

CHAPTER

01

회로이론 치트키

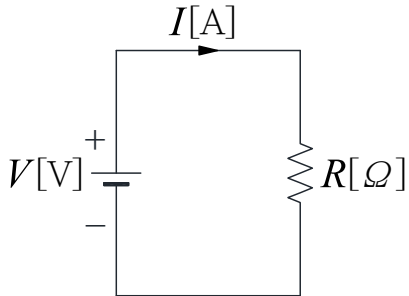
전기기사 필기 치트키

PART 01	4	PART 08	19
1. 옴의 법칙		22. 비정현파의 푸리에 급수	
2. 키르히호프의 법칙		23. 파형의 대칭	
3. 저항의 직·병렬		24. 비정현파의 전력	
4. 휘스톤 브리지		25. 비정현파의 임피던스	
PART 02	6	PART 09	22
5. 정현파교류 표현		26. 2단자망 I. 구동점 임피던스	
6. 실향값, 평균값, 파고율, 파형률		27. 2단자망 II. 정저항 회로	
PART 03	7	28. 2단자망 III. 역회로	
7. R-L-C 직렬		PART 10	24
8. R-L-C 병렬		29. 4단자정수 I. 기본식	
9. 교류 전력		30. 4단자정수 II. T형, π 형 회로	
10. 인덕턴스의 접속		31. 4단자정수 III. 영상 파라미터	
PART 04	9	PART 11	26
11. 전원변환		32. 4단자정수 IV) 분포정수회로	
12. 중첩의 정리		PART 12	27
13. 테브난의 정리		33. 기본함수의 라플라스 변환	
14. 밀만의 정리		PART 13	28
PART 05	14	34. 시간추이 정리	
15. 평형 3상		35. 복소추이 정리	
16. Y 결선, 델타 결선		36. 실미분, 실적분 정리	
17. V결선		37. 초깃값, 최종값 정리	
PART 06	16	38. 역라플라스 변환(헤비사이드)	
18. 부하의 Y-델타 변환		PART 14	30
19. 2전력계법		39. 과도현상	
PART 07	18	40. 전기회로의 전달함수	
20. 대칭좌표법(불평형 3상 교류)			
21. 불평형률			

Cheatkey

1 옴의 법칙

- 전기회로에서 전압, 저항, 전류의 관계에 대한 법칙



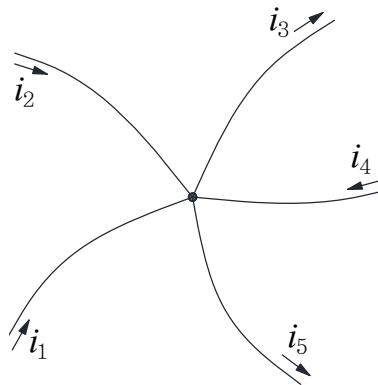
- $V = IR [V]$
- $I = \frac{V}{R} [A]$
- $R = \frac{V}{I} [\Omega]$

Cheatkey

2 키르히호프의 법칙(KCL, KVL)

1. KCL(키르히호프의 전류 법칙)

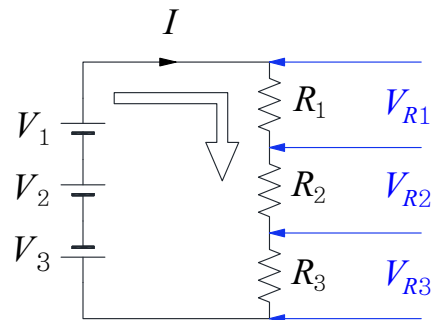
- 회로 내의 임의의 접속점에 들어오는 전류와 나가는 전류의 대수합은 0이다.



$$i_1 + i_2 - i_3 + i_4 - i_5 = 0$$

2. KVL(키르히호프의 전압 법칙)

- 폐회로 내에서 전원 전압의 합은 전압강하의 합과 같다.



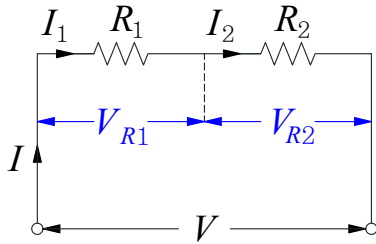
$$V_1 + V_2 - V_3 = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

Cheatkey

3

저항의 직·병렬

1. 저항의 직렬 접속



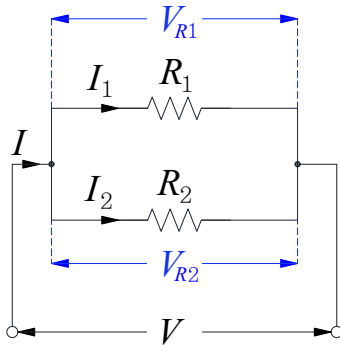
1) 전류 일정 : $I = I_1 = I_2$

2) 전압 분배 : $V = V_{R1} + V_{R2}$

① $V_{R1} = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V[V]$

② $V_{R2} = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V[V]$

2. 저항의 병렬 접속



1) 전압 일정 : $V = V_{R1} = V_{R2}$

2) 전류 분배 : $I = I_1 + I_2$

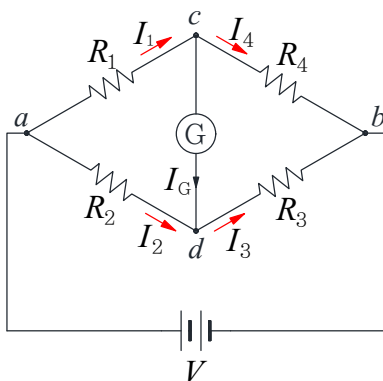
① $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I[A]$

② $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I[A]$

Cheatkey

4

휘스톤 브리지



■ $I_G = 0$ 일 조건 : $R_1 R_3 = R_2 R_4$

Cheatkey

5

정현파 교류의 표현

1. 순식값

$$\blacksquare v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta) = \sqrt{2} V_{rms} \sin(\omega t + \theta)$$

2. 극형식법(페이저) 실효값(크기)과 위상만으로 교류를 표현

$$\textcircled{1} \dot{V} = V_{rms} \angle \theta$$

$$\textcircled{2} \text{ 페이저 곱셈 : } V_1 \angle \theta_1 \times V_2 \angle \theta_2 = V_1 \times V_2 \angle (\theta_1 + \theta_2)$$

$$\textcircled{3} \text{ 페이저 나눗셈 : } V_1 \angle \theta_1 \div V_2 \angle \theta_2 = V_1 \div V_2 \angle (\theta_1 - \theta_2)$$

3. 복소수법

$$\blacksquare \dot{V} = V_{rms} (\cos \theta + j \sin \theta) = a + jb$$

$$\text{여기서, } \theta = \tan^{-1} \left(\frac{b}{a} \right)$$

Cheatkey

6

실효값, 평균값, 파고율, 파형률

1. 각 파형들의 실효값, 평균값, 파고율, 파형률

파형의 종류		실효값 (□ V_m)	평균값 (△ V_m)	파고율 ($\frac{1}{\square}$)	파형률 ($\frac{\square}{\Delta}$)
정현파 (전파 정현파)		$\frac{1}{\sqrt{2}} V_m$	$\frac{2}{\pi} V_m$	$\sqrt{2}$	$\frac{\pi}{2\sqrt{2}}$
반파 정현파		$\frac{1}{2} V_m$	$\frac{1}{\pi} V_m$	2	$\frac{\pi}{2}$
구형파		V_m	V_m	1	1
반파 구형파		$\frac{1}{\sqrt{2}} V_m$	$\frac{1}{2} V_m$	$\sqrt{2}$	$\sqrt{2}$
삼각파 (톱니파)		$\frac{1}{\sqrt{3}} V_m$	$\frac{1}{2} V_m$	$\sqrt{3}$	$\frac{2}{\sqrt{3}}$

2. 파고율과 파형률 공식

$$\textcircled{1} \text{ 파고율} = \text{최대값} / \text{실효값}$$

$$\textcircled{2} \text{ 파형률} = \text{실효값} / \text{평균값}$$

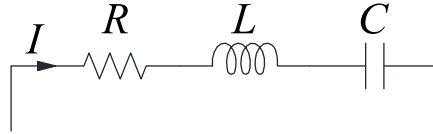
$$\begin{aligned} \text{고} &= \frac{\text{최}}{\text{실}} \\ \text{형} &= \frac{\text{실}}{\text{평}} \end{aligned}$$

Cheatkey

7

R-L-C 직렬

1. R, L, C



저항	$R [\Omega]$	$R [\Omega]$
코일(인덕터)	$L [H]$	$X_L [\Omega]$
콘덴서(커패시터)	$C [F]$	$X_C [\Omega]$

- 1) 저항 : 전류의 흐름을 방해하며 에너지를 소비
- 2) 코일(인덕터) : 자속 발생을 목적으로 하는 장치
 - 인덕턴스(L) : 도체 또는 장치의 자속 발생 능력
 - 유도성 리액턴스(X_L) : 인덕터의 전류 방해 능력
- 3) 콘덴서(커패시터) : 전하 축적을 목적으로 하는 장치
 - 커패시턴스(C) : 도체 또는 장치의 전하 축적 능력
 - 용량성 리액턴스(X_C) : 커패시터의 전류 방해 능력

$$\ast X_L = \omega L = 2\pi f L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

2. 임피던스

- 1) R-L 직렬 : $Z = R + jX_L, \quad |Z| = \sqrt{R^2 + X_L^2}$
- 2) R-C 직렬 : $Z = R - jX_C, \quad |Z| = \sqrt{R^2 + X_C^2}$
- 3) R-L-C 직렬 : $Z = R + j(X_L - X_C), \quad |Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$

3. 옴의 법칙 : $V = IZ[V]$

$$4. \text{역률} : \cos\theta = \frac{R}{|Z|} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

5. 위상

$$1) \theta = \cos^{-1}\left(\frac{R}{|Z|}\right) \qquad 2) \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$

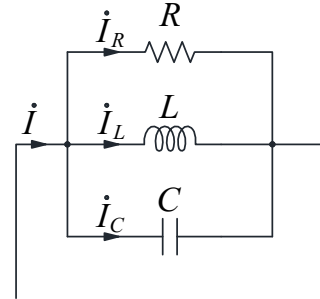
Cheatkey

8

R-L-C 병렬

1. 전류

- ① R-L 병렬 : $I = I_R - jI_L$, $|I| = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$
 ② R-C 병렬 : $I = I_R + jI_C$, $|I| = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$
 ③ R-L-C 병렬 : $I = I_R + j(I_C - I_L)$,
 $|I| = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$

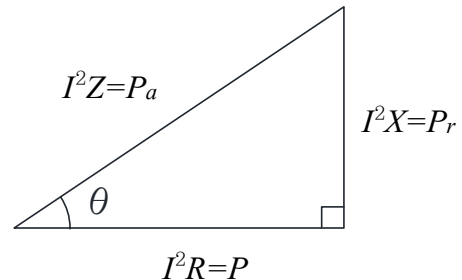


Cheatkey

9

교류전력

- ① 유효 전력 $P = P_a \cos \theta = VI \cos \theta = I^2 R [\text{W}]$
 ② 무효 전력 $P_r = P_a \sin \theta = VI \sin \theta = I^2 X [\text{var}]$
 ③ 피상 전력 $P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2} = VI = I^2 Z [\text{VA}]$
 ④ 역률 $\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{P}{P_a}$



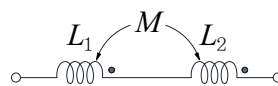
Cheatkey

10

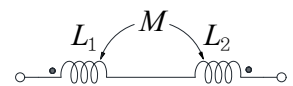
인덕턴스의 접속

1. 직렬연결

- ① 가동결합 : $L_{\text{가동}} = L_1 + L_2 + 2M [\text{H}]$
 ② 차동결합 : $L_{\text{차동}} = L_1 + L_2 - 2M [\text{H}]$
 ③ 상호인덕턴스 $M = \frac{L_{\text{가동}} - L_{\text{차동}}}{4} [\text{H}]$



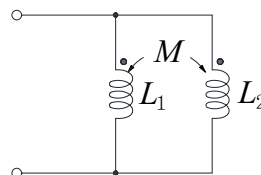
[직렬연결 가동결합]



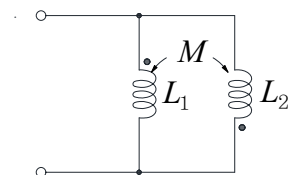
[직렬연결 차동결합]

2. 병렬연결

- ① 가동결합 : $L_{\text{가동}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M} [\text{H}]$
 ② 차동결합 : $L_{\text{차동}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M} [\text{H}]$
 ③ 결합계수 : $k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} \quad (0 \leq k \leq 1)$



[병렬연결 가동결합]

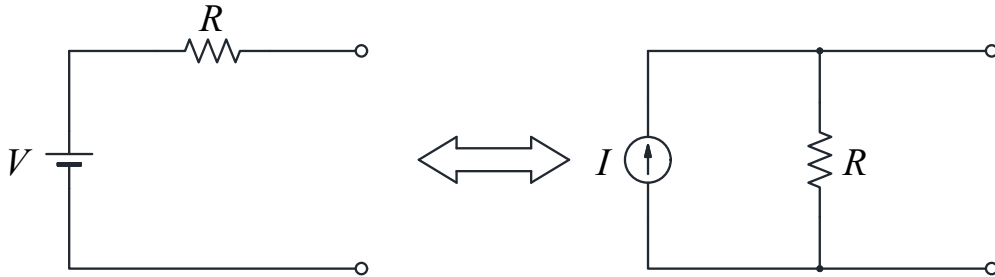


[병렬연결 차동결합]

Cheatkey

11 전원변환

- 저항과 직렬 연결된 전압원은 같은 저항과 병렬 연결된 전류원으로 변환이 가능하며, 역 또한 성립한다.

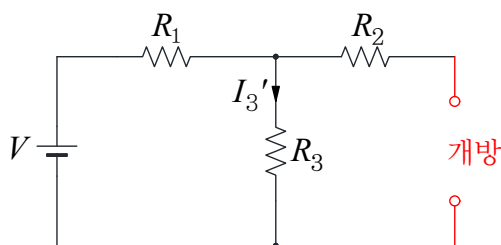
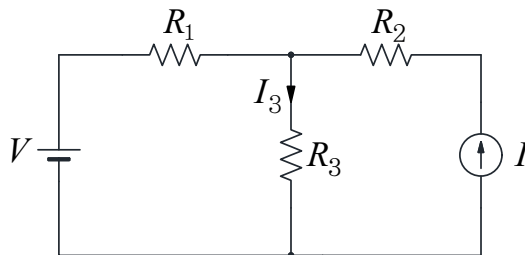


이때 $I = \frac{V}{R}$ 이고, $V = IR$ 이다.

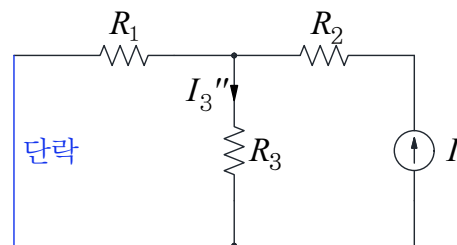
Cheatkey

12 중첩의 정리

- 둘 이상의 전압원이나 전류원이 혼합된 회로를 해석할 때, 회로 내 한 지점에 흐르는 전류는 전원이 단독으로 존재할 때 전류의 합으로 구할 수 있다.



(a) 전류원 개방

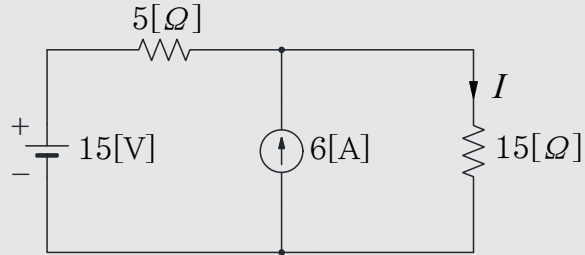


(b) 전압원 단락

$$I_3 = I_3' + I_3'' [\text{A}]$$

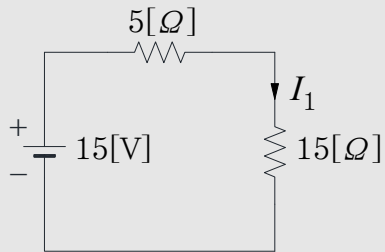
【연습문제】

회로에서 저항 $15[\Omega]$ 에 흐르는 전류 $I[\text{A}]$ 는?



【풀이】

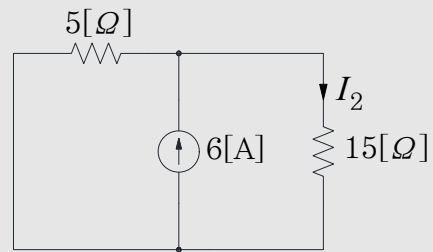
i) $6[\text{A}]$ 전류원 개방



$$I_1 = \frac{15}{5+15} = 0.75[\text{A}]$$

$$\therefore I = I_1 + I_2 = 0.75 + 1.5 = 2.25[\text{A}]$$

ii) $15[\text{V}]$ 전압원 단락

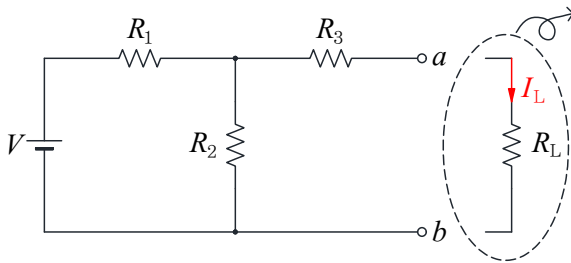
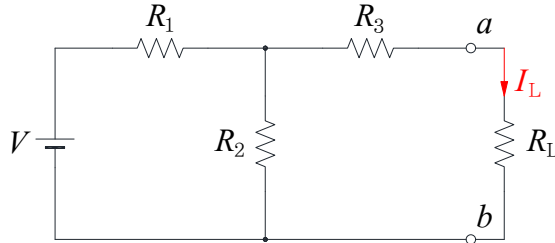


$$I_2 = 6 \times \frac{5}{5+15} = 1.5[\text{A}]$$

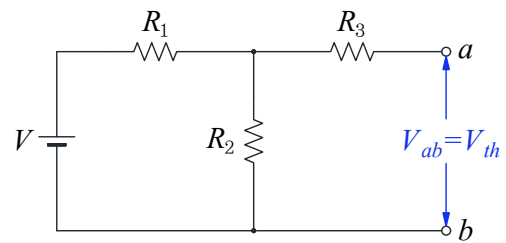
Cheatkey

13 테브난의 정리

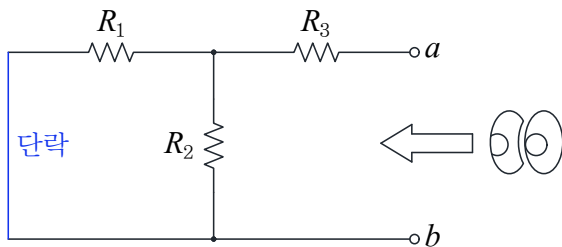
- 복잡한 회로를 전압원-저항 직렬 회로로 변환하여 해석하는 방법



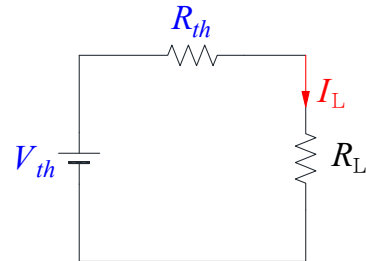
[STEP1] a-b 단자 개방하기

[STEP2] V_{th} 구하기

(a-b 단자에 걸리는 전압)

[STEP3] R_{th} 구하기

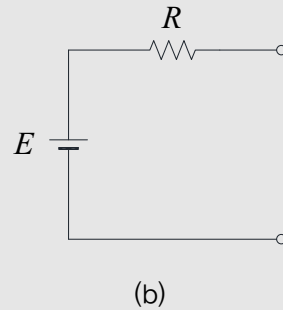
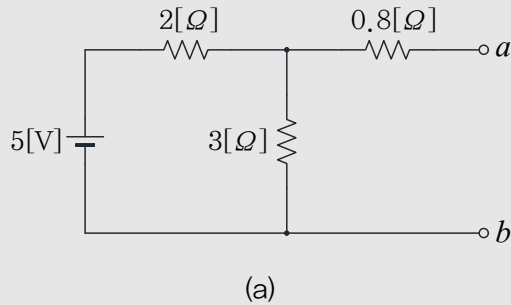
(개방된 단자에서 바라본 합성저항)



[STEP4] 테브난 등가회로 작성

【연습문제】

아래 회로(a)를 (b)와 같은 등가회로로 만들어라

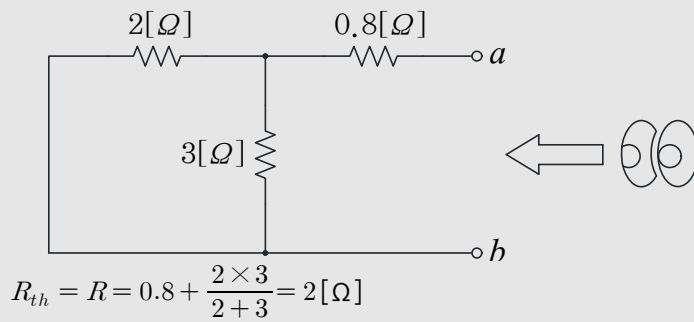


【풀이】

i) $V_{th} = a-b$ 개방단자 전압

$$V_{th} = E = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E = \frac{3}{2 + 3} \times 5 = 3[V]$$

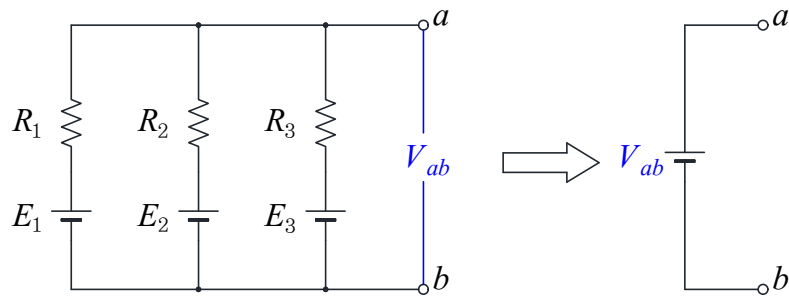
ii) R_{th} : 전압원 단락 후 a-b에서 바라본 합성저항



Cheatkey

14 밑만의 정리

- 다수의 전압원과 저항이 병렬로 접속된 회로를 간단하게 전압원의 등가회로로 대체시키는 방법



$$\bullet V_{ab} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2} + \frac{E_3}{R_3} \dots}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots}$$

Cheatkey

15 평형 3상

1. 3상 평형 교류에서

1) 벡터연산자 $a = 1 \angle 120^\circ$

① a상 전압 : $v_a = V \angle 0^\circ = V$

② b상 전압 : $v_b = V \angle -120^\circ = V \angle 240^\circ = a^2 V$

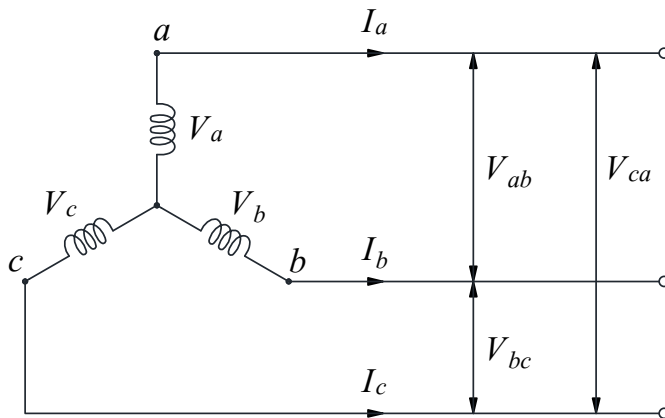
③ c상 전압 : $v_c = V \angle -240^\circ = V \angle 120^\circ = a V$

$$\therefore V_a + V_b + V_c = V + a^2 V + a V = V(1 + a + a^2) = 0$$

Cheatkey

16 Y결선, Δ결선

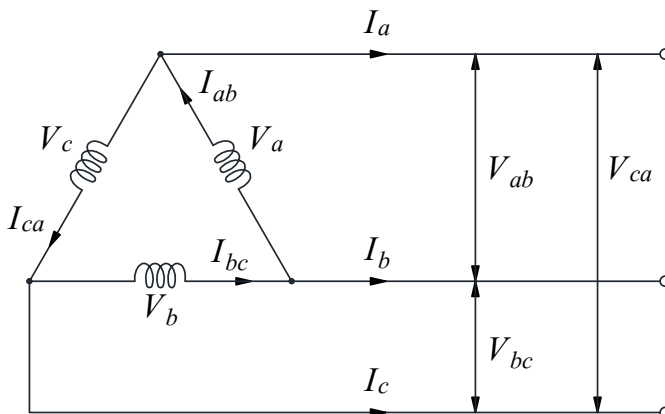
1. Y결선



① $I_l = I_p$

② $V_l = \sqrt{3} V_p \angle \frac{\pi}{6}$ (앞섬)

2. Δ결선



① $V_l = V_p$

② $I_l = \sqrt{3} I_p \angle -\frac{\pi}{6}$ (뒤짐)

3. 전력

① 피상전력 : $\sqrt{3} V_l I_l = 3 V_p I_p [\text{VA}]$

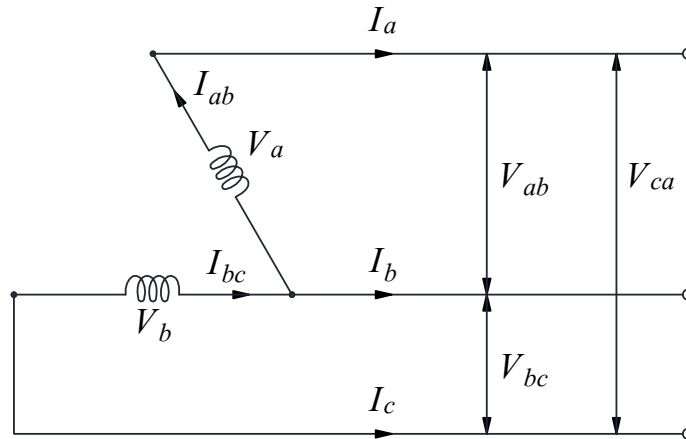
② 유효전력 : $\sqrt{3} V_l I_l \cos \theta = 3 V_p I_p \cos \theta [\text{W}]$

③ 무효전력 : $\sqrt{3} V_l I_l \sin \theta = 3 V_p I_p \sin \theta [\text{var}]$

Cheatkey

17 V결선

- 단상 전원 3대를 3상 Δ 결선하여 운행 중인 3상 전원에서 한 상의 전원에 이상이 생긴 경우 단상 전원 2대를 V결선하면 아무런 지장 없이 부하에 3상 전압을 공급할 수 있다.



1) 전압과 전류

- ① 전압 $V_l = V_p$
- ② 전류 $I_l = I_p$

2) 전력 (P_1 : 변압기 1대 용량)

- ① 변압기 2대 전체 용량 : $P_2 = 2P_1$
- ② V결선 출력 $P_v = \sqrt{3} P_1$

3) 이용률

$$\bullet \frac{\text{V결선 허용용량}}{\text{2대 허용용량}} = \frac{\sqrt{3} VI}{2 VI} = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866 = 86.6 [\%]$$

4) 출력의 비

$$\bullet \frac{\text{V결선 출력}}{\Delta결선 출력} = \frac{\sqrt{3} VI \cos \theta}{3 VI \cos \theta} = \frac{\sqrt{3}}{3} = 0.577 = 57.7 [\%]$$

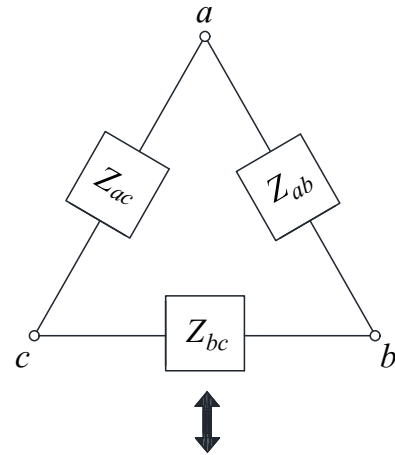
Cheatkey

18 부하의 $Y \leftrightarrow \Delta$ 변환1. $\Delta \rightarrow Y$ 변환

$$\textcircled{1} Z_a = \frac{Z_{ca}Z_{ab}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

$$\textcircled{2} Z_b = \frac{Z_{ab}Z_{bc}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

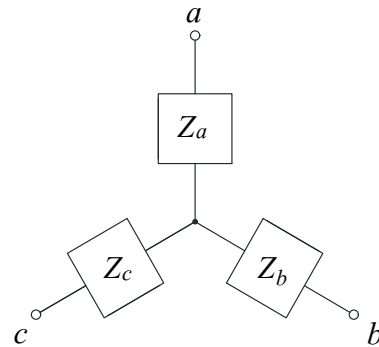
$$\textcircled{3} Z_c = \frac{Z_{bc}Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

2. $Y \rightarrow \Delta$ 변환

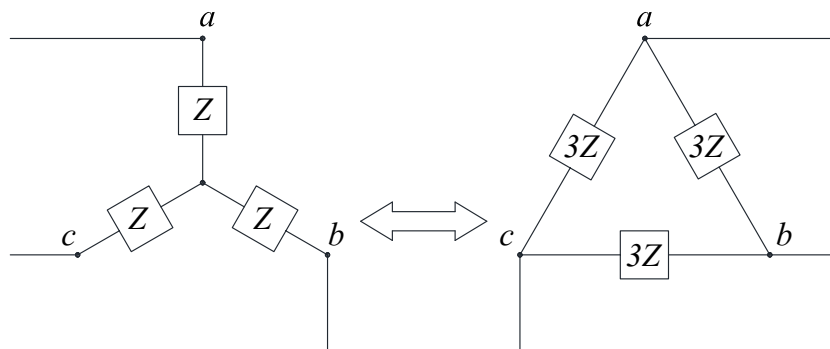
$$\textcircled{1} Z_{ab} = \frac{Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a}{Z_c}$$

$$\textcircled{2} Z_{bc} = \frac{Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a}{Z_a}$$

$$\textcircled{3} Z_{ca} = \frac{Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a}{Z_b}$$



3. 3상 평형 회로의 임피던스 등가 변환



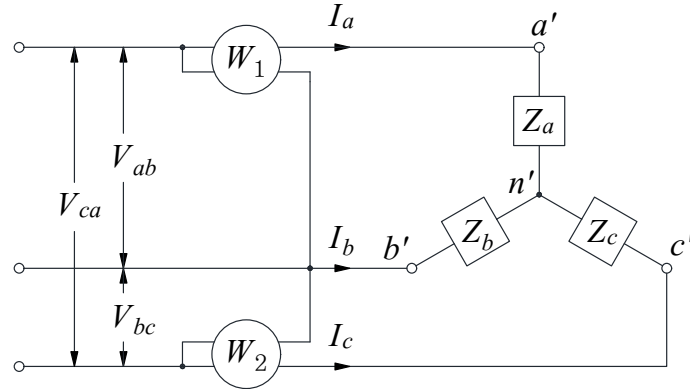
$$\textcircled{1} Y \rightarrow \Delta \text{ 변환 : } Z_{\Delta} = 3Z_Y$$

$$\textcircled{2} \Delta \rightarrow Y \text{ 변환 : } Z_Y = \frac{1}{3} Z_{\Delta}$$

Cheatkey

19

2전력계법



1) 유효전력 $P = W_1 + W_2 = \sqrt{3} VI \cos \theta [\text{W}]$

2) 무효전력 $P_r = \sqrt{3} (W_2 - W_1) = \sqrt{3} VI \sin \theta [\text{var}]$

3) 피상전력 $P_a = \sqrt{P^2 + P_r^2}$
 $= 2 \sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2} [\text{VA}]$

4) 역률 $\cos \theta = \frac{P}{P_a} = \frac{W_1 + W_2}{2 \sqrt{W_1^2 + W_2^2 - W_1 W_2}}$

Cheatkey

20 대칭 좌표법(불평형 3상 교류)1. 대칭 좌표법($a, b, c \rightarrow$ 영, 정, 역)

	영상분	+	정상분	+	역상분
V_a	$1 \cdot V_0$	+	$1 \cdot V_1$	+	$1 \cdot V_2$
V_b	$1 \cdot V_0$	+	$a^2 \cdot V_1$	+	$a \cdot V_2$
V_c	$1 \cdot V_0$	+	$a \cdot V_1$	+	$a^2 \cdot V_2$

2. 대칭 좌표법(영, 정, 역 $\rightarrow a, b, c$)

	a상 전압	+	b상 전압	+	c상 전압
V_0	$\frac{1}{3}(1 \cdot V_a$	+	$1 \cdot V_b$	+	$1 \cdot V_c)$
V_1	$\frac{1}{3}(1 \cdot V_a$	+	$a \cdot V_b$	+	$a^2 \cdot V_c)$
V_2	$\frac{1}{3}(1 \cdot V_a$	+	$a^2 \cdot V_b$	+	$a \cdot V_c)$

※ 벡터연산자 $a = 1 \angle 120^\circ$

Cheatkey

21 불평형률

- 평형의 이탈 정도를 표시하는 양

- 불평형률 = $\frac{\text{역상분}}{\text{정상분}}$

Cheatkey

22 비정현파의 푸리에 급수

- 주파수와 진폭을 달리하는 무수히 많은 성분을 갖는 비정현파를 무수히 많은 정현파와 여현파의 기본파와 고조파의 합으로 표현하는 것

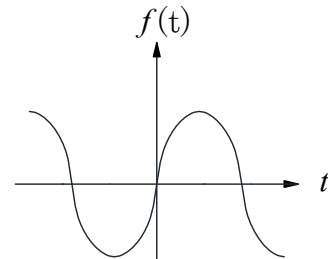
1. 비정현파의 푸리에 급수에 의한 전개

$$\begin{aligned}
 f(t) &= a_0 + a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + a_3 \cos 3\omega t + \cdots \\
 &\quad + b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + b_3 \sin 3\omega t + \cdots \\
 &= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin n\omega t
 \end{aligned}$$

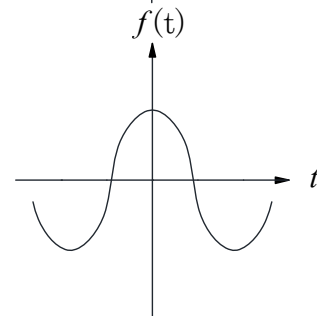
Cheatkey

23 파형의 대칭**1. 정현대칭**

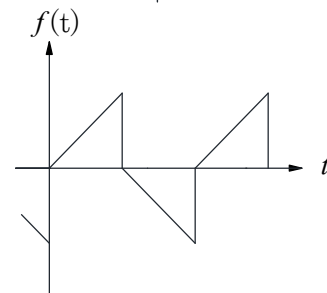
- ① 원점 대칭(기함수)
- ② $f(t) = -f(-t)$
- ③ sin항만 존재

**2. 여현대칭**

- ① Y축 대칭(우함수)
- ② $f(t) = f(-t)$
- ③ 직류분, cos항 존재

**3. 반파대칭**

- ① 파형의 반 주기가 x 축에 대칭
- ② $f(t) = -f\left(t + \frac{T}{2}\right)$
- ③ sin, cos의 기본파와 홀수차 항의 고조파 존재



Cheatkey

24 비정현파의 전력**1. 비정현파의 실효값**

$$v(t) = V_0 + V_{m1}\sin\omega t + V_{m2}\sin 2\omega t + \cdots + V_{mn}\sin n\omega t$$

$$\begin{aligned} V_{rms} &= \sqrt{V_0^2 + \left(\frac{V_{m1}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{V_{m2}}{\sqrt{2}}\right)^2 + \cdots + \left(\frac{V_{mn}}{\sqrt{2}}\right)^2} \\ &= \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \cdots + V_n^2} \end{aligned}$$

2. 비정현파의 전력

$$v(t) = V_0 + \sqrt{2} V_1 \sin \omega t + \sqrt{2} V_2 \sin 2\omega t + \cdots + \sqrt{2} V_n \sin n\omega t$$

$$i(t) = I_0 + \sqrt{2} I_1 \sin(\omega t + \theta_1) + \sqrt{2} I_2 \sin(2\omega t + \theta_2) + \cdots + \sqrt{2} I_n \sin(n\omega t + \theta_n)$$

1) 피상전력[VA]

- 전 전압 실효값 $\times$ 전 전류 실효값

$$\begin{aligned} P_a = VI &= \sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \cdots + V_n^2} \\ &\quad \times \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \cdots + I_n^2} \end{aligned}$$

2) 유효전력(소비전력)[W]

- 주파수가 같은 전압, 전류끼리 실효값의 곱

$$\begin{aligned} P &= V_0 I_0 + \sum_{k=1}^n V_k I_k \cos \theta_k \\ &= V_0 I_0 + V_1 I_1 \cos \theta_1 + V_2 I_2 \cos \theta_2 + \cdots + V_n I_n \cos \theta_n [\text{W}] \end{aligned}$$

3) 역률

$$\cos \theta = \frac{P}{P_a} = \frac{V_0 I_0 + V_1 I_1 \cos \theta_1 + V_2 I_2 \cos \theta_2 + \cdots + V_n I_n \cos \theta_n}{\sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \cdots + V_n^2} \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \cdots + I_n^2}}$$

3. 비정현파의 왜형률

$$\begin{aligned} \blacksquare \text{ 왜형률}(\epsilon) &= \frac{\text{전고조파의 실효값}}{\text{기본파의 실효값}} \\ &= \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + \cdots + V_n^2}}{V_1} \end{aligned}$$

Cheatkey

25 비정현파의 임피던스

1. R - L 직렬 임피던스

$$\textcircled{1} Z_1 = R + j\omega L = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

$$\textcircled{2} Z_n = R + jn\omega L = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2}$$

2. R - C 직렬 임피던스

$$\textcircled{1} Z_1 = R - j\frac{1}{\omega C} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\textcircled{2} Z_n = R - j\frac{1}{n\omega C} = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{n\omega C}\right)^2}$$

Cheatkey

26 2단자망 I. 구동점 임피던스

■ 일반화($j\omega = s$)된 임피던스 $Z(s)$, 구동점 임피던스

1) $R[\Omega] \rightarrow Z_R(s) = R[\Omega]$

2) $L[H] \rightarrow Z_L(s) = j\omega L = sL[\Omega]$

3) $C[F] \rightarrow Z_C(s) = \frac{1}{j\omega C} = \frac{1}{sC}[\Omega]$

4) RLC 직렬회로의 임피던스

$$\bullet Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + sL + \frac{1}{sC}$$

5) RLC 병렬회로의 임피던스

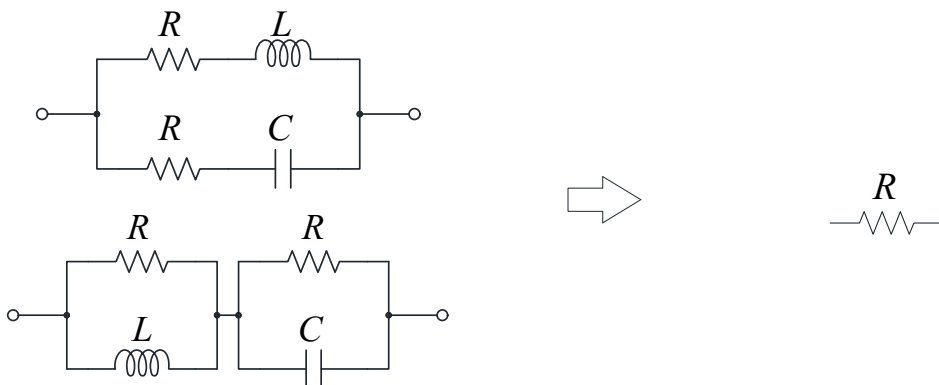
$$\textcircled{1} Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{sL} + sC$$

$$\textcircled{2} Z = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{sL} + sC}$$

Cheatkey

27 2단자망 II. 정저항 회로

■ 2단자 구동점 임피던스가 주파수에 관계없이 항상 일정한 순저항으로 될 때 회로를 정저항 회로라 한다.



$$Z = R \text{ 이 될 조건 : } R = \sqrt{\frac{L}{C}} [\Omega]$$

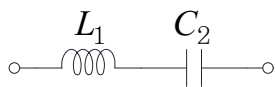
Cheatkey

28 2단자망 Ⅲ. 역회로

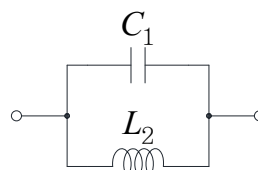
1. 역회로 만들기

- ① 직렬 $\leftrightarrow$ 병렬 ② $L \leftrightarrow C$

2. K에 관해 역회로의 관계인 두 회로



(a)



(b)

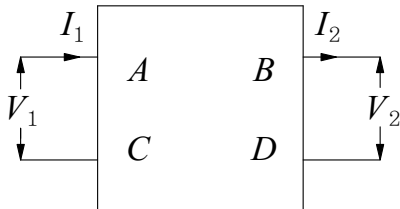
$$\frac{L_1}{C_1} = \frac{L_2}{C_2} = K^2 \text{ 일 때 두 회로는 K에 관해서 역회로의 관계}$$

Cheatkey

29 4단자 정수 I. 기본식

1. 기본 방정식

- 입력 측 전압(V_1)과 전류(I_1)를 출력 측 전압(V_2)과 전류(I_2)의 합으로 나타낸 기본식



$$\dot{V}_1 = AV_2 + BI_2$$

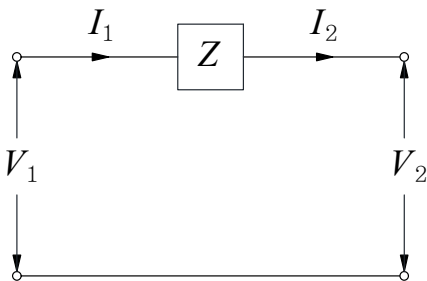
$$\dot{I}_1 = CV_2 + DI_2$$

2. 4단자 정수의 성질

- ① $AD - BC = 1$
- ② 대칭 4단자망일 경우 : $A = D$

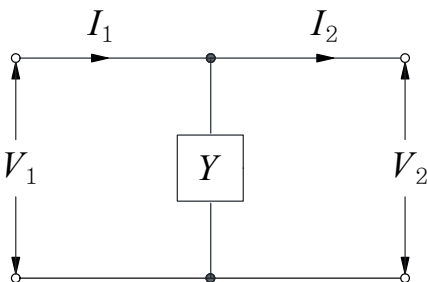
3. 단일 소자

1) 직렬 임피던스 단일 소자



$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & Z \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

2) 병렬 어드미턴스 단일 소자

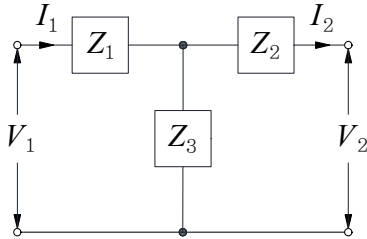


$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{pmatrix}$$

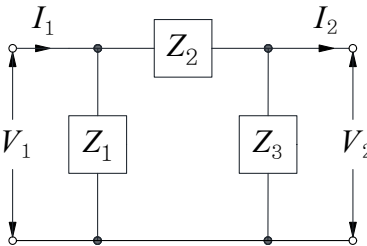
Cheatkey

30 4단자 정수 II. T형, π 형 회로

1. T형 회로의 4단자 정수

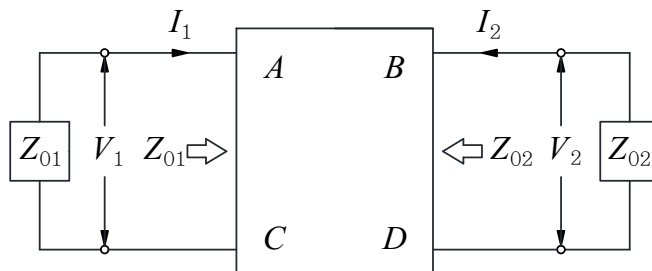


$$\begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_1}{Z_3} & \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_3} \\ \frac{1}{Z_3} & 1 + \frac{Z_2}{Z_3} \end{pmatrix}$$

2. π 형 회로의 4단자 정수

$$\begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_2}{Z_3} & Z_2 \\ \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{Z_1 Z_3} & 1 + \frac{Z_2}{Z_1} \end{pmatrix}$$

Cheatkey

31 4단자 정수 III. 영상 파라미터

$$1) \quad Z_{01} = \sqrt{\frac{AB}{CD}} [\Omega], \quad Z_{02} = \sqrt{\frac{DB}{CA}} [\Omega]$$

$$2) \quad \text{대칭회로망} (A = D) : Z_{01} = Z_{02} = \sqrt{\frac{B}{C}} [\Omega]$$

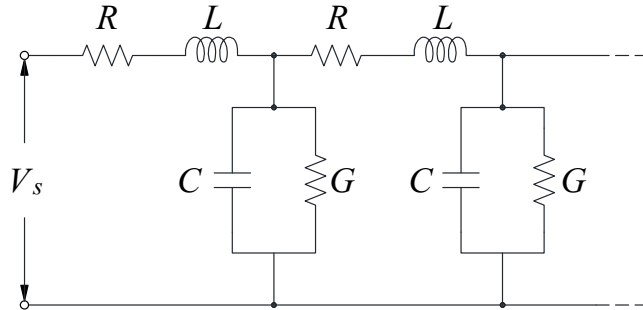
$$3) \quad \frac{Z_{01}}{Z_{02}} = \frac{\sqrt{\frac{AB}{CD}}}{\sqrt{\frac{DB}{CA}}} = \frac{A}{D}$$

$$4) \quad Z_{01} \times Z_{02} = \sqrt{\frac{AB}{CD}} \times \sqrt{\frac{DB}{CA}} = \frac{B}{C}$$

Cheatkey

32

4단자 정수Ⅳ) 분포 정수 회로



1. 선로 정수 및 4단자 정수

- ① 직렬 임피던스 : $\dot{Z} = R + j\omega L [\Omega]$
 ② 병렬 어드미턴스 : $\dot{Y} = G + j\omega C [\text{U}]$

2. 특성 임피던스

- 송전선로의 길이에 관계없이 임의의 점 어디에서나 항상 일정한 값을 유지하는 전압과 전류의 비

$$\bullet Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} [\Omega]$$

3. 전파 정수

- 송전선로에서 전압의 크기 및 위상 관계를 나타내는 상수

$$\bullet \gamma = \sqrt{ZY} = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$$

4. 무손실 선로와 무왜형 선로

	무손실 선로	무왜형 선로
조건	$R = 0, G = 0$	$RC = LG$
특성임피던스 Z_0	$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} [\Omega]$	
전파정수 $\gamma = \alpha + j\beta$	$\alpha = 0$ $\beta = \omega \sqrt{LC}$	$\alpha = \sqrt{RG}$ $\beta = \omega \sqrt{LC}$
위상(전파)속도 v	$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{LC}} [\text{m/s}]$	
파장 λ	$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{\omega}{\beta} \times \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\beta} [\text{m}]$	

Cheatkey

33

기본함수의 라플라스 변환

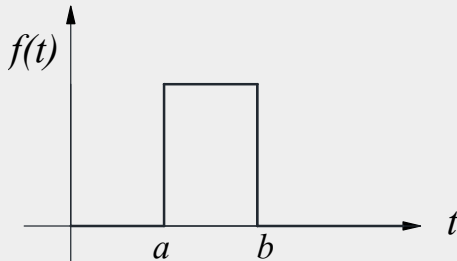
$f(t)$	$F(s)$
$\delta(t)$	1
$u(t), 1$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
$\sin\omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos\omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

Cheatkey

34 시간추이정리

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

(EX)



$$\begin{aligned} \mathcal{L}[u(t-a) - u(t-b)] \\ &= \frac{1}{s}e^{-as} - \frac{1}{s}e^{-bs} \\ &= \frac{1}{s}(e^{-as} - e^{-bs}) \end{aligned}$$

Cheatkey

35 복소추이정리

$$\blacksquare \mathcal{L}[f(t)] = F(s) \text{ 일 때 } \mathcal{L}[f(t) \cdot e^{\pm at}] = F(s) \Big|_{s=s \mp a} = F(s \mp a)$$

(EX)

$$\mathcal{L}[t \cdot e^{-at}] = \frac{1}{s^2} \Big|_{s=s+a} = \frac{1}{(s+a)^2}$$

$$\mathcal{L}[\sin \omega t \cdot e^{-at}] = \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \Big|_{s=s+a} = \frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$$

$$\mathcal{L}[\cos \omega t \cdot e^{at}] = \frac{s}{s^2 + \omega^2} \Big|_{s=s-a} = \frac{s-a}{(s-a)^2 + \omega^2}$$

Cheatkey

36 실미분, 실적분 정리

■ $\mathcal{L}[f(t)] = F(s)$ 일 때

① 실미분 정리 : $\mathcal{L}\left[\frac{d^n}{dt^n}f(t)\right] = s^n F(s)$

② 실적분 정리 : $\mathcal{L}\left[\int_0^t f(t)dt\right] = \frac{1}{s}F(s)$

[EX]

$$e(t) = Ri(t) + L\frac{d}{dt}i(t) + \frac{1}{C}\int i(t)dt, \quad (f(0^+) = 0)$$

$$\mathcal{L}[e(t)] \Rightarrow E(s) = RI(s) + LsI(s) + \frac{1}{Cs}I(s)$$

$$\therefore I(s) = \frac{E(s)}{R + Ls + \frac{1}{Cs}} = \frac{Cs}{LCs^2 + RCs + 1}E(s)$$

Cheatkey

37 초깃값, 최종값 정리

1. 초깃값 정리

■ $f(0^+) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$

2. 최종값 정리

■ $f(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$

Cheatkey

38 역라플라스 변환(헤비사이드)

■ 헤비사이드(Heaviside)의 부분분수 전개법

$$F(s) = \frac{K}{(s+\alpha)(s+\beta)} = \frac{A}{s+\alpha} + \frac{B}{s+\beta}$$

여기서, $A = \frac{K}{s+\beta} \Big|_{s=-\alpha}, \quad B = \frac{K}{s+\alpha} \Big|_{s=-\beta}$

Cheatkey

39 과도현상

1. 시정수 $\tau = -\frac{1}{P}$ (P : 특성근)

	$R-L$ 회로	$R-C$ 회로
시정수 τ [sec]	$\frac{L}{R}$	RC

시정수가 크면 클수록 과도현상은 오래 지속된다.

2. $R-L$ 직렬회로 (기전력 인가)

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

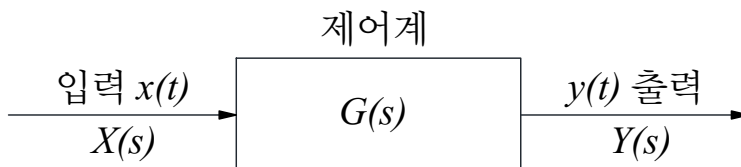
3. $R-C$ 직렬회로 (기전력 인가)

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

Cheatkey

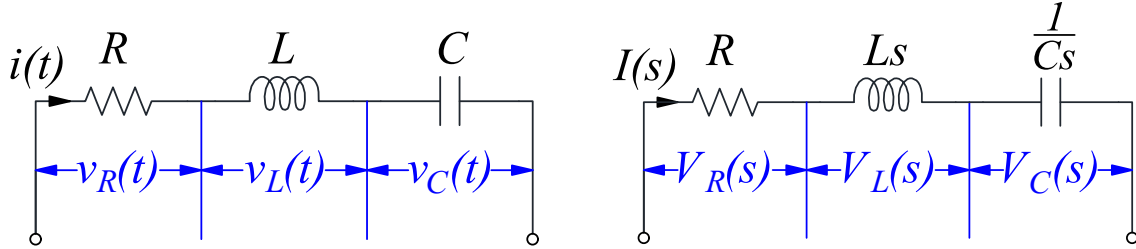
40 전기회로의 전달함수

1. 전달함수



$$\blacksquare G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{\text{라플라스 변환시킨 출력}}{\text{라플라스 변환시킨 입력}}$$

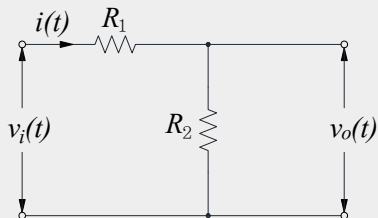
2. 전기회로의 전달함수



	t	s	
저항 (R)	R	R	$V_R(s) = RI(s)$
인덕터 (L)	$X_L = j\omega L$	Ls	$V_L(s) = LsI(s)$
커패시터 (C)	$X_C = \frac{1}{j\omega C}$	$\frac{1}{Cs}$	$V_C(s) = \frac{1}{Cs}I(s)$

【연습문제】

다음 회로의 전달함수를 구하시오



【풀이】

$$v_i(t) = v_{R_1}(t) + v_{R_2}(t) = R_1 i(t) + R_2 i(t)$$

$$\mathcal{L}[v_i(t)] = V_i(s) = R_1 I(s) + R_2 I(s)$$

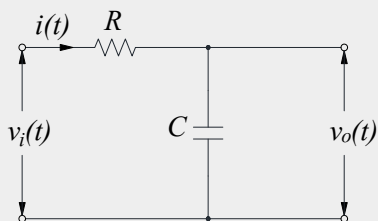
$$v_o(t) = v_{R_2}(t) = R_2 i(t)$$

$$\mathcal{L}[v_o(t)] = V_o(s) = R_2 I(s)$$

$$\therefore G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{R_2 I(s)}{(R_1 + R_2) I(s)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

【연습문제】

다음 회로의 전달함수를 구하시오



【풀이】

$$v_i(t) = v_R(t) + v_C(t) = Ri(t) + \frac{1}{j\omega C} i(t)$$

$$\mathcal{L}[v_i(t)] = V_i(s) = RI(s) + \frac{1}{Cs} I(s)$$

$$v_o(t) = v_C(t) = \frac{1}{j\omega C} i(t)$$

$$\mathcal{L}[v_o(t)] = V_o(s) = \frac{1}{Cs} I(s)$$

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{\frac{1}{Cs} I(s)}{\left(R + \frac{1}{Cs}\right) I(s)} = \frac{1}{RCs + 1}$$

CHAPTER

02

제어공학 치트키