단락, 전류원-개방)
⇒ 선형회로망에만 적용

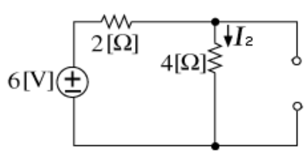
ex)다음 그림에서 4[Ω]에 흐르는전류는 얼마인가 ?



① 전압원 단락 4[Ω]에 흐르는 전류

② 전류원 개방 4[Ω]에 흐르는 전류



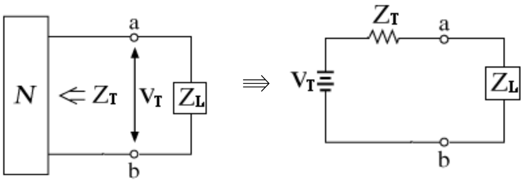


$$\mathrm{I}_1 = \frac{2}{2+4}\times 3 = 1\,[\mathrm{A}]$$

$$\mathrm{I}_2 = \frac{6}{2+4} = 1\,[\mathrm{A}]$$

③ 4[Ω]에 흐르는 전체전류$\mathrm{I} = \mathrm{I}_1 + \mathrm{I}_2 = 2\,[\mathrm{A}]$

3.테브난의 정리 : 복잡한 회로망을 등가전압원($\mathrm{V_T}$)과 등가임피던스($\mathrm{Z_T}$)를 직렬로 만든다음 부하측에 흐르는 전류를 측정하는 원리



① $\mathrm{Z_T}$: 부하측에서 회로망을 바라봤을 때의 임피던스 (단, 바라볼 때 회로망내 전압원은 단락, 전류원은 개방)

② $\mathrm{V_T}$: 개방 단자 사이의 전압

③ 부하에 흐르는 전류$\mathrm{I} = \dfrac{\mathrm{V_T}}{\mathrm{Z_T + Z_L}}\,[\mathrm{A}]$

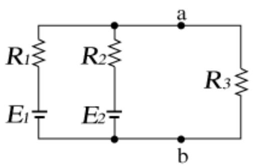
4. 노오튼의 정리(테브난의 정리와 쌍대관계)

5. 밀만의 정리

: 여러개의 전압원이 병렬로 연결되었을 때 공통단자 전압을 구하는 원리(중성점 전위)

ex) a,b 단자에 5[Ω]에 걸리는 전압은 ?

(단,$\mathrm{E_1 = 110, E_2 = 120, R_1 = 1[\Omega], R_2 = 2[\Omega], R_3 = 5[\Omega]}$)



[풀이]

$$\mathrm{V_{ab}} = \frac{\dfrac{\mathrm{E_1}}{\mathrm{Z_1}} + \dfrac{\mathrm{E_2}}{\mathrm{Z_2}} + \dfrac{\mathrm{E_3}}{\mathrm{Z_3}}}{\dfrac{1}{\mathrm{Z_1}} + \dfrac{1}{\mathrm{Z_2}} + \dfrac{1}{\mathrm{Z_3}}} = \frac{\dfrac{110}{1} + \dfrac{120}{2} + \dfrac{0}{5}}{\dfrac{1}{1} + \dfrac{1}{2} + \dfrac{1}{5}} = 100\,[\mathrm{V}]$$

6.가역 정리

: 회로망을 사이에둔 양단자 사이의 전압, 전류의 특성을 알아보기위한 원리

$$\mathrm{V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2}$$

제6장. 다상 교류

1. 3상 평형(대칭 3상) : 3상 평형시 3상 전압 또는 전류의 합은 0 이다.

$$V_a + V_b + V_c = 0 \;,\; I_a + I_b + I_c = 0$$

2. 대칭 3상교류의 결선

1) 성형결선 (Y 결선)

$$V_l = \sqrt{3}\,V_p \angle \frac{\pi}{6}\,[\mathrm{V}] \;,\; I_l = I_p\,[\mathrm{A}]$$

2) 환상결선 (△결선)

$$I_l = \sqrt{3}\,I_p \angle -\frac{\pi}{6}\,[\mathrm{A}] \;,\; V_l = V_p\,[\mathrm{V}]$$

단, 선간전압 V_l , 선전류 I_l , 상전압 V_P, 상전류 I_p

3. 대칭 3상의 전력

1) 유효 전력

$$P = 3V_P I_P \cos\theta = \sqrt{3}\,V_l I_l \cos\theta = 3I^2R\,[\mathrm{W}]$$

2) 무효 전력

$$P_r = 3V_P I_P \sin\theta = \sqrt{3}\,V_l I_l \sin\theta = 3I^2X\,[\mathrm{Var}]$$

3) 피상 전력

$$P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2} = 3V_P I_P = \sqrt{3}\,V_l I_l = 3I^2Z\,[\mathrm{VA}]$$

4. 다상 교류 회로의 전압·전류·전력

1) Y결선(성형결선=스타결선) : n은 다상교류의 상수

① $I_l = I_P$

② $V_l = 2\sin\dfrac{\pi}{n} V_P \angle \dfrac{\pi}{2}\left(1 - \dfrac{2}{n}\right)\,[\mathrm{V}]$

2) △ 결선(환상 결선) : n은 다상교류의 상수

① $I_l = 2\sin\dfrac{\pi}{n} I_P \angle -\dfrac{\pi}{2}\left(1 - \dfrac{2}{n}\right)\,[\mathrm{A}]$

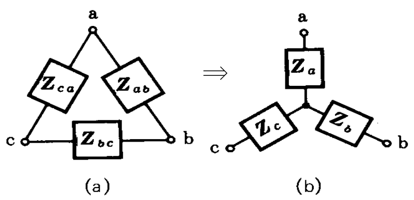
② $V_l = V_P$

3) 다상 교류의 유효전력

$$P = nV_P I_P \cos\theta = \frac{n}{2\sin\dfrac{\pi}{n}} V_l I_l \cos\theta\,[\mathrm{W}]$$

4. 임피던스 변환

① △ → Y 변환 ($Z_\triangle = Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}$ 라 하면)

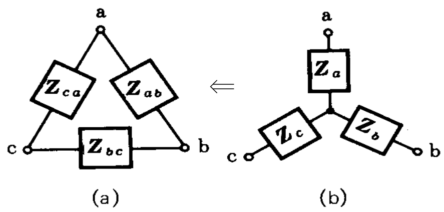


$$Z_a = \frac{Z_{ca} \cdot Z_{ab}}{Z_\triangle}$$

$$Z_b = \frac{Z_{ab} \cdot Z_{bc}}{Z_\triangle}$$

$$Z_c = \frac{Z_{bc} \cdot Z_{ca}}{Z_\triangle}$$

② Y → △ 변환 ($Z_Y = Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a$)



$$Z_{ab} = \frac{Z_Y}{Z_c}$$

$$Z_{bc} = \frac{Z_Y}{Z_a}$$

$$Z_{ca} = \frac{Z_Y}{Z_b}$$

③ 단, 평형부하일 경우 $Z_\triangle = 3\,Z_Y, Z_Y = \dfrac{1}{3}\,Z_\triangle$

5. 임피던스, 선전류, 소비전력의 비

1) Y 결선에서 △결선으로의 변환시
① 임피던스 : 3배 ② 선전류 : 3배
③ 소비전력 : 3배

2) △ 결선에서 Y결선으로의 변환시
① 임피던스 : $\frac{1}{3}$배 ② 선전류 : $\frac{1}{3}$배
③ 소비전력 : $\frac{1}{3}$배

6. 2전력계법 : 전력계 2대로 3상 전력을 측정

두 전력계의 지시값 P_1 , P_2 [W]라 하면

1) 유효 전력 $P = P_1 + P_2 = \sqrt{3}\,V_l I_l \cos\theta$ [W]
2) 무효 전력 $P_r = \sqrt{3}(P_1 - P_2)$ [Var]
3) 피상 전력
$$P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2} = 2\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - P_1 P_2}\ \text{[VA]}$$
4) 역률 $\cos\theta = \dfrac{P}{P_a} = \dfrac{P_1 + P_2}{2\sqrt{P_1^2 + P_2^2 - P_1 P_2}}$

참고] $P_1 = 0$, P_2 = 존재 $\Rightarrow \cos\theta = 0.5$
P_1 , $P_2 = 2P_1 \Rightarrow \cos\theta = 0.866$
P_1 , $P_2 = 3P_1 \Rightarrow \cos\theta = 0.75$

7. 3상 V 결선
△결선으로 운전 중 변압기 1대가 소손되어 2대만 가지고 3상 운전 하는 것을 V결선이라 한다.

1) V 결선의 출력 $P_V = \sqrt{3}\,P$[KVA]
단, P[KVA] : 변압기 한 대의 용량

2) V 결선의 변압기 이용율

$$U = \frac{V\text{결선시 출력}}{\text{변압기 2대의 출력}} = 0.866 = 86.7\ [\%]$$

3) 출력비 : 고장전 출력에 대한 고장후의 출력

$$\text{출력비} = \frac{\text{고장후의 출력}}{\text{고장전의 출력}} = 0.577 = 57.7\ [\%]$$

제7장. 대칭 좌표법

1. 벡터 연산자
1) $a = 1\angle 120^o = 1\angle -240° = -\dfrac{1}{2} + j\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

2) $a^2 = 1\angle 240^o = 1\angle -120° = -\dfrac{1}{2} - j\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

3) $a^2 + a + 1 = 0$, $a^3 = 1$, $a^4 = a$

2. 각상의 비대칭분 전압, 전류
비대칭 전압 ,전류 V_a, V_b, V_c , I_a, I_b, I_c 를 대칭분으로 표시하면

$$V_a = V_o + V_1 + V_2 \qquad I_a = I_o + I_1 + I_2$$
$$V_b = V_o + a^2 V_1 + a V_2 \qquad I_b = I_o + a^2 I_1 + a I_2$$
$$V_c = V_o + a V_1 + a^2 V_2 \qquad I_c = I_o + a I_1 + a^2 I_2$$

[비대칭 전압] [비대칭 전류]

3. 대칭분 영상, 정상, 역상분 전압, 전류

1) 영상분 전압, 전류 $V_o = \dfrac{1}{3}(V_a + V_b + V_c)$

$I_o = \dfrac{1}{3}(I_a + I_b + I_c)$

2) 정상분 전압, 전류 $V_1 = \dfrac{1}{3}(V_a + a V_b + a^2 V_c)$

$I_1 = \dfrac{1}{3}(I_a + a I_b + a^2 I_c)$

3) 역상분 전압, 전류 $V_2 = \dfrac{1}{3}(V_a + a^2 V_b + a V_c)$

$I_2 = \dfrac{1}{3}(I_a + a^2 I_b + a I_c)$

4. 불평형율 : 대칭분 중 정상분에대한 역상분의 비로 비대칭을 나타내는 척도가 된다.

$$\text{불평형율} = \frac{\text{역상분}}{\text{정상분}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{I_2}{I_1}$$

[참고] 1) 선간전압 120[V], 100[V], 100[V] : 13[%]
2) 선간전압 80[V], 50[V], 50[V] : 39.6[%]

5. a상을 기준한 대칭 3상 전압

영상분 $V_o = 0$, 정상분 $V_1 = V_a$, 역상분 $V_2 = 0$

즉, 대칭 3상 전압의 영상분과 역상분은 0이고 정상분만 a상의 전압 V_a 로 존재한다.

6. 대칭3상 교류 발전기의 기본식

$$V_o = -I_o Z_o\ ,\ V_1 = E_a - I_1 Z_1,\ V_2 = -I_2 Z_2$$

단, E_a : a상의 유기 기전력, Z_o : 영상 임피이던스,
Z_1 : 정상 임피이던스, Z_2 : 역상 임피이던스

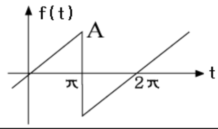
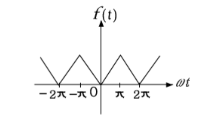
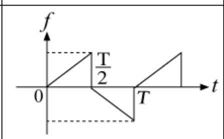
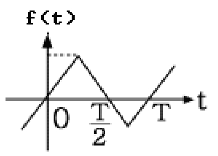
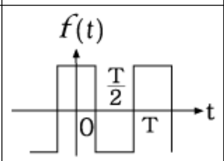
제8장. 비정현파 교류

1. **비정현파의 정의** : 무수히 많은 주파수함수로 이루어진 파
2. **비정현파의 구성** : 직류분 + 기본파 + 고조파
3. **비정현파의 해석** : 퓨리에 분석
4. **비정현파의 함수** :

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t$$

※a_0는 직류분을 의미하며 계산시 평균값공식을 사용.

5. 대칭 조건

대칭성	대표적 파형	조 건	f(t) 함수	고조파
①정현대칭		f(t)=-f(-t)	sin 항	1,2,3,4...
②여현대칭		f(t)=f(-t)	a_0 cos 항	1,2,3,4...
③반파대칭		f(t)= -f(π+t)	sin 항 cos 항	1,3,5,7...
④정현반파 대칭		①,③	sin 항	1,3,5,7...
⑤여현반파 대칭		②,③	cos 항	1,3,5,7...

6.**비정현파의 실효값** : 각파 실효값 제곱의 합의 제곱근 값

① $V = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_3^2 + \cdot\cdot\cdot + V_n^2}$

② $I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_3^2 + \cdot\cdot\cdot + I_n^2}$

7. **왜형률** : 파형의 일그러진 정도

$$\text{왜형률} = \frac{\text{전고조파실효값}}{\text{기본파의실효값}} = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \cdot\cdot\cdot + V_n^2}}{V_1}$$

※ 전류의 왜형률도 위와 동일

8. 비정현 n차 직렬 임피던스

1) R-L직렬 n고조파임피던스: $Z_n = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}$

2) R-C직렬 n고조파임피던스: $Z_n = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{n\omega C})^2}$

3) n차직렬 공진 주파수: $f = \frac{1}{2\pi n\sqrt{LC}}$ [Hz]

9. 비정현파의 전력

1) 소비전력: 같은 고조파 성분끼리만 성립

$$\begin{aligned} P &= V_0 I_0 + V_1 I_1 \cos\theta_1 + V_2 I_2 \cos\theta_2 + \cdot\cdot\cdot + V_n I_n \cos\theta_n \\ &= V_0 I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \cos\theta_n \, [W] \end{aligned}$$

2) 무효전력: 같은고조파 성분끼리만 성립

$$\begin{aligned} P_r &= V_1 I_1 \sin\theta_1 + V_2 I_2 \sin\theta_2 + \cdot\cdot\cdot + V_n I_n \sin\theta_n \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} V_n I_n \sin\theta_n \, [Var] \end{aligned}$$

3) 피상전력

$$P_a = VI[VA] \begin{cases} V = \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \cdot\cdot\cdot + V_n^2} \\ I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \cdot\cdot\cdot + I_n^2} \end{cases}$$

4) 역률 : $\cos\theta = \frac{P}{P_a}$

10. 상순에(상회전) 따른 고조파 차수h

1) 각상이 동위상 $h = 3n = 3, 6, 9$ ...

2) 기본파와 동일방향 $h = 3n + 1 = 1, 4, 7, 10$ ...

3) 기본파와 반대방향 $h = 3n - 1 = 2, 5, 8, 11$ ...

단, $n = 0, 1, 2, 3, 4$ ...

제9장. 2단자망

1. 구동점 임피던스($Z(s)$)

1) R, L, C 에 대한 구동점 임피던스

$R[\Omega] \Rightarrow Z(s) = R[\Omega]$

$L[H] \Rightarrow Z(s) = jwL = sL[\Omega]$

$C[F] \Rightarrow Z(s) = \frac{1}{jwC} = \frac{1}{sC}[\Omega]$

2) 직류인가시 $s = jw = j2\pi f|_{\text{직류}f=0} = 0$

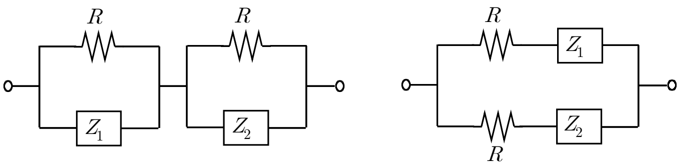
3) 영점과 극점

$$Z(s) = \frac{(s + a_1)(s + a_2) + \cdot \cdot}{(s + b_1)(s + b_2) + \cdot \cdot} [\Omega]$$

① 영점 : $Z(s)$가 0이 되는 s의 값으로 $Z(s)$ 의 분자가 0 이 되는 점. 회로 단락상태가 된다.

② 극점 : $Z(s)$가 ∞ 되는 s의 값으로 $Z(s)$의 분모가 0 이 되는 점. 회로 개방상태가 된다.

3. 정저항 회로
: 구동점 임피이던스의 허수부가 어떠한 주파수에서도 0 이고 실수부도 주파수에 관계없이 일정하게 되는 회로



Z_1과 Z_2가 L, C 단독회로인 경우

$Z_1Z_2 = R^2 = \dfrac{L}{C}$ 이 된다.

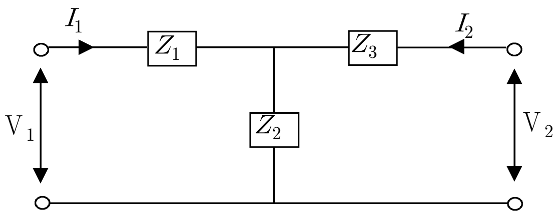
4. 함수와 2단자 회로망의 관계
$Z(s)$의 함수를 줄때 회로망으로 그리기 위해서는 다음과 같은 방법을 사용한다.

1) 모든 분수의 분자를 1로 한다.
2) 표적용

구 분	분 수 밖	분 수 속
+	직 렬	병 렬
실 수	R	G
S의 계수	L	C
$\frac{1}{S}$의 계수	C	L

제10장. 4단자망

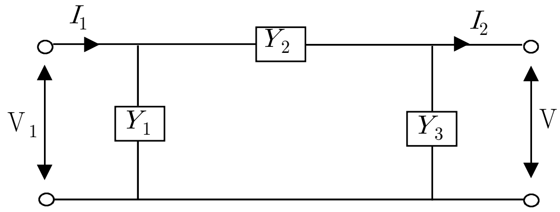
1. 임피던스 파라미터(parameter) : T 형회로를 해석



$Z_{11} = Z_1 + Z_2$　　$Z_{12} = Z_2$

$Z_{21} = Z_2$　　$Z_{22} = Z_2 + Z_3$

2. 어드미턴스 파라미터(parameter): π형회로를 해석



$Y_{11} = Y_1 + Y_2$　　$Y_{12} = Y_2$

$Y_{21} = Y_2$　　$Y_{22} = Y_2 + Y_3$

3. ABCD 파라미터(4단자 정수, F파라미터)
: T, π 형회로를 해석

1) $A = \left.\dfrac{V_1}{V_2}\right|_{I_2=0}$: 전압이득(전압비) : $a = n$

2) $B = \left.\dfrac{V_1}{I_2}\right|_{V_2=0}$: 임피이던스 : 0

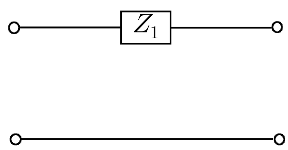
3) $C = \left.\dfrac{I_1}{V_2}\right|_{I_2=0}$: 어드미턴스 : 0

4) $D = \left.\dfrac{I_1}{I_2}\right|_{V_2=0}$: 전류이득(전류비) : $\dfrac{1}{a} = \dfrac{1}{n}$

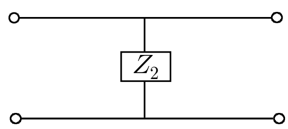
[참고] 이상변압기의 권수비

$$a = n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

4. 각종회로의 4단자 정수
1) 단일회로

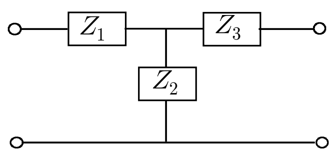
①


$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & Z_1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

②


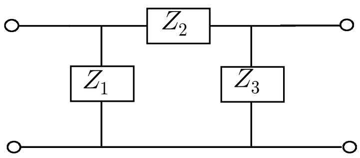
$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{Z_2} & 1 \end{bmatrix}$$

2) T형



$$\begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1+\frac{Z_1}{Z_2} & Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1Z_3}{Z_2} \\ \frac{1}{Z_2} & 1+\frac{Z_3}{Z_2} \end{bmatrix}$$

3) π형



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

5. 4단자 정수의 성질

1) $AD - BC = 1$ 2) 좌우 대칭 : $A = D$

6. 영상 임피던스

1) 1차 영상 임피이던스 $Z_{01} = \sqrt{\dfrac{AB}{CD}}$ [Ω]

2) 2차 영상 임피이던스 $Z_{02} = \sqrt{\dfrac{BD}{AC}}$ [Ω]

3) $Z_{01} \cdot Z_{02} = \dfrac{B}{C}$ 4) $\dfrac{Z_{01}}{Z_{02}} = \dfrac{A}{D}$

5) 좌우 대칭회로(A = D) : $Z_{01} = Z_{02} = \sqrt{\dfrac{B}{C}}$

8. 영상 전달 정수 θ

$$\theta = \log_e(\sqrt{AD} + \sqrt{BC}) = \cosh^{-1}\sqrt{AD} = \sinh^{-1}\sqrt{BC}$$

1) $\cosh\theta = \sqrt{AD}$, $\sinh\theta = \sqrt{BC}$

2) 영상파라미터와 4단자 정수와의 관계

① $A = \sqrt{\dfrac{Z_{01}}{Z_{02}}}\cosh\theta$ ② $B = \sqrt{Z_{01}Z_{02}}\sinh\theta$

③ $C = \dfrac{1}{\sqrt{Z_{01}Z_{02}}}\sinh\theta$ ④ $D = \sqrt{\dfrac{Z_{02}}{Z_{01}}}\cosh\theta$

제11장. 분포정수 회로

1. 특성임피이던스 $Z_o = \sqrt{\dfrac{Z}{Y}} = \sqrt{\dfrac{R+jwL}{G+jwC}}$ [Ω]

2. 전파정수

$$r = \sqrt{ZY} = \sqrt{(R+jwL)\cdot(G+jwC)} = \alpha + j\beta$$

여기서, α: 감쇠정수 , β: 위상 정수

3. 무손실 선로 : 손실이 없는 선로

1) 조건 : $R=0,\ G=0$

2) 특성임피던스 : $Z_o = \sqrt{\dfrac{L}{C}}$ [Ω]

3) 전파 정수 : $r = jw\sqrt{LC}$

∴ 감쇠 정수$\alpha = 0$, 위상정수 $\beta = w\sqrt{LC}$

4) 속도 : $v = \dfrac{w}{\beta} = \dfrac{2\pi f}{\beta} = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = \lambda f$ [m/sec]

4. 무왜형 선로 : 파형의 일그러짐이 없는 선로

1) 조건 : $\dfrac{R}{L} = \dfrac{G}{C}$ 또는 $LG = RC$

2) 특성임피이던스 : $Z_o = \sqrt{\dfrac{L}{C}}$ [Ω]

3) 전파정수 : $r = \sqrt{RG} + jw\sqrt{LC}$

∴ 감쇠정수 $\alpha = \sqrt{RG}$ 위상 정수 $\beta = w\sqrt{LC}$

4) 속도 : $v = \dfrac{w}{\beta} = \dfrac{2\pi f}{\beta} = \dfrac{1}{\sqrt{LC}} = \lambda f$ [m/sec]

5. 반사 계수 및 정재파비

1) 반사 계수 $\rho = \dfrac{Z_R - Z_o}{Z_R + Z_o}$

여기서 $\begin{cases} Z_R : \text{부하 임피던스} \\ Z_o : \text{특성 임피던스} \end{cases}$

2) 정재파 비 $\delta = \dfrac{1+|\rho|}{1-|\rho|}$

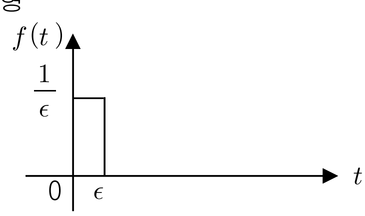
제12장. 라플라스 변환

1. 정의식 : $\mathcal{L}[f(t)] = F(s) = \int_0^\infty f(t)\,e^{-st}dt$

2. 간단한 함수의 라플라스 변환

1) 단위 임펄스 함수 = 단위충격함수 = 델타함수
= 하중함수 = 중량함수

① 함수 $f(t) = \delta(t)$
② 파형

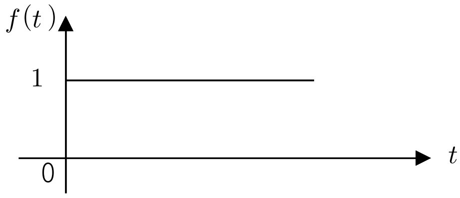


③ 라플라스 변환식 $F(s) = 1$

2) 단위 계단 함수(unit step function)

① 함수 $f(t) = u(t) = 1$

② 파형

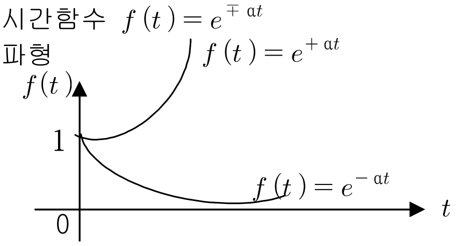


③ 라플라스 변환식 $F(s) = \frac{1}{s}$

3) 지수감쇠, 지수증가 함수

① 시간함수 $f(t) = e^{\mp \alpha t}$

② 파형

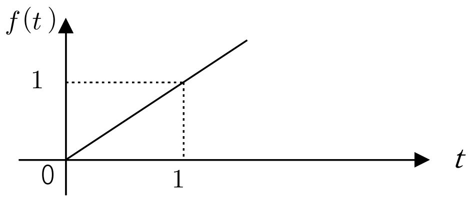


③ 라플라스 변환식 $F(s) = \frac{1}{s \pm a}$

4) 단위램프(Ramp)함수의 Laplace 변환

① 함수 $f(t) = tu(t)$

② 파형



③ 라플라스 변환식 $F(s) = \frac{1}{s^2}$

5) n 차 램프(ramp)함수

① 함수 $f(t) = t^n$

② 라플라스 변환식 $F(s) = \frac{n!}{s^{n+1}}$

참고] $2! = 2 \times 1 = 2$, $3! = 3 \times 2 \times 1 = 6$
$4! = 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 24$

4) 삼각함수의 Laplace 변환

① $f(t) = \sin\omega t$, $F(s) = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$

② $f(t) = \cos\omega t$, $F(s) = \frac{s}{s^2 + \omega^2}$

3. 라플라스 변환에 관한 여러가지 정리

1) 선형의 정리 : 두 개이상의 시간함수가 합이나 차인 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ [af_1(t) \pm bf_2(t)\ ] = aF_1(s) \pm bF_2(s)$$

2) 복소 추이 정리 : 시간함수 $f(t)$와 자연지수 $e^{\mp at}$가 곱인 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ [e^{\pm at} f(t)\ ] = F(s)\ _{s = s \mp a \text{대입}} = F(s \mp a)$$

3) 복소 미분정리 : 시간함수 $f(t)$와 n차 램프함수 t^n이 곱인 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ [t^n f(t)\ ] = (-1)^n \frac{d^n}{ds^n} F(s)$$

4) 시간 추이 정리 : 시간이 지연(늦어짐)된 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ [f(t-a)\ ] = F(s)e^{-as}$$

5) 실미분 정리 (초기값 : $f(0) = 0$)
: 시간함수 $f(t)$가 미분되어 있는 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ [\frac{d^n}{dt^n} f(t)] = s^n F(s)$$

6) 실적분 정리 (초기값 : $f(0) = 0$)
: 시간함수 $f(t)$가 적분되어 있는 경우 라플라스 변환

$$\mathcal{L}\ \left[\int f(t)dt\ \right] = \frac{1}{s} F(s)$$

7) 초기값 정리 : $f(0) = \lim_{t \to 0} f(t) = \lim_{s \to \infty} sF(s)$

8) 최종값 정리 : $f(\infty) = \lim_{t \to \infty} f(t) = \lim_{s \to 0} sF(s)$

4. 라플라스 역변환 $\mathcal{L}^{-1}[F(s)\ ] = f(t)$

: 복소함수 $F(s)$를 시간함수 $f(t)$로 변환
즉, 라플라스 하기전의 시간함수를 찾는다.

정의식 : $\mathcal{L}^{-1}[F(s)\ ] = f(t)$

① 인수분해가 되는 경우
: 부분분수 전개 또는 극한을 이용

■ 인수분해꼴 : $s^2 + (a+b)s + ab = (s+a)(s+b)$
$s^2 - a^2 = (s+a)(s-a)$

ex) $F(s) = \frac{2}{s^2 + 4s + 3}$ 의 역 라플라스 변환은 ?

sol) 더해서 4, 곱해서 3이 나오는 수는 1과 3이므로
$s^2 + 4s + 3$을 인수분해하면 $(s+1)(s+3)$이 된다.

$$F(s)=\frac{2}{s^2+4s+3}=\frac{2}{(s+1)(s+3)}=\frac{K_1}{s+1}+\frac{K_2}{s+3}$$

가 되므로 계수 K_1, K_2를 구하면 다음과 같다.

$K_1=\lim\limits_{s=-1}(s+1)F(s)=1$, $K_2=\lim\limits_{s=-3}(s+3)F(s)=-1$

그러므로 $F(s)=\frac{1}{s+1}-\frac{1}{s+3}$ 이므로

이를 역라플라스 하면 $f(t)=e^{-t}-e^{-3t}$ 가 된다.

② 인수분해가 안되는 경우
: 완전제곱꼴을 이용(즉, 복소추이를 이용한 문제)

■ 완전제곱꼴 :

① $s^2+2s+1=(s+1)^2$ ② $s^2+4s+4=(s+2)^2$

③ $s^2+6s+9=(s+3)^2$ ④ $s^2+8s+16=(s+4)^2$

ex) $f(t)=\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s^2+6s+10}\right]$의 값은 얼마인가 ?

sol) $F(s)=\frac{1}{s^2+6s+10}$ 에서 분모의 값이 인수분해가 안되는 경우 이므로 완전 제곱꼴로 고치면

$s^2+6s+10=s^2+6s+9+1=(s+3)^2+1$ 이므로

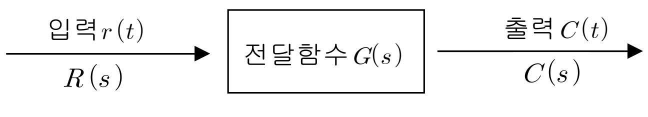
$F(s)=\frac{1}{s^2+6s+10}=\frac{1}{(s+3)^2+1^2}$ 가 되어

이를 역라플라스변환하면 $f(t)=\sin t\cdot e^{-3t}$

제13장. 전달함수

1. 전달 함수

전달 함수는 “모든 초기치를 0으로 했을 때 출력 신호의 라플라스 변환과 입력 신호의 라플라스 변환의 비”로 정의한다.



$$\text{전달함수}\ G(s)=\frac{\mathcal{L}[c(t)]}{\mathcal{L}[r(t)]}=\frac{C(s)}{R(s)}$$

2. 소자에 따른 전달함수

1) 직렬연결시 전달함수
: 입력전압 라플라스에 대한 출력전압 라플라스와의 비. 즉, 전압비를 구한다.

$$G(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{\text{출력 임피던스}}{\text{입력 임피던스}}$$

(직렬연결시 전류가 일정)

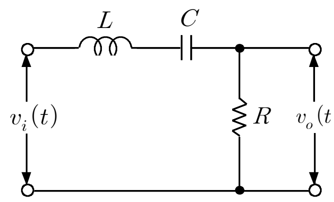
단, R, L, C 에 대한 임피던스

$R[\Omega]\Rightarrow Z(s)=R[\Omega]$

$L[\mathrm{H}]\Rightarrow Z(s)=jwL=sL[\Omega]$

$C[\mathrm{F}]\Rightarrow Z(s)=\frac{1}{jwC}=\frac{1}{sC}[\Omega]$

ex) 그림에서 전기 회로의 전달 함수는 ?



sol) $G(s)=\frac{V_o(s)}{V_i(s)}=\frac{\text{출력 임피던스}}{\text{입력 임피던스}}$

$$=\frac{R}{Ls+\frac{1}{Cs}+R}=\frac{RCs}{LCs^2+RCs+1}$$

2) 병렬연결시 전달함수
: 전류에 대한 출력전압 라플라스와의 비.
즉, 임피던스를 구한다.

$$G(s)=\frac{V_o(s)}{I(s)}=Z(s)=\frac{1}{Y(s)}$$
$$=\frac{1}{\text{합성 어드미턴스}}$$

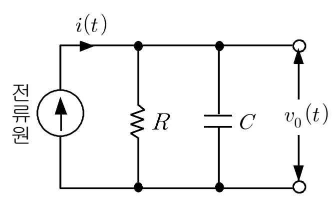
단, R, L, C 에 대한 어드미턴스

$R[\Omega]\Rightarrow Y(s)=\frac{1}{R}[\mho]$

$L[\mathrm{H}]\Rightarrow Y(s)=\frac{1}{sL}[\mho]$

$C[\mathrm{F}]\Rightarrow Y(s)=sC[\mho]$

ex) 그림과 같은 회로에서 전달 함수 $\frac{V_0(s)}{I(s)}$를 구하여라. 단, 초기조건은 모두 0으로 한다.



sol) $G(s)=\frac{V_o(s)}{I(s)}=\frac{1}{\text{합성 어드미턴스}}$

$$=\frac{1}{\frac{1}{R}+Cs}=\frac{R}{1+RCs}$$

3. 제어요소의 전달함수

1) 비례요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = K$ (K :이득 정수)

2) 미분 요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = Ks$

3) 적분 요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = \dfrac{K}{s}$

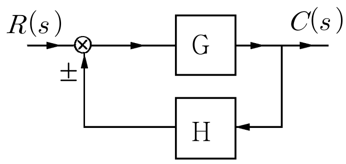
4) 1차 지연 요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = \dfrac{K}{Ts+1}$

5) 2차 지연 요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = \dfrac{K\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2}$

6) 부동작 시간 요소 $G(s) = \dfrac{Y(s)}{X(s)} = Ke^{-LS}$

(단, L : 부동작 시간)

4. 블록선도의 전달함수



합성 전달함수

$$G(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\sum 전향\ 경로\ 이득}{1 - \sum 루프이득} = \frac{G}{1 \mp GH}$$

단, 전향경로이득 : 입력에서 출력으로 동일진행방향 갖는 전달요소의 곱
루프이득 : 피이득 백되는 전달요소의 곱

제14장. 과도현상

1. 과도현상의 성질

① R 만의 회로에서는 과도현상이 일어나지 않는다.
② L과 C소자에서 과도 현상은 발생한다.
③ 과도 전류는 정상값(변하지 않는다.)과 과도값으로 이루어진 값이다.

정상해조건 :$t = \infty$, 과도해조건 : 직류전압 $E = 0$

④ 시정수가 크면 클수록 과도현상은 오래 지속된다.
⑤ L은 초개말단 , C는 초단말개의 성질을 갖는다.

2. $R-L$직렬의 과도현상(스위치 on시)

① $i(t) = \dfrac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$ $[A]$

② 정상전류=최종전류($t = \infty$) : $I_s = \dfrac{E}{R}$ $[A]$

③ 특성근 (과도값) : $p = -\dfrac{R}{L}$

④ 시정수:특성근의절대값의역수$\tau = \dfrac{1}{|p|} = \dfrac{L}{R}$ [sec]

⑤ 시정수에서의 전류값$i(\tau) = 0.632\dfrac{E}{R}$ $[A]$

⑥ R에 걸리는 전압 :$V_R = E(1 - e^{-\frac{R}{L}t})$ $[V]$

⑦ L에 걸리는 전압 : $V_L = Ee^{-\frac{R}{L}t}$ $[V]$

⑧ 스위치 off시 $i(t) = \dfrac{E}{R}e^{-\frac{R}{L}t}$ $[A]$

3. $R-C$ 직렬의 과도현상(스위치 on시)

① $i(t) = \dfrac{E}{R}e^{-\frac{1}{RC}t}$ $[A]$

② 전하량 : $q = CE(1 - e^{-\frac{1}{RC}t})$ $[C]$

③ 특성근 : $p = -\dfrac{1}{RC}$

④ 시정수 : $\tau = \dfrac{1}{|p|} = RC$ [sec]

⑤ 시정수에서의 전류값 : $i(\tau) = 0.368\dfrac{E}{R}$ [A]

⑥ R에 걸리는 전압 : $V_R = Ee^{-\frac{1}{RC}t}$ $[V]$

⑦ C에 걸리는 전압 : $V_C = E(1 - e^{-\frac{1}{RC}t})$ $[V]$

4. $L-C$직렬의 과도현상(스위치 on시)

① $i(t) = \dfrac{E}{\sqrt{\dfrac{L}{C}}}\sin\dfrac{1}{\sqrt{LC}}t$ $[A]$

② 고유 주파수(각속도) : $w_n = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ [rad/sec]

③ 전류는 불변진동전류이다.

④ L 및 C에 걸리는 최대전압
⑴ $V_{Lmax} = E\,[V]$ ⑵ $V_{Cmax} = 2E\,[V]$

5. $R-L-C$직렬의 과도현상(스위치 on시)

⑴ 진동 조건 :

① $R > 2\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ 이면 비진동

② $R = 2\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ 이면 임계진동

③ $R < 2\sqrt{\dfrac{L}{C}}$ 이면 진동

6. $R-L$ 직렬에서 과도분이 없는 위상$\theta = \tan^{-1}\dfrac{X_L}{R}$