

전기기사

필기

치트키 F

전기치트키



림치핀에듀
LINCHPIN EDU

CHAPTER

01

회로이론 치트키

전기기사 필기 치트키

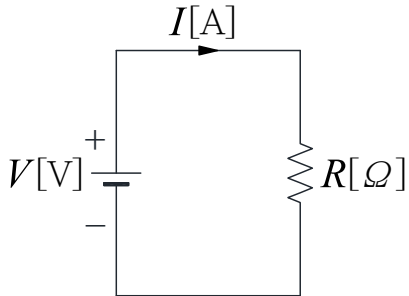
PART 01	4	PART 08	19
1. 옴의 법칙		22. 비정현파의 푸리에 급수	
2. 키르히호프의 법칙		23. 파형의 대칭	
3. 저항의 직·병렬		24. 비정현파의 전력	
4. 휘스톤 브리지		25. 비정현파의 임피던스	
PART 02	6	PART 09	22
5. 정현파교류 표현		26. 2단자망 I. 구동점 임피던스	
6. 실효값, 평균값, 파고율, 파형률		27. 2단자망 II. 정저항 회로	
PART 03	7	28. 2단자망 III. 역회로	
7. R-L-C 직렬		PART 10	24
8. R-L-C 병렬		29. 4단자정수 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



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

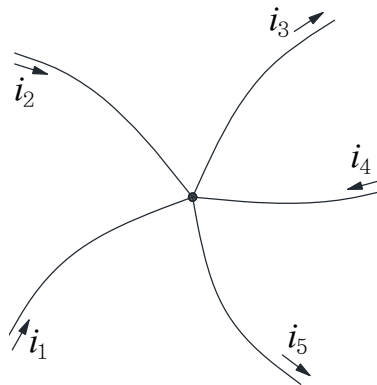
Cheatkey

2

키르히호프의 법칙(KCL, KVL)

1. KCL(키르히호프의 전류 법칙)

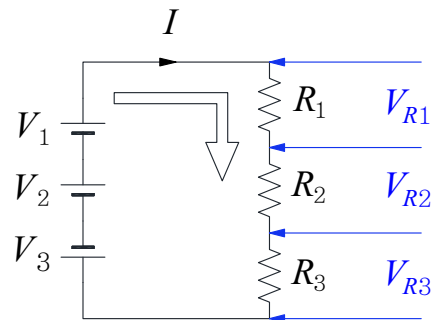
- 회로 내의 임의의 접속점에 들어오는 전류와 나가는 전류의 대수합은 0이다.



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

2. KVL(키르히호프의 전압 법칙)

- 폐회로 내에서 전원 전압의 합은 전압강하의 합과 같다.



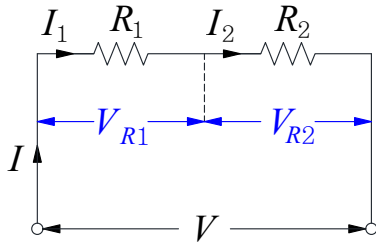
$$V_1 + V_2 - V_3 = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

Cheatkey

3

저항의 직·병렬

1. 저항의 직렬 접속



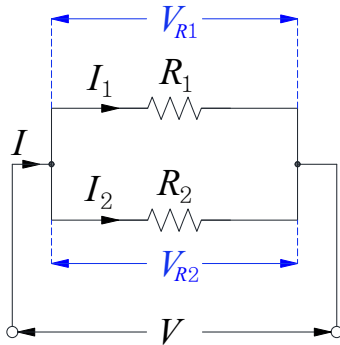
1) 전류 일정 : $I = I_1 = I_2$

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 : $I = I_1 + I_2$

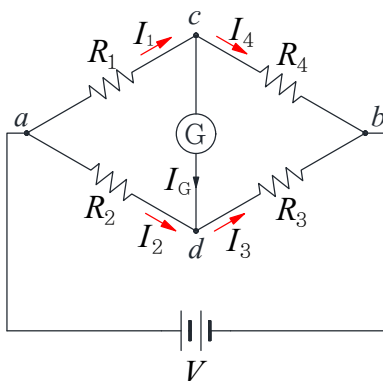
① $I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I[A]$

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

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

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

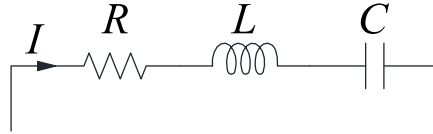
$$\begin{aligned} \text{파고} &= \frac{\text{최대}}{\text{실효}} \\ \text{파형} &= \frac{\text{실효}}{\text{평균}} \end{aligned}$$

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

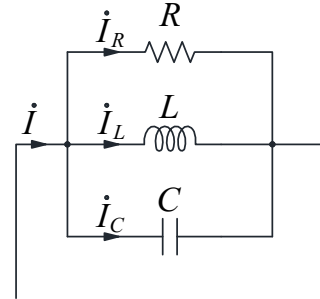
$$1) \theta = \cos^{-1}\left(\frac{R}{|Z|}\right) \qquad 2) \theta = \tan^{-1}\left(\frac{X}{R}\right)$$

Cheatkey

8 R-L-C 병렬

1. 전류

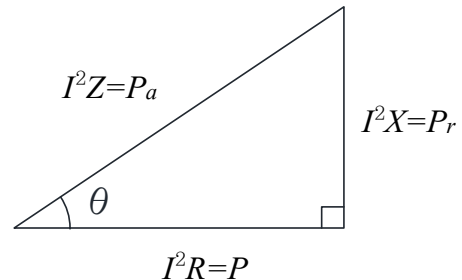
- ① R-L 병렬 : $I = I_R - jI_L$, $|I| = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$
 ② R-C 병렬 : $I = I_R + jI_C$, $|I| = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$
 ③ R-L-C 병렬 : $I = I_R + j(I_C - I_L)$,
 $|I| = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2}$



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 $\cos \theta = \frac{R}{Z} = \frac{P}{P_a}$

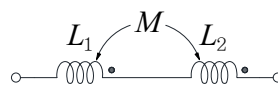


Cheatkey

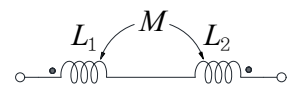
10 인덕턴스의 접속

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 $M = \frac{L_{\text{가동}} - L_{\text{차동}}}{4} [\text{H}]$



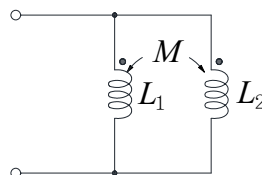
[직렬연결 가동결합]



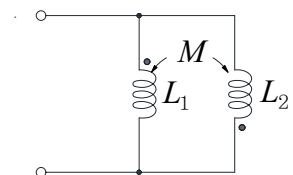
[직렬연결 차동결합]

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]

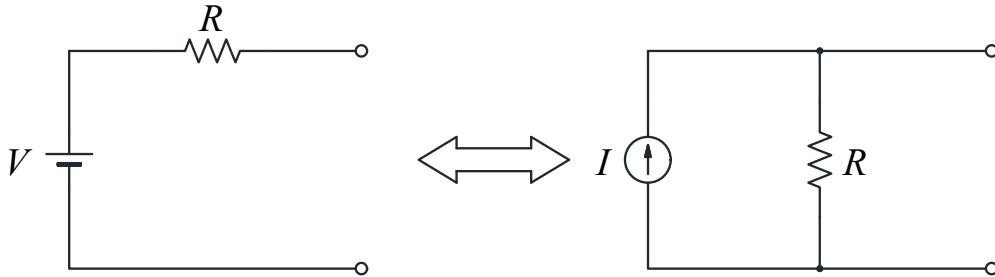


[병렬연결 차동결합]

Cheatkey

11 전원변환

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

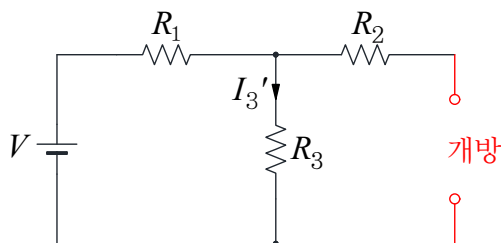
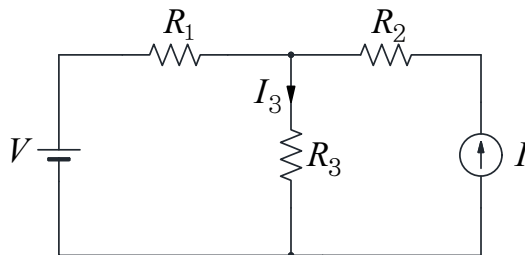


이때 $I = \frac{V}{R}$ 이고, $V = IR$ 이다.

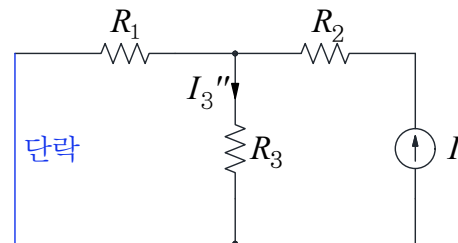
Cheatkey

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

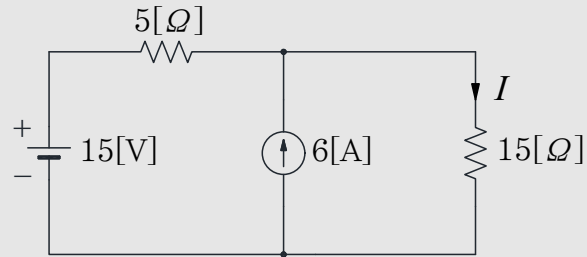


(b) 전압원 단락

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

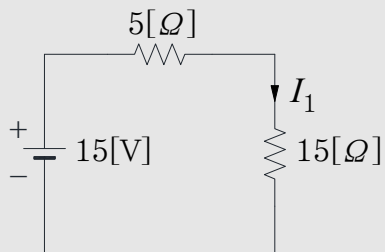
【연습문제】

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



【풀이】

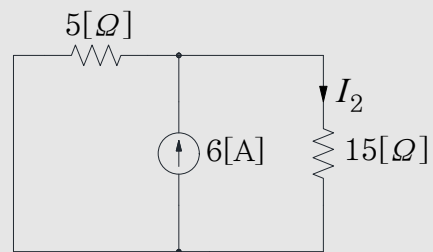
i) $6[\text{A}]$ 전류원 개방



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

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

ii) $15[\text{V}]$ 전압원 단락

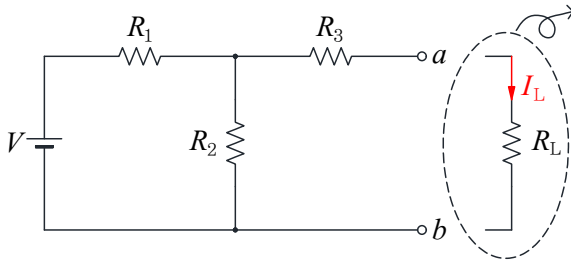
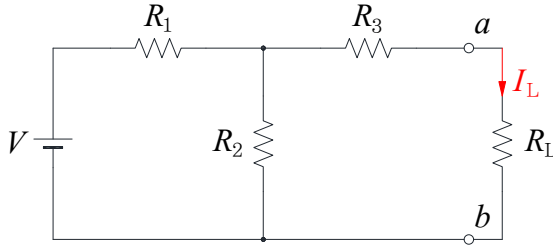


$$I_2 = 6 \times \frac{5}{5+15} = 1.5[\text{A}]$$

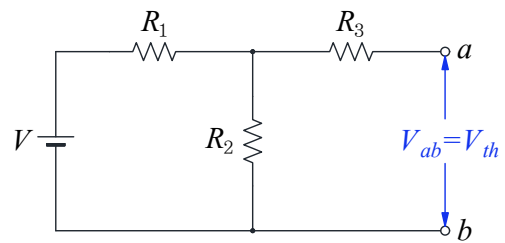
Cheatkey

13 테브난의 정리

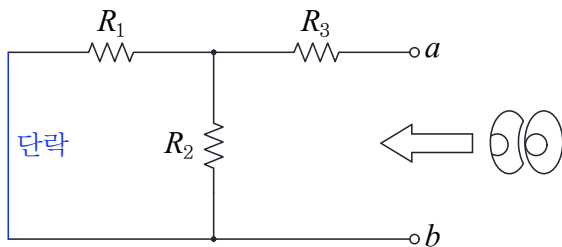
- 복잡한 회로를 전압원-저항 직렬 회로로 변환하여 해석하는 방법



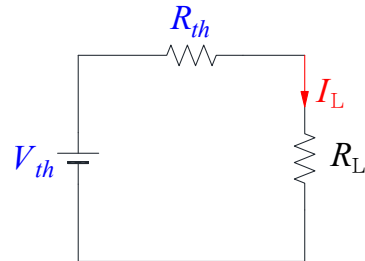
[STEP1] a-b 단자 개방하기

[STEP2] V_{th} 구하기

(a-b 단자에 걸리는 전압)

[STEP3] R_{th} 구하기

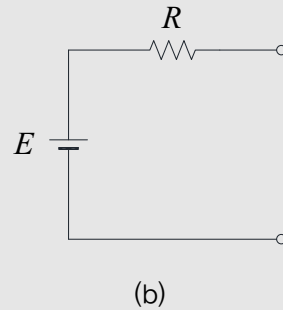
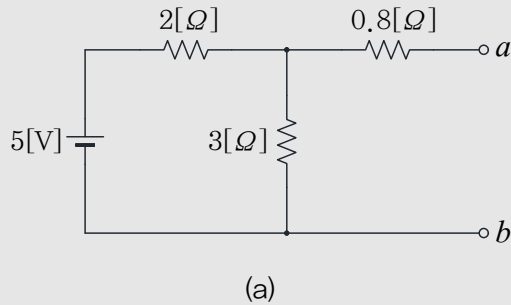
(개방된 단자에서 바라본 합성저항)



[STEP4] 테브난 등가회로 작성

【연습문제】

아래 회로(a)를 (b)와 같은 등가회로로 만들어라

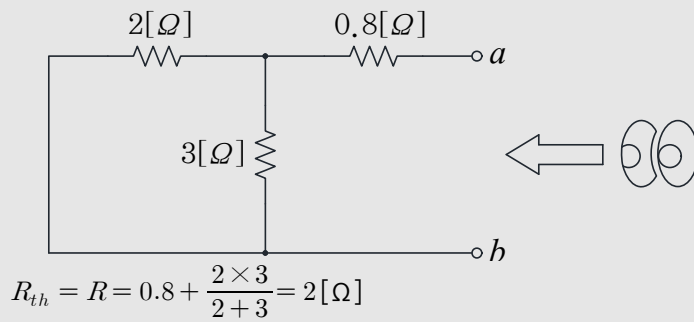


【풀이】

i) $V_{th} = a-b$ 개방단자 전압

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

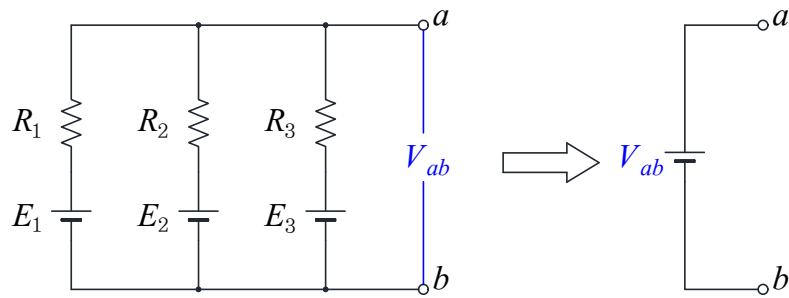
ii) R_{th} : 전압원 단락 후 a-b에서 바라본 합성저항



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

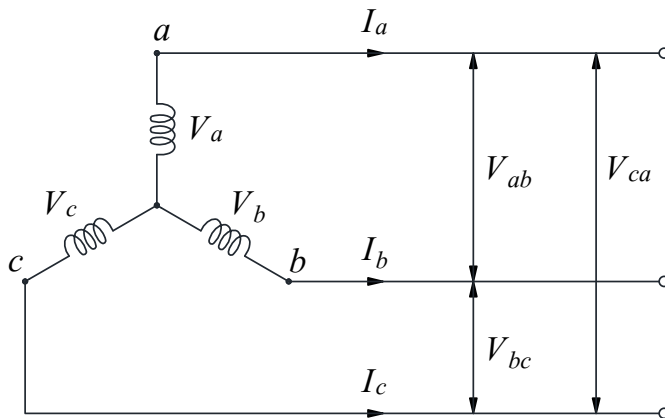
③ c상 전압 : $v_c = V \angle -240^\circ = V \angle 120^\circ = a V$

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

Cheatkey

16 Y결선, Δ결선

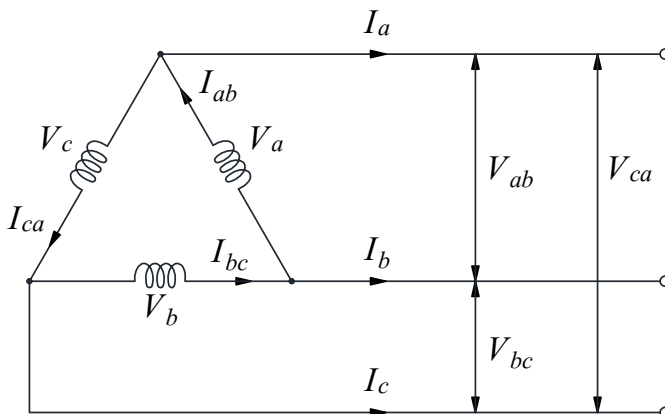
1. Y결선



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

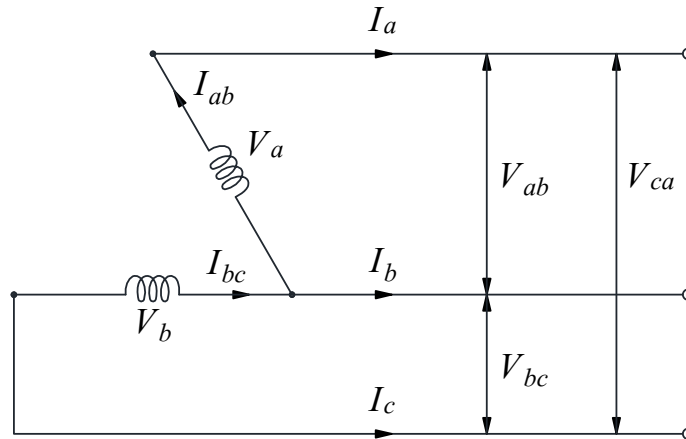
② 유효전력 : $\sqrt{3} V_l I_l \cos \theta = 3 V_p I_p \cos \theta [\text{W}]$

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

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

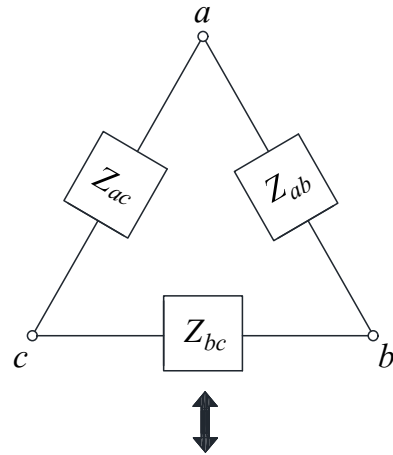
Cheatkey

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

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

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

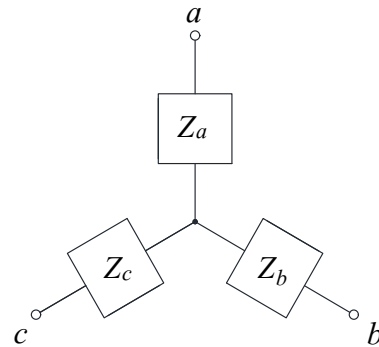
$$\textcircled{3} Z_c = \frac{Z_{bc}Z_{ca}}{Z_{ab} + Z_{bc} + Z_{ca}}$$

2. $Y \rightarrow \Delta$ 변환

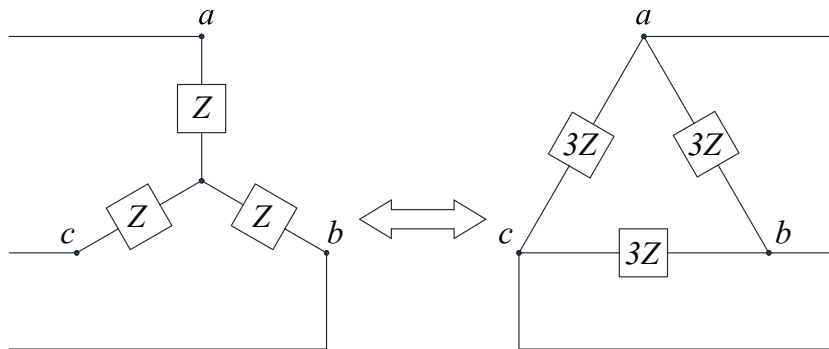
$$\textcircled{1} Z_{ab} = \frac{Z_a Z_b + Z_b Z_c + Z_c Z_a}{Z_c}$$

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

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



3. 3상 평형 회로의 임피던스 등가 변환



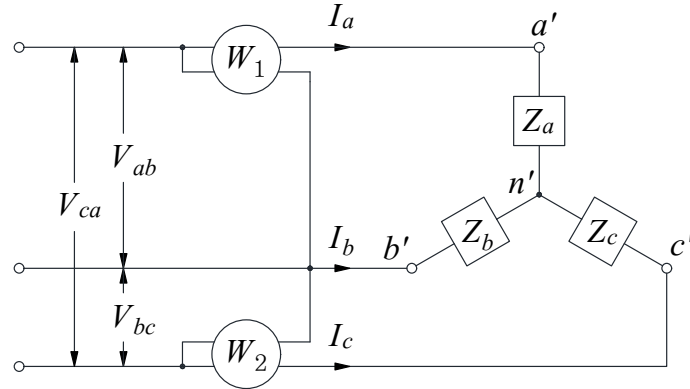
$$\textcircled{1} Y \rightarrow \Delta \text{ 변환 : } Z_{\Delta} = 3Z_Y$$

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

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

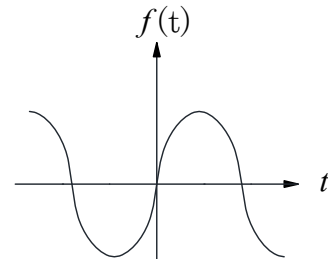
1. 비정현파의 푸리에 급수에 의한 전개

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

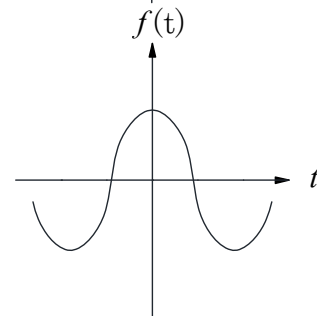
Cheatkey

23 파형의 대칭**1. 정현대칭**

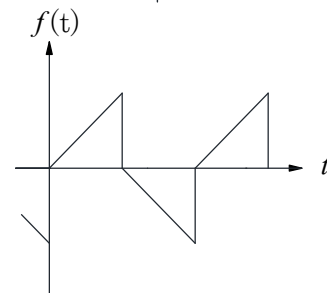
- ① 원점 대칭(기함수)
- ② $f(t) = -f(-t)$
- ③ sin항만 존재

**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

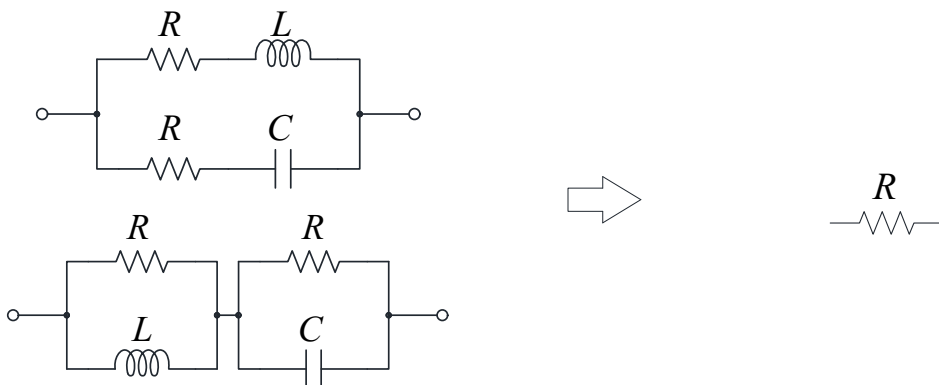
$$\textcircled{1} Y = \frac{1}{Z} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{\frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{sL} + sC$$

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

Cheatkey

27 2단자망 II. 정저항 회로

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



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

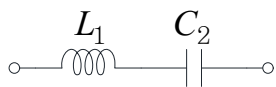
Cheatkey

28 2단자망 Ⅲ. 역회로

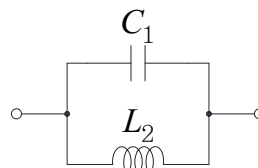
1. 역회로 만들기

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

2. K에 관해 역회로의 관계인 두 회로



(a)



(b)

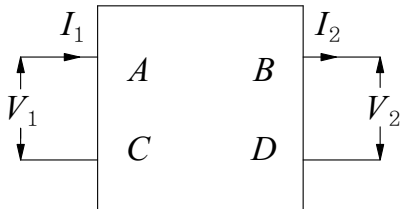
$$\frac{L_1}{C_1} = \frac{L_2}{C_2} = K^2 \text{ 일 때 두 회로는 K에 관해서 역회로의 관계}$$

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



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

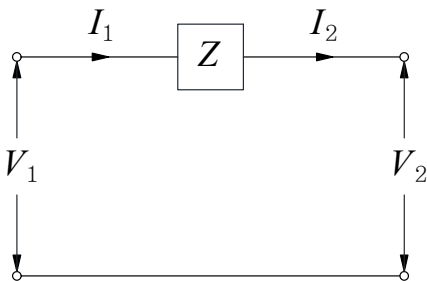
$$\dot{I}_1 = CV_2 + DI_2$$

2. 4단자 정수의 성질

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

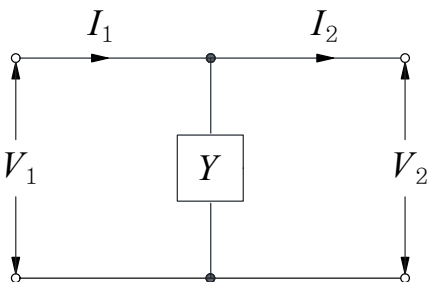
3. 단일 소자

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

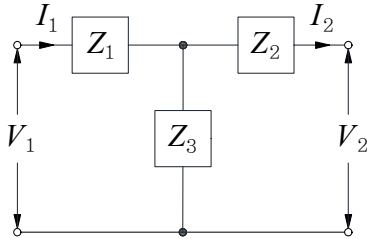


$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ Y & 1 \end{pmatrix}$$

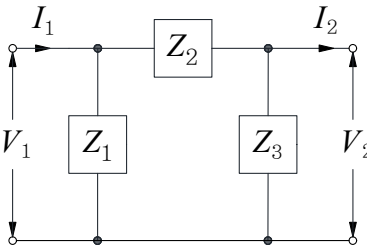
Cheatkey

30 4단자 정수 II. T형, π 형 회로

1. T형 회로의 4단자 정수

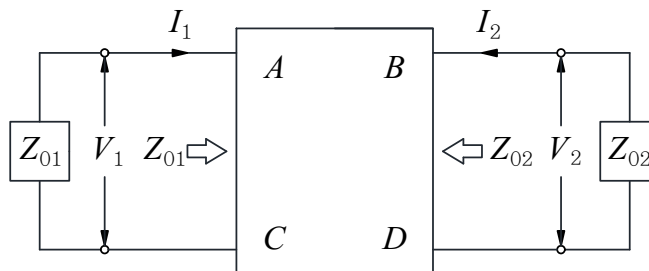


$$\begin{pmatrix} 1 + \frac{Z_1}{Z_3} & \frac{Z_1 Z_2 + Z_2 Z_3 + Z_3 Z_1}{Z_3} \\ \frac{1}{Z_3} & 1 + \frac{Z_2}{Z_3} \end{pmatrix}$$

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

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

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

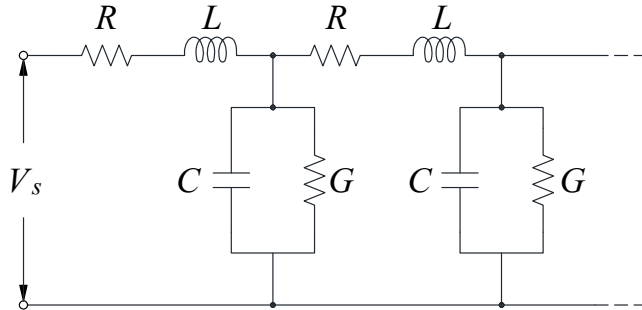
$$3) \quad \frac{Z_{01}}{Z_{02}} = \frac{\sqrt{\frac{AB}{CD}}}{\sqrt{\frac{DB}{CA}}} = \frac{A}{D}$$

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

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

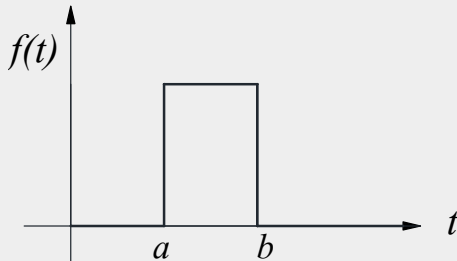
$f(t)$	$F(s)$
$\delta(t)$	1
$u(t), 1$	$\frac{1}{s}$
t	$\frac{1}{s^2}$
t^n	$\frac{n!}{s^{n+1}}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$
$\sin\omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
$\cos\omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$

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 과도현상1. 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)

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

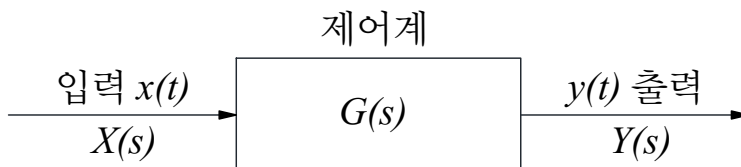
3. R - C 직렬회로 (기전력 인가)

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

Cheatkey

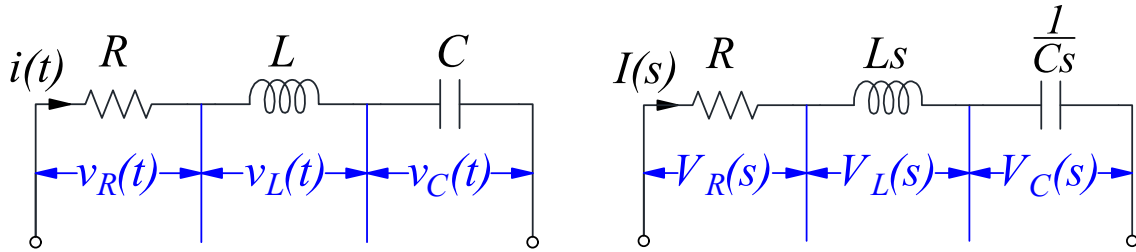
40 전기회로의 전달함수

1. 전달함수



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

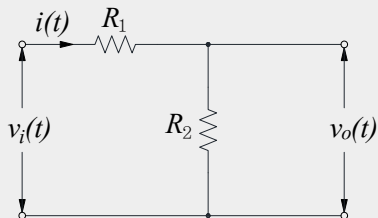
2. 전기회로의 전달함수



	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】

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

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

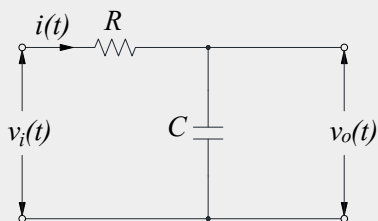
$$v_o(t) = v_{R_2}(t) = R_2 i(t)$$

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

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

【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

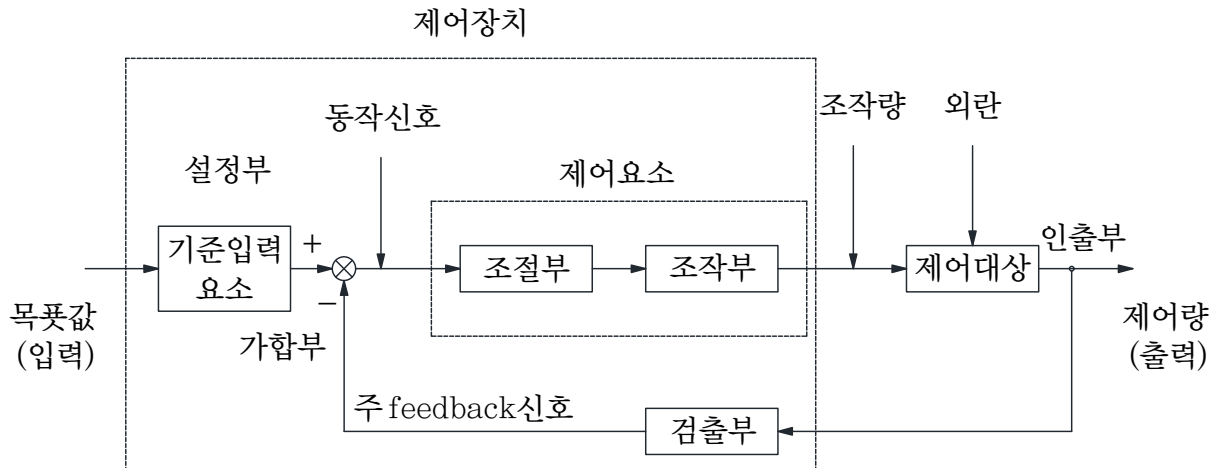
제어공학 치트키

PART 01	34	PART 08	47
1. 폐회로 제어계의 구성		14. 상태공간법 I. 시스템행렬 A	
2. 자동제어계의 분류		15. 상태공간법 II. 특성 방정식	
PART 02	35	16. 상태공간법 III. z변환	
3. 블록선도와 신호흐름선도		PART 09	49
PART 03	38	17. 시퀀스제어 I. AND 게이트	
4. 특성방정식 → 루스 안정도 판별법		18. 시퀀스제어 II. OR 게이트	
PART 04	41	19. 시퀀스제어 III. NOT 게이트	
5. 2차 지연 제어계		20. 시퀀스제어 IV. 논리 연산	
PART 05	42		
6. 입력에 따른 과도 응답			
7. 정상 편차			
PART 06	43		
8. 주파수 전달함수			
9. 벡터궤적 → 나이퀴스트 안정도 판별법			
10. 보드선도 → 보드선도 안정도 판별법			
PART 07	45		
11. 근궤적 I. 영점과 극점			
12. 근궤적 II. 근궤적의 가지 수			
13. 근궤적 III. 점근선의 교차점			

Cheatkey

1

폐회로 제어계의 구성



- 1) 목표값 : 입력값으로 피드백 요소에 속하지 않는 신호
- 2) 기준 입력 요소 : 목표값에 비례하는 기준 입력 신호를 발생시키는 장치
- 3) 동작 신호 : 기준 입력과 주 궤환량과의 차로로서, 제어계의 동작을 일으키는 원인이 되는 신호
- 4) 제어 요소 : 조절부 + 조작부
- 5) 조절부 : 제어 요소가 동작하는데 필요한 신호를 만들어 조작부에 보내는 부분
- 6) 조작부 : 조절부로부터 받은 신호를 조작량으로 바꾸어 제어 대상에 보내는 부분
- 7) 검출부 : 제어량을 검출하고 입력과 출력을 비교하는 부분

Cheatkey

2

자동제어계의 분류

■ 조절부의 제어동작에 의한 분류

1) 비례 제어

$$Y(s) = KZ(s)$$

2) 미분 제어

$$Y(s) = T_d s Z(s)$$

3) 적분 제어

$$Y(s) = \frac{1}{T_i s} Z(s)$$

4) 비례 적분 미분 제어

$$Y(s) = K \left(1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right) Z(s)$$

K: 비례감도

 T_d : 미분시간 T_i : 적분시간

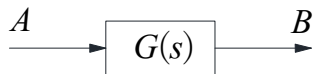
Cheatkey

3

블록선도와 신호흐름선도

1. 구성

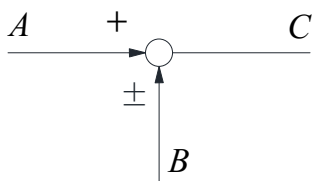
1) 블록



$$\bullet A \times G(s) = B$$

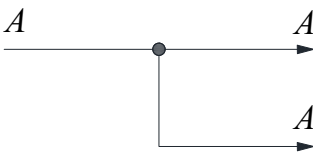
$$\bullet G(s) = \frac{B}{A}$$

2) 가합점



$$\bullet A \pm B = C$$

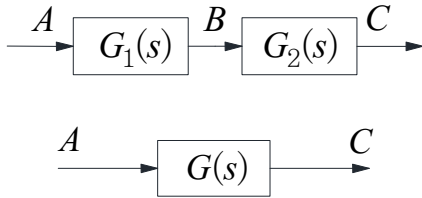
3) 인출점



$$\bullet A = A$$

2. 등가 변환

1) 직렬 결합(곱)



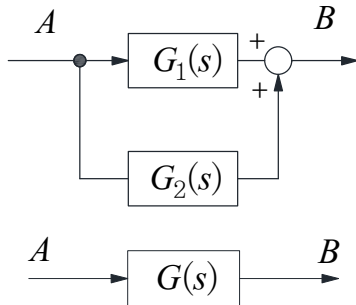
$$AG_1 = B, \quad BG_2 = C$$

$$\therefore C = AG_1G_2$$

$$C = AG_1G_2 = AG$$

$$\bullet \quad G = G_1 \times G_2$$

2) 병렬 결합(합)

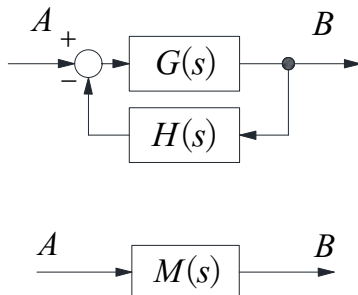


$$AG_1 + AG_2 = B, \quad B = A(G_1 + G_2)$$

$$B = A(G_1 + G_2) = AG$$

$$\bullet \quad G = G_1 + G_2$$

3) 피드백 결합



$$B = (A - BH)G$$

$$AG = B + BGH = B(1 + GH)$$

$$B = A \cdot \frac{G}{1 + GH} = AM$$

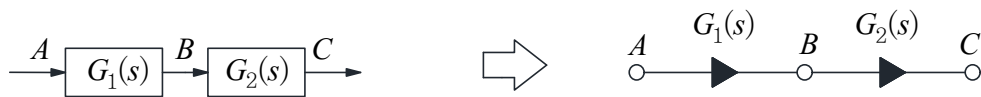
$$\bullet \quad M = \frac{G}{1 + GH}$$

3. 신호흐름선도

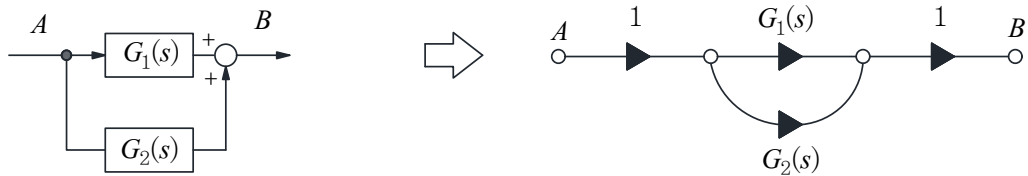
1) 단일 블록 변환



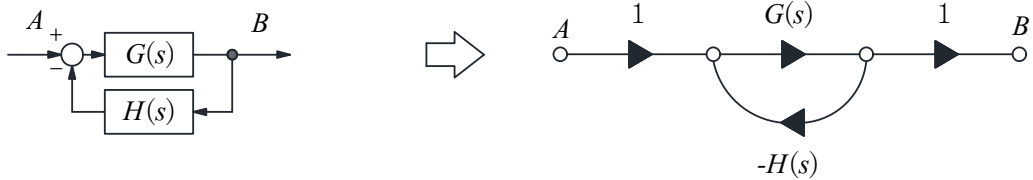
2) 직렬 결합 변환



3) 병렬 결합 변환



4) 피드백 결합 변환

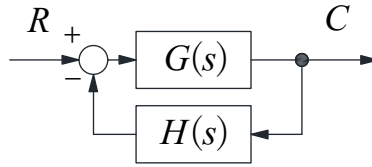


$$\text{피드백 결합 전달함수 : } M = \frac{B}{A} = \frac{G}{1 + GH}$$

Cheatkey

4

특성방정식 → 루스 안정도 판별법



■ 전달함수 : $M(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$

1. 특성근을 이용한 안정도 판별

1) 특성방정식 : $F(s) = 1 + G(s)H(s) = 0$

2) 특성근 : $F(s)$ 의 근 s

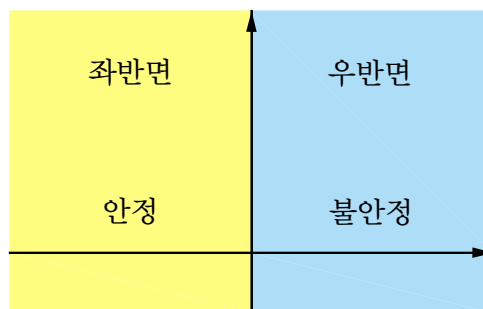
【연습문제】

$F(s) = s^2 + 3s + 2$ 의 특성근을 구하시오.

【풀이】

$$\begin{aligned} F(s) &= s^2 + 3s + 2 = 0 \\ &= (s+1)(s+2) = 0 \\ \therefore s_1 &= -1, s_2 = -2 \end{aligned}$$

3) 복소평면 위 특성근의 위치에 따른 제어계의 안정 조건



※ 근이 좌반면에 존재 : 안정

근이 우반면에 존재 : 불안정

2. 루스 안정도 판별법

1) 특성방정식

$$\begin{aligned} \bullet F(s) &= 1 + G(s)H(s) \\ &= a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + \cdots + a_{n-1}s + a_n = 0 \end{aligned}$$

2) 안정조건

- ① 모든 차수의 계수가 존재할 것
- ② 모든 차수의 계수 부호가 같을 것
- ③ 루스표의 제 1열의 모든 요소의 부호가 변하지 않을 것

3) 루스표 작성법

s^n	a_0	a_2	a_4	$\cdots$
s^{n-1}	a_1	a_3	a_5	$\cdots$
s^{n-2}	A_1	A_2	A_3	$\cdots$
s^{n-3}	B_1	B_2	B_3	$\cdots$
$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$	$\cdots$

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{a_1a_2 - a_0a_3}{a_1} & B_1 &= \frac{A_1a_3 - a_1A_2}{A_1} \\ A_2 &= \frac{a_1a_4 - a_0a_5}{a_1} & B_2 &= \frac{A_1a_5 - a_1A_3}{A_1} \\ A_3 &= \frac{a_1a_6 - a_0a_7}{a_1} & B_3 &= \frac{A_1a_7 - a_1A_4}{A_1} \end{aligned}$$

【연습문제】 $F(s) = s^4 + 2s^3 + s^2 + 4s + 2 = 0$

【풀이】

(step1) 각 항의 계수를 작성한다 (빈칸은 0)

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2				
s^1				
s^0				

(step2) 루스표를 작성한다. (빈칸은 0)

$$\textcircled{1} A_1 = \frac{(2 \times 1) - (1 \times 4)}{2} = -1$$

$$\textcircled{2} A_2 = \frac{(2 \times 2) - (1 \times 0)}{2} = 2$$

$$\textcircled{3} A_3 = A_4 = 0$$

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	A_1			
s^1				
s^0				

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	A_2		
s^1				
s^0				

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	2	A_3	A_4
s^1				
s^0				

$$\textcircled{4} B_1 = \frac{(-1 \times 4) - (2 \times 2)}{-1} = 8$$

$$\textcircled{5} B_2 = B_3 = B_4 = 0$$

$$\textcircled{6} C_1 = \frac{(8 \times 2) - (-1 \times 0)}{8} = 2$$

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	2	0	0
s^1	B_1			
s^0				

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	2	0	0
s^1	8	0	0	0
s^0				

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	2	0	0
s^1	8	0	0	0
s^0	C_1			

(step3) 1열의 부호 변화를 확인한다.

s^4	1	1	2	0
s^3	2	4	0	0
s^2	-1	2	0	0
s^1	8	0	0	0
s^0	2			

‘2 → -1’
 ‘-1 → 8’
 1열의 부호가
 총 2번 변했다.

1열의 부호가 변한 횟수
 = 복소평면 우반면의 특성근 개수
 $\therefore F(s)$ 는 우반면에 근이 2개 존재하며,
불안정하다

Cheatkey

5

2차 지연 제어계

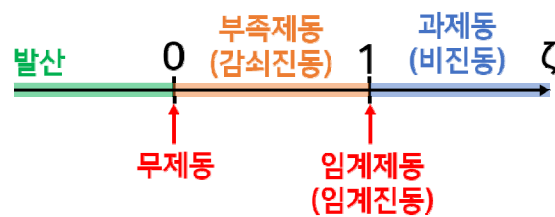
$$1. \text{ 전달함수 } M(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

$$= \frac{b}{s^2 + as + b} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

2. ζ : 감쇠비, 진동비3. ω_n : 고유 주파수

$$\omega_d : \text{감쇠 진동 주파수} = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

4. 제어계의 과도응답 특성

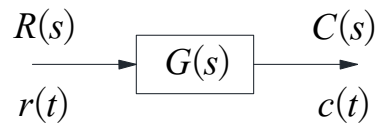


과제동(비진동)	$\zeta > 1$
임계제동(임계진동)	$\zeta = 1$
부족제동(감쇠진동)	$0 < \zeta < 1$
무제동	$\zeta = 0$
발산	$\zeta < 0$

Cheatkey

6

입력에 따른 과도 응답



	$r(t)$	$R(s)$	$c(t), C(s)$ 명칭
①	$\delta(t)$	1	임펄스 응답 (단위 충격 응답)
②	$u(t)$	$\frac{1}{s}$	인디셜 응답 (단위 계단 응답)
③	t	$\frac{1}{s^2}$	램프 응답 (등속 응답)
④	$\frac{1}{2}t^2$	$\frac{1}{s^3}$	포물선 응답 (등가속 응답)

Cheatkey

7

정상 편차

입력 $r(t)$	정상 □ □ 편차 (e_{ss})	정상 □ □ 편차 상수
$u(t)$	정상위치편차 $e_{ss} = \frac{1}{1 + K_p}$	정상위치편차 상수 $K_p = \lim_{s \rightarrow 0} G(s)$
t	정상속도편차 $e_{ss} = \frac{1}{K_v}$	정상속도편차 상수 $K_v = \lim_{s \rightarrow 0} s G(s)$
$\frac{1}{2}t^2$	정상가속도편차 $e_{ss} = \frac{1}{K_a}$	정상가속도편차 상수 $K_a = \lim_{s \rightarrow 0} s^2 G(s)$

Cheatkey

8

주파수 전달함수

1. 주파수 전달함수

- 전달함수 $G(s)$ 에 s 대신 $j\omega$ 를 대입

2. 주파수 전달함수의 크기(진폭비)와 위상

$G(j\omega)$	크기 $ G(j\omega) $	위상 θ
$a + jb$	$\sqrt{a^2 + b^2}$	$\tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$
$\frac{1}{a + jb}$	$\frac{1}{\sqrt{a^2 + b^2}}$	$-\tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right)$
$\frac{a + jb}{c + jd}$	$\frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{\sqrt{c^2 + d^2}}$	$\tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{d}{c}\right)$

3. 이득(gain)

- $g = 20\log |G(j\omega)|$ [dB]

Cheatkey

9

벡터 궤적 → 나이퀴스트 안정도 판별법

1. 벡터 궤적

- 주파수 전달함수 $G(j\omega)$ 에서 ω 를 $0 \sim \infty$ 까지 변화시켰을 때 그려진 궤적

2. 이득여유

- $g_m = 20\log \left| \frac{1}{G(j\omega)H(j\omega)} \right|_{j\omega=0} = 20\log \left| \frac{1}{G(0)H(0)} \right|$ [dB]

【연습문제】

개루프 전달함수

$$G(s)H(s) = \frac{K}{(s+1)(s+3)}$$

이득여유가 20[dB]일 때 K 는?

【풀이】

$$s = j\omega = 0 \text{ 를 대입하면 } G(0)H(0) = \frac{K}{1 \times 3} = \frac{K}{3}$$

$$g_m = 20\log \left| \frac{1}{G(0)H(0)} \right| = 20\log \left| \frac{3}{K} \right| = 20$$

$$\therefore \frac{3}{K} = 10, K = \frac{3}{10}$$

3. 안정 조건

① 이득 여유 : $g_m > 0$

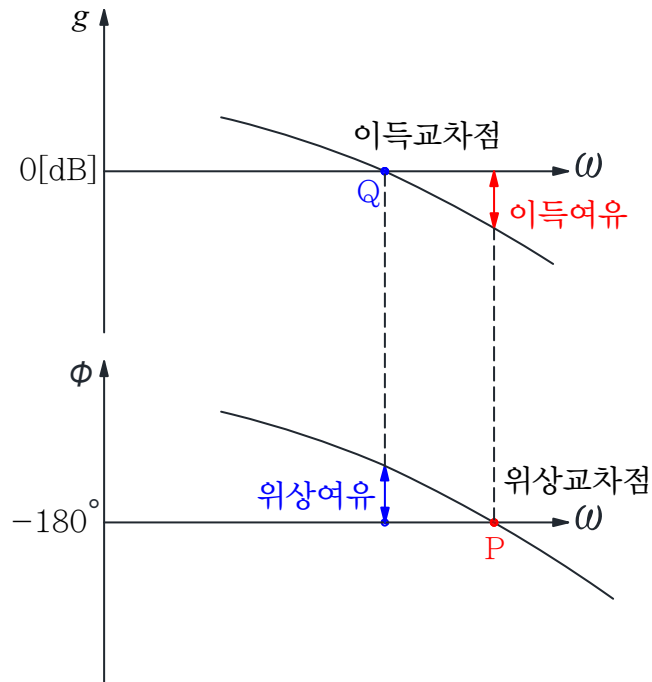
② 위상 여유 : $\phi_m > 0$

Cheatkey

10 보드선도 → 보드선도 안정도 판별법

1. 보드선도

- 이득 특성곡선과 위상 특성곡선으로 안정도 판별



2. 안정 조건

- 위상 곡선이 -180° 와 교차하는 점에서의 이득값이 0보다 작다. (이득여유)
- 이득 곡선이 0[dB]과 교차하는 점에서의 위상값이 -180° 보다 크다. (위상여유)

3. 절대 안정도와 상대 안정도

영역	판별법	안정도	평가
시간영역	루스 판별법	O	X
주파수영역	나이퀴스트 선도	O	O
	보드 선도	O	O

※ 시간영역 : 절대 안정도, 주파수 영역 : 상대 안정도

Cheatkey

11 근궤적 I. 영점과 극점

1. 근궤적

- 개루프 전달함수가

$$G(s)H(s) = \frac{K(s-b_1)(s-b_2)(s-b_3)\cdots}{(s-a_1)(s-a_2)(s-a_3)\cdots} \quad \text{이고, } K \text{를 } 0 \text{에서 } \infty \text{까지 변화시킬 때}$$

특성방정식 $F(s) = 1 + G(s)H(s)$ 의 근이 그리는 궤적

2. 영점과 극점

1) 영점(Zero)

① $G(s)H(s) = 0$ 이 되는 s 값

② $s = b_1, b_2, b_3, \cdots$

2) 극점(Pole)

① $G(s)H(s) = \infty$ 이 되는 s 값

② $s = a_1, a_2, a_3, \cdots$

Cheatkey

12 근궤적 II. 근궤적의 가지 수

1. 근궤적의 가지 수 i

$$\blacksquare G(s)H(s) = \frac{K(s-b_1)(s-b_2)(s-b_3)\cdots}{(s-a_1)(s-a_2)(s-a_3)\cdots} = K \frac{N(s)}{D(s)}$$

에서 영점과 극점의 개수 중 큰 것과 일치

【연습문제】

$G(s)H(s) = \frac{K(s-1)}{(s+1)(s+2)(s+3)}$ 의 근
궤적의 가지수는?

【풀이】

극점 P = 3개, 영점 Z = 1개이므로 근궤적의 가지수는 극점의 개수를 따라 3개가 된다.

2. 근궤적의 가지 수 ii

- $F(s) = 1 + G(s)H(s) = 0 = D(s) + KN(s)$ 이므로 특성방정식의 차수와 같다.

【연습문제】

$F(s) = s^4 + 2s^3 + 6s^2 + s + 7 = 0$ 의
근궤적의 가지수는?

【풀이】

특성방정식은 4차식 이므로 근궤적의 가지수는 4개가 된다.

Cheatkey

13 근궤적Ⅲ. 점근선의 교차점

$$\blacksquare \delta = \frac{\text{극점의 총합} - \text{영점의 총합}}{\text{점근선의 개수} (P-Z)}$$

【연습문제】

$G(s)H(s) = \frac{K(s+3)}{s(s+1)(s+2)(s+4)}$ 의 점근선의 개수와 교차점을 구하여라.

【풀이】

① 점근선의 개수 : $P-Z = 4-1 = 3$

② 점근선의 교차점

$$: \delta = \frac{(0-1-2-4) - (-3)}{3} = -\frac{4}{3}$$

Cheatkey

14 상태공간법 I. 시스템행렬 A**1. 상태 방정식**

- 계통 방정식이 n 차 미분방정식일 때 이것을 n 개의 1차 미분방정식으로 바꾸어 행렬로 표현한 것

$$\frac{d^3}{dt^3}c(t) + a_1 \frac{d^2}{dt^2}c(t) + a_2 \frac{d}{dt}c(t) + a_3 c(t) = a_4 r(t)$$

$$\Downarrow$$

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Br(t)$$

2. 상태 변수 정의

$$\begin{aligned} c(t) &= x_1(t) \\ \frac{d}{dt}c(t) &= x_2(t) = \dot{x}_1(t) \\ \frac{d^2}{dt^2}c(t) &= x_3(t) = \dot{x}_2(t) \\ \frac{d^3}{dt^3}c(t) &= \dot{x}_3(t) \end{aligned}$$

3. 시스템행렬 A1) 3차식 = 3×3 행렬

$$\frac{d^3}{dt^3}c(t) + a_1 \frac{d^2}{dt^2}c(t) + a_2 \frac{d}{dt}c(t) + a_3 c(t) = a_4 r(t)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}$$

2) 2차식 = 2×2 행렬

$$\frac{d^2}{dt^2}c(t) + a_1 \frac{d}{dt}c(t) + a_2 c(t) = a_3 r(t)$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -a_2 & -a_1 \end{bmatrix}$$

Cheatkey

15 상태공간법 II. 특성 방정식

1. 특성방정식

$$\blacksquare F(s) = |sI - A| = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ a_3 & a_4 \end{vmatrix} = (a_1 \times a_4) - (a_2 \times a_3)$$

2. 단위 행렬 I 1) 2×2 행렬

$$\bullet I = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

2) 3×3 행렬

$$\bullet I = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【연습문제】

시스템행렬 $A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & 4 \end{bmatrix}$ 인 제어계의 특성방정식의 특성근을 구하여라.

【풀이】

$$\textcircled{1} sI - A = s \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -3 & 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s & -1 \\ 3 & s-4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} F(s) &= |sI - A| = \begin{vmatrix} s & -1 \\ 3 & s-4 \end{vmatrix} \\ &= s(s-4) - (-3) = s^2 - 4s + 3 \\ &= (s-1)(s-3) = 0 \\ \therefore s_1 &= 1, s_2 = 3 \end{aligned}$$

Cheatkey

16 상태공간법 III. z변환

$f(t)$	$F(s)$	$F(z)$
$\delta(t)$	1	1
$u(t)$	$\frac{1}{s}$	$\frac{z}{z-1}$
t	$\frac{1}{s^2}$	$\frac{Tz}{(z-1)^2}$
e^{-at}	$\frac{1}{s+a}$	$\frac{z}{z-e^{-aT}}$

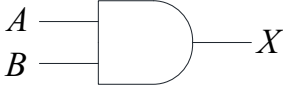
Cheatkey

17 시퀀스 제어 I . AND 게이트

1. AND 회로

- 입력 A, B가 동시에 있을 때 출력 X가 생기는 회로

2. 논리기호, 논리식, 진리표

논리기호	논리식	진리표															
	$X = A \cdot B$	<table> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
A	B	X															
0	0	0															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	1															

Cheatkey

18 시퀀스 제어 II . OR 게이트

1. OR 회로

- 입력 A, B 한 입력만 있어도 출력 X가 생기는 회로

2. 논리기호와 논리식, 진리표

논리기호	논리식	진리표															
	$X = A + B$	<table> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
A	B	X															
0	0	0															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	1															

Cheatkey

19 시퀀스 제어 III . NOT 게이트

1. NOT 회로

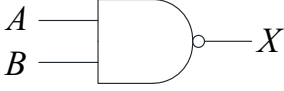
- 입력과 출력의 상태가 반대로 되는 상태 반전 회로

2. 논리기호와 논리식

논리기호	논리식	진리표						
	$X = \overline{A}$	<table><tr><th>A</th><th>X</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	A	X	0	1	1	0
A	X							
0	1							
1	0							

3. NAND, NOR 회로

1) NAND 회로

논리기호	논리식	진리표															
	$X = \overline{A \cdot B}$	<table> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
A	B	X															
0	0	1															
0	1	1															
1	0	1															
1	1	0															

2) NOR 회로

논리기호	논리식	진리표															
	$X = \overline{A + B}$	<table> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>X</th></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table>	A	B	X	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0
A	B	X															
0	0	1															
0	1	0															
1	0	0															
1	1	0															

Cheatkey

20 시퀀스 제어Ⅳ. 논리 연산

1. 기본 연산

1) 논리 곱(AND)

- $A \cdot A = A$ • $A \cdot 1 = A$
- $A \cdot \overline{A} = 0$ • $A \cdot 0 = 0$

2) 논리 합(OR)

- $A + A = A$ • $A + 1 = 1$
- $A + \overline{A} = 1$ • $A + 0 = A$

2. 분배 법칙

- ① $A(B + C) = A \cdot B + A \cdot C$
- ② $(A + B)(A + C) = A + (B \cdot C)$

3. 드모르간 정리

- ① $\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$
- ② $\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$
- ③ $\overline{\overline{A}} = A$
- ④ $\overline{\overline{A \cdot B}} = \overline{\overline{A + B}} = A + B$
- ⑤ $\overline{\overline{A + B}} = \overline{\overline{A \cdot B}} = A \cdot B$

memo

CHAPTER

03

전기자기학 치트키

전기기사 필기 치트키

PART 01	54	PART 08	83
1. 벡터		26. 전자력(도체가 받는 힘)	
2. 쿨롱의 힘		27. 로렌츠의 힘	
3. 전계		PART 09	85
4. 전기력선		28. 자성체	
5. 전위		29. 히스테리시스 곡선	
PART 02	60	PART 10	87
6. 도체의 성질		30. 자기회로	
7. 가우스 정리		PART 11	88
8. 전속		31. 패러데이-렌츠의 전자유도 법칙	
PART 03	63	32. 움직이는 도체에 의한 유도기전력	
9. 가우스 법칙으로 해석한 전계와 전위		33. 표피효과(침투깊이)	
10. 전기 쌍극자		PART 12	91
PART 04	67	34. 자기인덕턴스	
11. 정전용량		35. 상호인덕턴스	
12. 콘덴서의 연결		36. 인덕턴스의 계산	
13. 도체계의 에너지와 힘		PART 13	94
PART 05	72	37. 전자계	
14. 전기 분극		38. 맥스웰 전자 방정식	
15. 유전체의 완전경계 조건		[부록]	96
16. 유전체 사이에 작용하는 힘(맥스웰 응력)		공식모음	
17. 복합 유전체의 정전용량			
18. 전기 영상법			
PART 06	77		
19. 전도전류			
20. 변위전류			
21. 저항			
PART 07	79		
22. 자하에 의한 자계			
23. 앙페르의 오른손 법칙			
24. 무한전류에 의한 자계			
25. 유한전류에 의한 자계			

Cheatkey

1 벡터

1. 단위벡터

$\vec{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$ 일 때

1) 크기

$$\bullet A = |\vec{A}| = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

2) 단위벡터

$$\bullet \vec{a}_0 = \frac{\vec{A}}{A} = \frac{A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}} = \frac{A_x}{A} \mathbf{i} + \frac{A_y}{A} \mathbf{j} + \frac{A_z}{A} \mathbf{k}$$

3) 성분벡터

$$\textcircled{1} \ x\text{축} : a_x = i$$

$$\textcircled{2} \ y\text{축} : a_y = j$$

$$\textcircled{3} \ z\text{축} : a_z = k$$

2. 벡터의 합과 차

$\vec{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$, $\vec{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$ 일 때

1) 벡터의 합

$$\bullet \vec{A} + \vec{B} = (A_x + B_x) \mathbf{i} + (A_y + B_y) \mathbf{j} + (A_z + B_z) \mathbf{k}$$

2) 벡터의 차

$$\bullet \vec{A} - \vec{B} = (A_x - B_x) \mathbf{i} + (A_y - B_y) \mathbf{j} + (A_z - B_z) \mathbf{k}$$

3. 내적(스칼라곱)

1) 벡터의 내적

$\vec{A} = A_x \mathbf{i} + A_y \mathbf{j} + A_z \mathbf{k}$, $\vec{B} = B_x \mathbf{i} + B_y \mathbf{j} + B_z \mathbf{k}$ 일 때,

$$\bullet \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \theta = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

2) 성분벡터의 내적

$$\textcircled{1} \ i \cdot i = j \cdot j = k \cdot k = 1$$

$$\textcircled{2} \ i \cdot j = j \cdot k = k \cdot i = 0$$

4. 외적(벡터곱)

1) 벡터의 외적

$$\begin{aligned} \vec{A} \times \vec{B} &= AB \sin \theta \vec{n} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \\ &= (A_y B_z - A_z B_y) \mathbf{i} - (A_x B_z - A_z B_x) \mathbf{j} + (A_x B_y - A_y B_x) \mathbf{k} \end{aligned}$$

2) 성분벡터의 외적

- ① $\mathbf{i} \times \mathbf{i} = \mathbf{j} \times \mathbf{j} = \mathbf{k} \times \mathbf{k} = 0$
- ② $\mathbf{i} \times \mathbf{j} = \mathbf{k}, \mathbf{j} \times \mathbf{k} = \mathbf{i}, \mathbf{k} \times \mathbf{i} = \mathbf{j}$
- ③ $\mathbf{j} \times \mathbf{i} = -\mathbf{k}, \mathbf{k} \times \mathbf{j} = -\mathbf{i}, \mathbf{i} \times \mathbf{k} = -\mathbf{j}$

5. 벡터의 미분

1) 미분연산자 (∇) : 나블라 (nabla)

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k}$$

2) 기울기(grad) → 스칼라'배'

$$\nabla V = \text{grad } V = \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) V = \frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{k}$$

3) 발산(div) → 내적

$$\nabla \cdot \vec{V} = \text{div } \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$$

4) 회전(rot, curl) → 외적

$$\begin{aligned} \nabla \times \vec{V} &= \text{rot } \vec{V} = \text{curl } \vec{V} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ V_x & V_y & V_z \end{vmatrix} \\ &= \left(\frac{\partial V_z}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial z} \right) \mathbf{i} - \left(\frac{\partial V_z}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial z} \right) \mathbf{j} + \left(\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y} \right) \mathbf{k} \end{aligned}$$

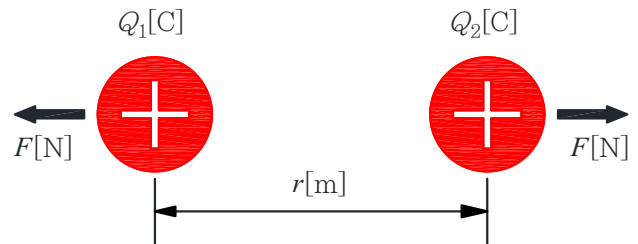
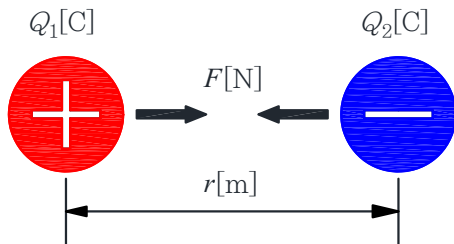
Cheatkey

2

쿨롱의 힘

1. 쿨롱의 힘 (정전기력)

1) 점 또는 구전하 사이에 작용하는 힘



(1) 힘의 크기

$$\bullet F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon r^2} [N]$$

(2) 힘의 방향

- ① 다른 극성의 전하 사이에 작용하는 힘 : 흡인력 (-)
- ② 같은 극성의 전하 사이에 작용하는 힘 : 반발력 (+)

2) 공기중에서의 쿨롱상수

$$\textcircled{1} k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \times 10^9$$

$$\textcircled{2} F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k \times \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

2. 유전율

■ 물체의 고유한 전하 축적 능력[F/m]

$$\textcircled{1} \text{유전율 } \epsilon = \epsilon_0 \times \epsilon_s [F/m]$$

$$\textcircled{2} \text{공기 또는 진공 중의 유전율 } \epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} = 8.85 \times 10^{-12} [F/m]$$

$$\textcircled{3} \text{비(比)유전율 } \epsilon_s = \frac{\epsilon}{\epsilon_0} (\text{단위 없음})$$

- 공기 중의 유전율 ϵ_0 에 대한 유전율 ϵ 의 비율

Cheatkey

3

전계

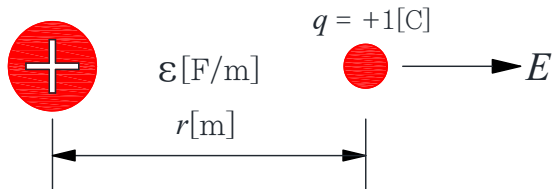
1. 전계의 세기

1) 전계

- 전기력이 작용하는 공간

2) 전계의 세기

- 전계 내의 임의의 한 점에 단위 양전하 $+1[C]$ 을 놓았을 때, 이 전하에 작용하는 힘의 크기

 $+Q[C]$ 

(1) 점전하에 의한 전계의 세기

① 크기 $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} [V/m = N/C]$

② 방향

- ‘+Q’에 의한 전계는 발산
- ‘-Q’에 의한 전계는 흡수

(2) 점전하에 의한 F 와 E 의 관계

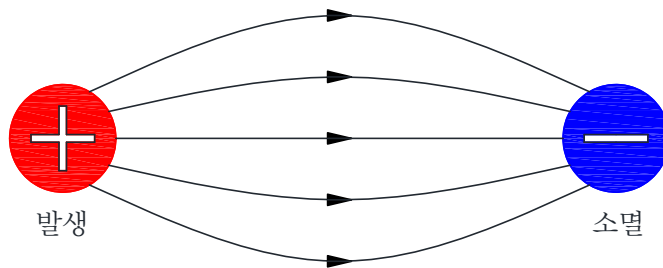
• $F = QE, E = \frac{F}{Q}$

Cheatkey

4 전기력선

1. 전기력선

- 전기의 분포 상태를 시각적으로 표현하기 위하여 크기와 방향을 나타낸 가상의 선



1) 전기력선의 성질

- ① (+)전하에서 발생(발산)해서 (-)전하에서 소멸(흡수)된다.
 - 전기력선은 정전하에서 시작하여 부전하에서 끝난다.
 - 전하가 없는 곳에서는 전기력선의 발생과 소멸이 없으며 연속이다.
 - 전기력선은 그 자신만으로는 폐곡선이 되지 않는다.
- ② 전기력선은 등전위면(도체 표면)과 수직으로 통과한다.
- ③ 전기력선은 전위가 높은 곳에서 낮은 곳으로 향한다.
- ④ 도체 내부에는 전기력선이 존재할 수 없다.
- ⑤ 전기력선의 밀도는 전기의 세기와 같다.

2) 전기력선의 개수

- $Q[C]$ 에서 $\frac{Q}{\epsilon}$ [개]의 전기력선이 나온다.

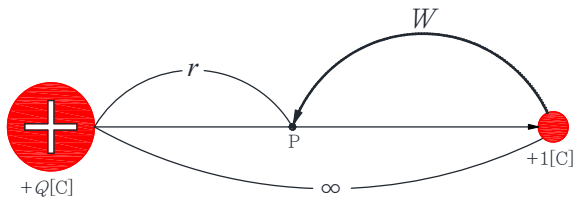
Cheatkey

5 전위

1. 전위

1) 전위

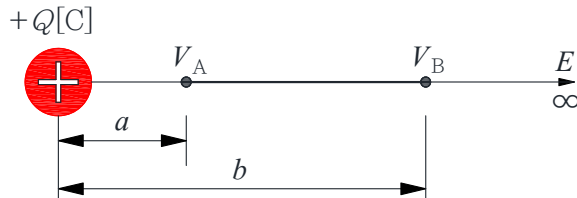
- $Q[C]$ 의 전하에 의한 전기장의 세기가 E 인 공간 내의 한 점 P 의 전위는 단위 양전하 $+1[C]$ 을 전위가 0인 무한원점에서 점 P 까지 운반하는데 필요한 일과 같다.



2) 점전하에 의한 전위

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon r} [V]$$

3) 두 점간의 전위차



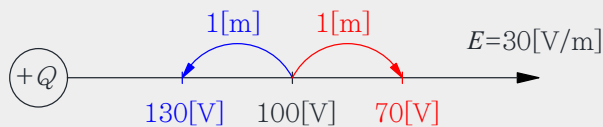
$$V_{AB} = V_A - V_B = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) [V]$$

2. 전기장과 전위

1) 전기장의 세기 단위[V/m]가 갖는 의미

- $E[V/m]$: 1[m] 당 전위[V]의 변화

$E = 30 [V/m]$ 일 때



- ① 전기장의 방향으로 1[m] 이동하면 전위는 30[V] 작아진다.
- ② 전기장의 반대 방향으로 1[m] 이동하면 전위는 30[V] 커진다.

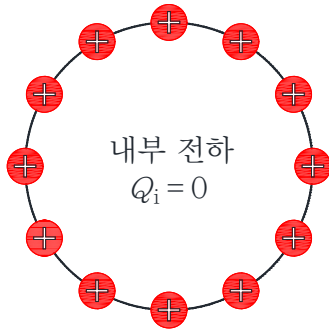
2) 전위경도

$$E = -\nabla V = -\text{grad } V = -\left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) V = -\left(\frac{\partial V}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial V}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial V}{\partial z} \mathbf{k} \right)$$

Cheatkey

6 도체의 성질

1. 도체의 성질



- ① 전하는 도체 내부에는 존재하지 않고, 도체 표면에만 분포한다.
- ② 도체 내부의 전기의 세기는 0이다.
- ③ 도체 표면과 내부의 전위는 등전위이며, 표면은 등전위면이다.
- ④ 도체면에서의 전기의 세기는 도체 표면에 항상 수직이다.

2. 곡률과 곡률 반경에 따른 전하밀도

1) 곡률과 곡률 반경

- 곡선에 접하는 원의 반지름을 나타낸다. 클수록 완만하고, 작을수록 뾰족한 곡선이 된다.

2) 곡률

- 곡률 반경의 역수로 곡선의 구부러지는 정도를 나타낸다. 곡률이 클수록 뾰족하고, 작을수록 완만한 곡선이 된다.

3) 전하밀도

- ① 뾰족한 곳의 전하밀도가 높고, 완만한 곳의 전하밀도가 낮다.
- ② 전하밀도 $\propto$ 곡률 ($= 1/\text{곡률반경}$)
전하밀도는 곡률이 클수록 높으며, 곡률 반경이 작을수록 높다.

Cheatkey

7

가우스 정리

1. 가우스 정리

- 폐곡면 내의 전하에 대해 폐곡면을 통과하는 전기력선의 밀도는 전계의 세기와 같다.

① $Q[\text{C}]$ 에서 $N = \frac{Q}{\epsilon}$ 개의 전기력선이 나온다.

② 전계 = 전기력선의 밀도 $E = \frac{N}{S} = \frac{Q}{\epsilon S}$

2. 전하밀도

① 선전하밀도 $\rho_l = \lambda = \frac{dQ}{dl} [\text{C/m}]$, $Q = \lambda l [\text{C}]$

② 면전하밀도 $\rho_s = \sigma = \frac{dQ}{ds} [\text{C/m}^2]$, $Q = \sigma s [\text{C}]$

③ 체적전하밀도 $\rho_v = \frac{dQ}{dv} [\text{C/m}^3]$, $Q = \rho_v v [\text{C}]$

3. 포아송 방정식

- 전위함수 V 로 체적전하 밀도 ρ_v 를 계산할 때 사용한다.

• $\nabla^2 V = -\frac{\rho_v}{\epsilon}$

Cheatkey

8

전속

1. 전속

- 자유공간에 있는 1[C]의 전하에서는 $1/\epsilon_0$ 개의 전기력선이 발산되며, 이는 약 1100억 개이다. 1[C]으로부터 발산되는 1100억 개의 전기력선을 모두 헤아리기 어렵기 때문에 이를 한 다발로 묶어 1개의 전속으로 표현한다.

전하량	전기력선	전속
1[C]	$\frac{1}{\epsilon_0} \doteq 1100 \text{ 억개}$	1개
Q [C]	$\frac{Q}{\epsilon_0} = 1100 Q \text{ 억개}$	Q 개

2. 전속밀도

1) 전속밀도

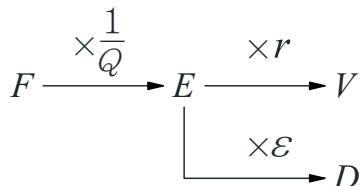
$$\textcircled{1} D = \frac{\text{전속}}{\text{넓이}} = \frac{Q}{S} [\text{C/m}^2]$$

$$\textcircled{2} \text{면전하밀도 } \rho_s = \sigma = D [\text{C/m}^2]$$

2) 점 또는 구전하의 전속밀도

$$\textcircled{1} D = \frac{Q}{S} = \frac{Q}{4\pi r^2} [\text{C/m}^2]$$

$$\textcircled{2} E \text{와 } D \text{의 관계 : } D = \epsilon E [\text{C/m}^2]$$

3) 점 또는 구전하 F, E, V, D 의 관계

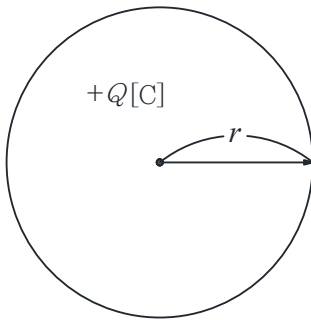
Cheatkey

9 가우스 법칙으로 해석한 전계와 전위

- 폐곡면 내의 전하에 대해 폐곡면을 통과하는 전기력선의 밀도는 전계의 세기와 같다.

1. 구전하

1) 구전하



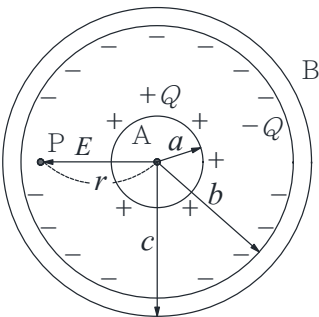
(1) 전계의 세기

$$\bullet E = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} [\text{V/m}]$$

(2) 구도체(점전하)로부터 a [m] 떨어진 점에서의 전위

$$\bullet V = \frac{Q}{4\pi\epsilon r} [\text{V}]$$

2) 동심구



(1) 내도체에 전하 Q 를 주었을 때

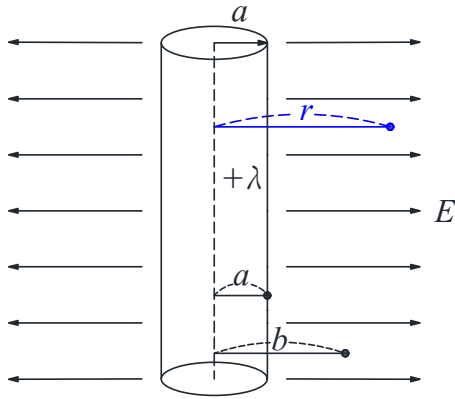
$$\bullet \text{내도체의 표면 전위 } V_a = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{c} \right) [\text{V}]$$

(2) 내도체에 전하 Q 를 주고, 외도체에 접지하였을 때

$$\bullet \text{내도체의 표면 전위 } V_a = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) [\text{V}]$$

2. 선전하

1) 선전하

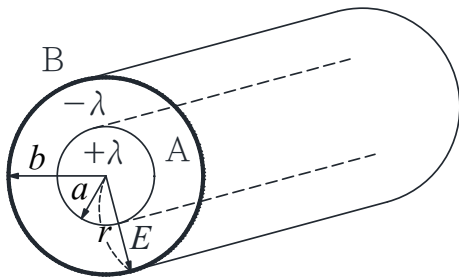


$$\textcircled{1} \text{ 외부 전기 } E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} [\text{V/m}]$$

$$\textcircled{2} \text{ 외부 전위 } V = \infty [\text{V}]$$

$$\textcircled{3} \text{ 전위차 } V_{ab} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} [\text{V}]$$

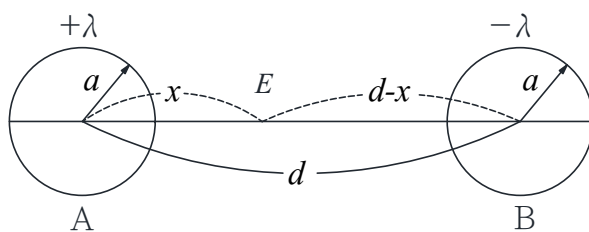
2) 동축 케이블



$$\textcircled{1} \text{ 외부 전기 } E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} [\text{V/m}]$$

$$\textcircled{2} \text{ 전위차 } V_{ab} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} [\text{V}]$$

3) 평행 전선(도선) 사이



$$\textcircled{1} \text{ 전기 } E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) [\text{V/m}]$$

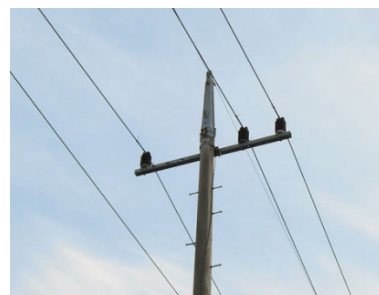
$$\textcircled{2} \text{ 전위차 } V_{AB} = \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-a}{a} [\text{V}]$$

단, $d \gg a$ 라면 $d-a \approx d$ 이므로

$$V_{AB} \approx \frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d}{a} [\text{V}]$$



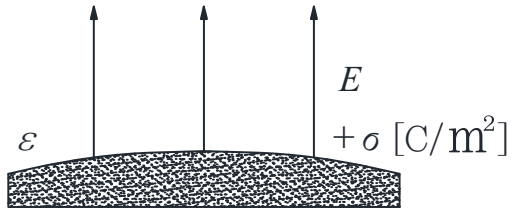
[동축 케이블]



[평행 전선]

3. 무한 평면

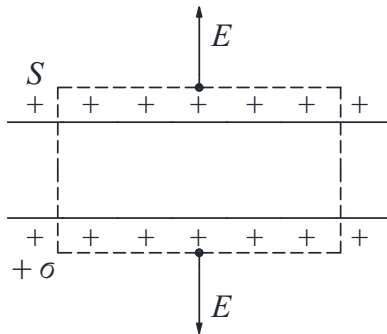
1) 무한 도체 표면



$$\textcircled{1} E = \frac{\sigma}{\epsilon} [\text{V/m}]$$

$$\textcircled{2} V = \infty [\text{V}]$$

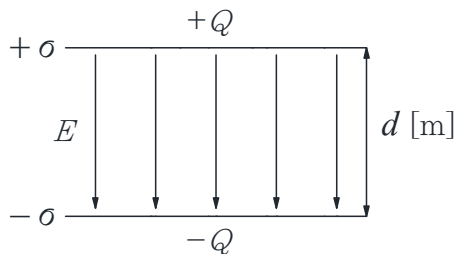
2) 무한 평면



$$\textcircled{1} E = \frac{\sigma}{2\epsilon} [\text{V/m}]$$

$$\textcircled{2} V = \infty [\text{V}]$$

3) 무한 평면 사이



$$\textcircled{1} E = \frac{\sigma}{\epsilon} [\text{V/m}]$$

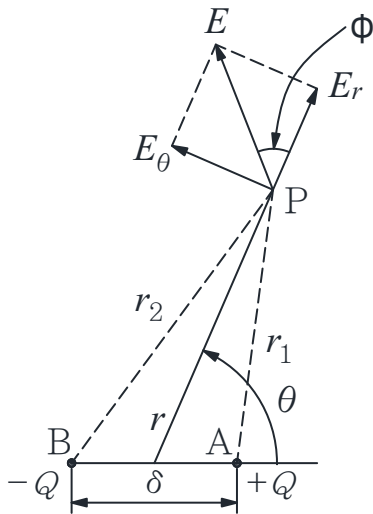
$$\textcircled{2} V = \frac{\sigma}{\epsilon} d [\text{V}]$$

Cheatkey

10 전기 쌍극자

1. 전기쌍극자

- 전하량(Q)이 같은 양(+전하와 음(-)전하가 일정한 거리(δ)를 두고 떨어져 있는 상태



1) P점에서의 전위

$$\bullet V = \frac{M}{4\pi\epsilon r^2} \cos\theta$$

2) P점에서의 전기

$$\textcircled{1} E_r = \frac{M \cos\theta}{2\pi\epsilon r^3}$$

$$\textcircled{2} E_\theta = \frac{M \sin\theta}{4\pi\epsilon r^3}$$

$$\textcircled{3} E = \frac{M}{4\pi\epsilon r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}$$

3) 최대 및 최소

$$\textcircled{1} \theta = \frac{\pi}{2} \text{ 일 때 } \cos\frac{\pi}{2} = 0 \text{ 이므로 최소가 된다.}$$

$$\textcircled{2} \theta = 0^\circ \text{ 일 때 } \cos 0^\circ = 1 \text{ 이므로 최대가 된다.}$$

※ 전위(V)는 거리의 제곱에 반비례

※ 전기(E)는 거리의 세제곱에 반비례

Cheatkey

11 정전용량

1. 정전용량

- 단위 양전하 $+1[V]$ 를 인가했을 때 저장되는 전하량 $[C]$, 전하를 저장할 수 있는 능력을 나타낸다.

1) 정전용량

- $C[F]$ (farad)

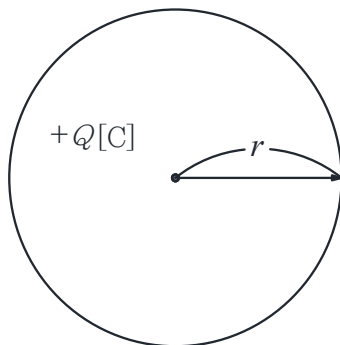
2) 정전용량 공식

$$\bullet Q = CV[C] \rightarrow C = \frac{Q}{V}[F] \rightarrow V = \frac{Q}{C}[V]$$

- 3) 전하는 양(+전하와 음(-)전하로 대전된 두 도체 사이 유전체에 축적된다.

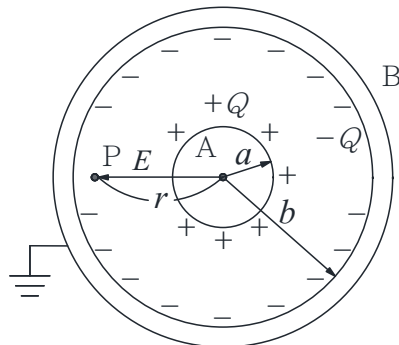
2. 구도체의 정전용량

1) 구도체의 정전용량



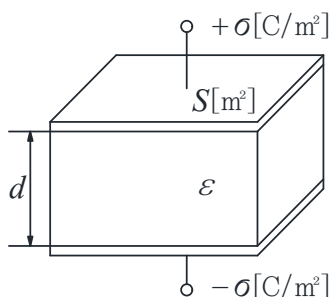
$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon r}} = 4\pi\epsilon r [F]$$

2) 동심구의 정전용량



$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)} = \frac{4\pi\epsilon}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} [F]$$

3. 평행판 콘덴서의 정전용량



1) 정전용량

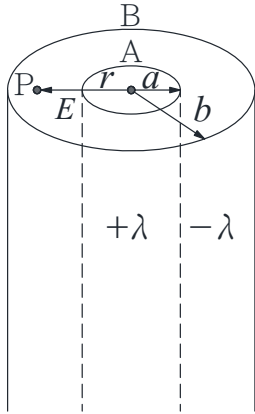
$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{\sigma}{\epsilon} d} = \frac{\sigma S}{\frac{\sigma}{\epsilon} d} = \epsilon \frac{S}{d} [F]$$

2) 비례식

$$\bullet C \propto \epsilon, C \propto S, C \propto \frac{1}{d}$$

4. 도선의 정전용량

1) 동심 원통의 정전용량



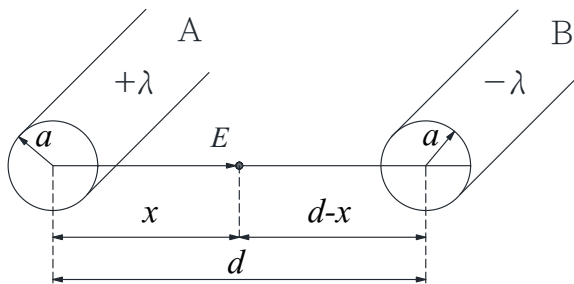
(1) 전체 정전용량

$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{\lambda l}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{b}{a}} l [\text{F}]$$

(2) 단위 길이당 정전용량

$$\bullet C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{b}{a}} [\text{F/m}]$$

2) 평행도선 사이의 정전용량



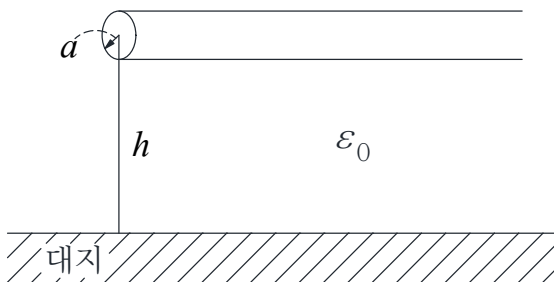
(1) 전체 정전용량

$$\bullet C = \frac{Q}{V} = \frac{\lambda l}{\frac{\lambda}{\pi\epsilon} \ln \frac{d-a}{a}} = \frac{\pi\epsilon}{\ln \frac{d-a}{a}} l [\text{F}]$$

(2) 단위 길이당 정전용량

$$\bullet C = \frac{\pi\epsilon}{\ln \frac{d-a}{a}} \approx \frac{\pi\epsilon}{\ln \frac{d}{a}} [\text{F/m}]$$

3) 도선과 대지 사이의 정전용량



(1) 단위 길이당 정전용량

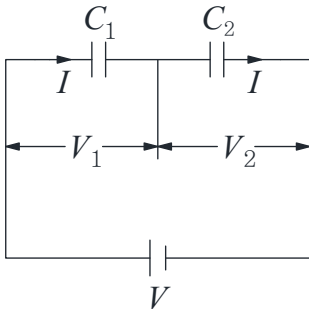
$$\bullet C = \frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{2h}{a}} [\text{F/m}]$$

Cheatkey

12 콘덴서의 연결

1. 직렬연결

1) 회로 해석

(1) 전하량(Q) 일정

$$\bullet Q = Q_1 = Q_2 [\text{C}]$$

(2) 합성 정전용량

$$\bullet C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} [\text{F}]$$

(3) 전압 분배

$$\textcircled{1} V_1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} V [\text{V}]$$

$$\textcircled{2} V_2 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V [\text{V}]$$

2) 콘덴서의 내압

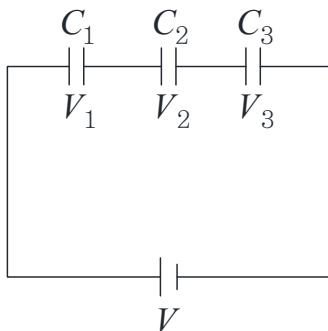
(1) 절연파괴

- 콘덴서 양단에 인가되는 전압이 높아지면 어느 순간 유전체가 통전 상태가 되는데, 이를 절연파괴라 한다.

(2) 내압[V]

- 콘덴서가 어느 정도의 전압까지 절연이 파괴되지 않고 견디는지를 나타내는 값. 내압을 초과하는 전압이 인가되면 콘덴서의 절연이 파괴될 수 있다.

(3) 가장 먼저 절연이 파괴되는 콘덴서



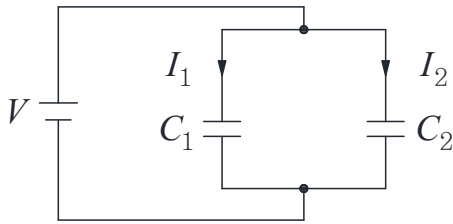
- 정전용량과 내압을 곱하여 얻을 수 있는 콘덴서의 최대 축적 전하량

$$Q_n = C_n V_n [\text{C}] \text{이 가장 작은 콘덴서가 가장 먼저 파괴된다.}$$

 C_n : 정전용량[F] V_n : 내압[V]

2. 병렬연결

1) 회로 해석

(1) 전압(V) 일정

$$\bullet V = V_1 = V_2 [V]$$

(2) 합성 정전용량

$$\bullet C_T = C_1 + C_2 [F]$$

(3) 전하량(Q) 분배

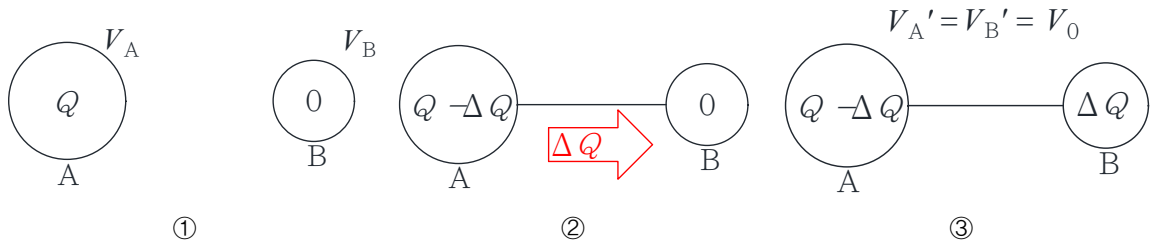
$$\textcircled{1} Q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} Q [C]$$

$$\textcircled{2} Q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} Q [C]$$

2) 중화 현상

(1) 중화 현상

- 두 도체를 접촉 또는 가는 전선으로 연결하면 전하가 이동하며 두 도체간의 전위가 같아지는 현상(등전위 현상)



- ① $Q [C]$ 으로 대전된 도체 A와 $0 [C]$ 의 도체 B의 전위를 각 V_A , V_B 라 한다.
- ② 도체 A와 B를 가는 선으로 연결하면 $\Delta Q [C]$ 의 전하가 도체 A에서 B로 이동한다.
- ③ $\Delta Q [C]$ 의 전하가 모두 이동하면 두 도체의 전위는 같아진다. ($V_A' = V_B' = V_0$)
- ④ 이 때, 도체 A의 전하량은 $Q_A = Q - \Delta Q$, 도체 B의 전하량은 $Q_B = \Delta Q$ 이다.

Cheatkey

13 도체계의 에너지와 힘

1. 콘덴서에 축적되는 에너지[J]

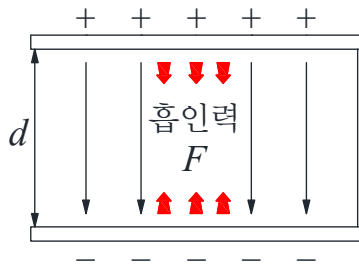
1) 콘덴서에 축적되는 전체 에너지 [J]

$$\bullet W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{Q^2}{2C} [\text{J}]$$

2) 단위 체적당 축적되는 에너지[J/m³]

$$\bullet W = \frac{1}{2} ED = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{D^2}{2\epsilon} [\text{J/m}^3]$$

2. 정전 흡인력[N]



1) 정전 흡인력[N]

$$\bullet F = \frac{1}{2} ED \times S = \frac{1}{2} \epsilon E^2 \times S = \frac{D^2}{2\epsilon} \times S [\text{N}]$$

2) 단위 면적당 정전 흡인력[N/m²]

$$\bullet F = \frac{1}{2} ED = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{D^2}{2\epsilon} [\text{N/m}^2]$$

※ 단위 체적당 축적되는 에너지[J/m³] = 단위 면적당 정전 흡인력[N/m²]

Cheatkey

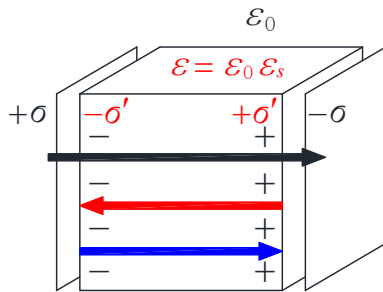
14 전기 분극

1. 분극의 세기

1) 유전체 내의 단위면적[m²]

$$\bullet P = \frac{Q}{S} [\text{C/m}^2] = \frac{Q}{S} \times \frac{d}{d} = \frac{M}{V} [\text{C} \cdot \text{m/m}^3] \rightarrow \text{면전하밀도, 전속밀도} [\text{C/m}^2]$$

2) 분극의 세기

① 외부전계 E_0 ② 분극에 의한 전계 E_P ③ 내부전계 E

(1) 내부 전계

$$\bullet E = E_0 - E_P = \frac{\sigma}{\epsilon_0} - \frac{\sigma'}{\epsilon_0} = \frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0} = \frac{D - P}{\epsilon_0} [\text{V/m}]$$

(2) 분극의 세기

$$\bullet P = \epsilon_0(\epsilon_s - 1)E = D - \epsilon_0 E = \left(1 - \frac{1}{\epsilon_s}\right)D [\text{C/m}^2]$$

(3) 분극률

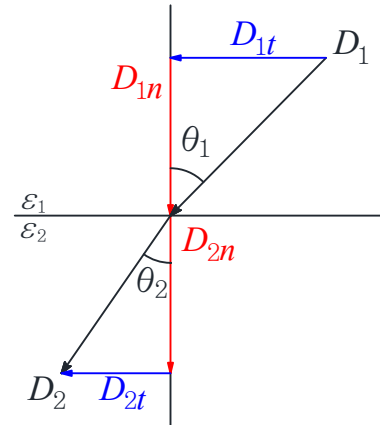
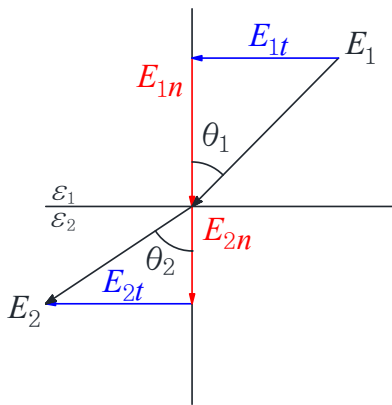
$$\textcircled{1} \text{ 분극률 : } \chi = \epsilon_0(\epsilon_s - 1)$$

$$\textcircled{2} \text{ 비분극률 : } \frac{\chi}{\epsilon_0} = \epsilon_s - 1$$

Cheatkey

15 유전체의 완전경계 조건

1. 유전체의 완전경계 조건



1) 전기의 접선(수평)성분은 서로 같다.

① $E_1 \sin \theta_1 = E_2 \sin \theta_2$

② $\theta = 90^\circ$ 일 때 $E_1 = E_2$

③ 경계면 수평입사 → 전기 연속

2) 전속의 법선(수직)성분은 서로 같다.

① $D_1 \cos \theta_1 = D_2 \cos \theta_2$

② $\theta = 0^\circ$ 일 때 $D_1 = D_2$

③ 경계면 수직입사 → 전속 연속

3) 입사각과 굴절각의 탄젠트 값의 비는 유전율 비와 같다.

$$\bullet \frac{\tan \theta_1}{\epsilon_1} = \frac{\tan \theta_2}{\epsilon_2}$$

2. 유전율과 굴절각

■ $\epsilon_1 > \epsilon_2$ 이면 $\theta_1 > \theta_2$, $D_1 > D_2$ 이고 $E_1 < E_2$ 이다.

Cheatkey

16 유전체 사이에 작용하는 힘(맥스웰 응력)**1. 힘의 방향**

- 유전율이 큰 쪽에서 작은 쪽으로 작용
($\epsilon_1 > \epsilon_2$ 일 때, $\epsilon_1 \rightarrow \epsilon_2$)

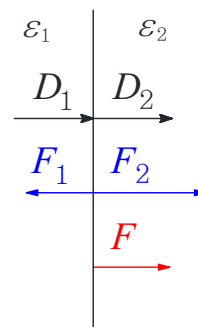
2. 전계가 경계면 수직으로 진행할 때

1) 힘의 크기

$$\bullet F = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - \frac{1}{\epsilon_1} \right) D^2 [\text{N/m}^2]$$

2) 힘의 종류

- 인장응력(당기는 힘)

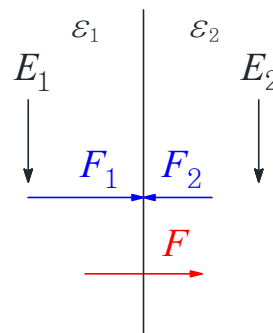
**3. 전계가 경계면 수평으로 진행할 때**

1) 힘의 크기

$$\bullet F = \frac{1}{2} (\epsilon_1 - \epsilon_2) E^2 [\text{N/m}^2]$$

2) 힘의 종류

- 압축응력(누르는 힘)



Cheatkey

17 복합 유전체의 정전용량

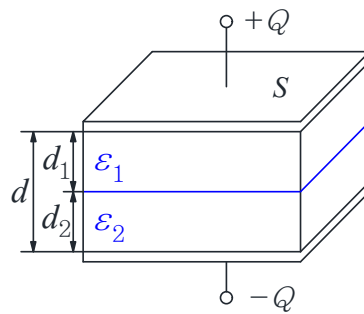
1. 유전체의 직렬

유전체의 간격(d)이 나뉘면 직렬접속

① $C_1 = \epsilon_1 \frac{S}{d_1}$

② $C_2 = \epsilon_2 \frac{S}{d_2}$

③ $C_t = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$



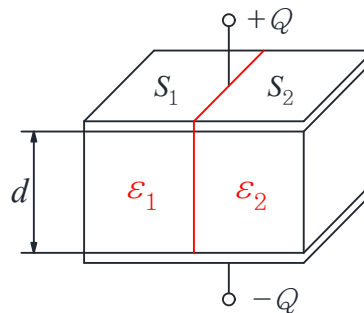
2. 유전체의 병렬

유전체의 면적(S)이 나뉘면 병렬접속

① $C_1 = \epsilon_1 \frac{S_1}{d}$

② $C_2 = \epsilon_2 \frac{S_2}{d}$

③ $C_t = C_1 + C_2$



Cheatkey

18 전기 영상법

1. 무한 평면 도체와 점전하

1) 점전하와 평면 도체 사이에 작용하는 힘

$$\bullet F = \frac{Q \times (-Q)}{4\pi\epsilon(2d)^2} = -\frac{Q^2}{16\pi\epsilon d^2} [\text{N}]$$

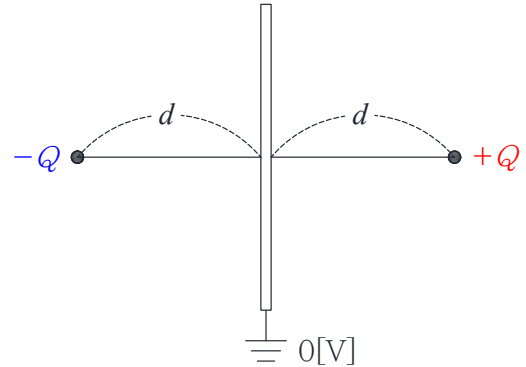
(- : 흡인력)

2) 전하를 무한원까지 운반하는데 필요한 일

$$\bullet W = \frac{Q^2}{16\pi\epsilon d} [\text{J}]$$

3) 최대 표면 전하밀도

$$\bullet \sigma_{\max} = -\frac{Q}{2\pi d^2} [\text{C/m}^2]$$



2. 무한 평면 도체와 선전하

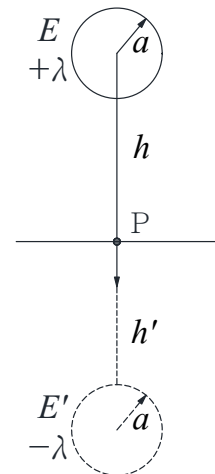
1) 직선도체가 평면 도체에 의해 단위 길이당 받는 힘

(= 전선이 지면으로부터 받는 힘)

$$\bullet F = -\frac{\lambda^2}{4\pi\epsilon_0 h} = -9 \times 10^9 \times \frac{\lambda^2}{h} [\text{N/m}]$$

2) 대지와 선도체 사이의 정전용량

$$\bullet C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{2h}{a}} [\text{F/m}]$$

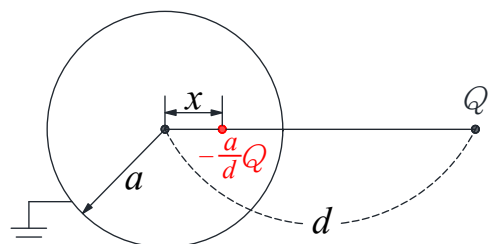


3. 접지 구도체와 점전하

1) 영상전하의 위치 $x = \frac{a^2}{d} [\text{m}]$ 2) 영상전하의 크기 $Q' = -\frac{a}{d} Q [\text{C}]$

3) 작용하는 힘

- 영상 전하와 점전하 사이에는 항상 흡인력(-)이 작용한다.



Cheatkey

19 전도전류

1. 전도전류

1) 전도전류 정의

- 도체에 흐르는 전류(실제 전류)

2) 전류의 크기

$$\textcircled{1} I = \frac{Q}{t} = \frac{ne}{t} [A]$$

$$\textcircled{2} \text{전자의 전하량 } e = -1.602 \times 10^{-19} [C]$$

3) 전도전류 밀도

$$\textcircled{1} i_c = nev [A/m^2]$$

$$\textcircled{2} i_c = kE = \sigma E = \frac{1}{\rho} E [A/m^2]$$

i_c : 전도전류 밀도

n : 전자의 개수

e : 전자의 전하량

$\sigma(k)$: 도전율(전도율)

ρ : 고유저항

Cheatkey

20 변위전류

1. 변위전류

1) 변위전류 정의

- 유전체에 전계를 인가할 때 발생하는 분극 현상에 의한 전기쌍극자의 위치 변화를 전류의 개념으로 표현한 것

2) 변위전류 밀도

$$\textcircled{1} i_d = \frac{\partial D}{\partial t} = \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t} = \omega \varepsilon E = 2\pi f \varepsilon E [A/m^2]$$

$$\textcircled{2} i_d = \frac{\varepsilon}{d} \omega V_m \cos \omega t [A/m^2] \rightarrow I_d = \omega C V_m \cos \omega t [A]$$

2. 임계주파수

1) 임계주파수 정의

- 변위전류와 전도전류의 크기가 같을 때의 주파수

2) 임계주파수(f_c)

$$\bullet i_c = i_d \rightarrow \sigma E = 2\pi f_c \varepsilon E \rightarrow f_c = \frac{\sigma}{2\pi \varepsilon} [Hz]$$

Cheatkey

21 저항**1. 전기저항**

1) 옴의 법칙

$$\bullet R = \frac{V}{I} [\Omega]$$

2) 고유 저항

$$\textcircled{1} R = \rho \frac{l}{S} [\Omega]$$

$$\textcircled{2} \rho = \frac{1}{k} = \frac{1}{\sigma} [\Omega \cdot \text{m}]$$

3) 저항과 정전용량

$$\bullet R \times C = \rho \frac{l}{A} \times \varepsilon \frac{A}{l} = \rho \varepsilon$$

2. 여러 도체들의 저항

1) 구

$$\textcircled{1} \text{ 완전구 } R = \frac{1}{4\pi k a} [\Omega]$$

$$\textcircled{2} \text{ 반구 } R = \frac{1}{2\pi k a} [\Omega]$$

$$\textcircled{3} \text{ 동심구 } R = \frac{1}{4\pi k} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) [\Omega]$$

2) 원주형(선) 도체

$$\textcircled{1} \text{ 동축 케이블 } R = \frac{1}{2\pi k} \ln \frac{b}{a} [\Omega \cdot \text{m}]$$

$$\textcircled{2} \text{ 평행 전선 사이 } R = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{d}{a} [\Omega \cdot \text{m}]$$

$$\textcircled{3} \text{ 전선과 대지 사이 } R = \frac{1}{2\pi k} \ln \frac{2h}{a} [\Omega \cdot \text{m}]$$

Cheatkey

22 자하에 의한 자계

1. 자하에 의한 자계

1) 용어

- ① 자석 : 자성을 가지고 있는 물체
- ② 자력 : 자석이 다른 물체에 끼치는 힘
- ③ 자극 : 자극의 세기가 가장 강한 부분 자석 양쪽 끝에 있으며 N극, S극이라 한다.
- ④ 자하 : 자극의 자기량 $m[\text{Wb}]$, N극의 자하를 $+m[\text{Wb}]$, S극의 자하를 $-m[\text{Wb}]$ 이라 한다.

2) 자석의 성질

- ① 같은 극끼리는 척력(반발력)이 작용한다.
- ② 다른 극끼리는 인력(흡인력)이 작용한다.

2. 정전계와 정자계

정전계		→	정자계	
전하량	$Q[\text{C}]$	→	자하량	$m[\text{Wb}]$
유전율	$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_s [\text{F/m}]$	→	투자율	$\mu = \mu_0 \mu_s [\text{H/m}]$
공기 중의 유전율	$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$	→	공기 중의 투자율	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}]$
쿨롱의 힘	$F = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi \varepsilon r^2} [\text{N}]$	→	쿨롱의 힘	$F = \frac{m_1 m_2}{4\pi \mu r^2} [\text{N}]$
전계의 세기	$E = \frac{Q}{4\pi \varepsilon r^2} [\text{V/m}]$	→	자계의 세기	$H = \frac{m}{4\pi \mu r^2} [\text{AT/m}]$
전위	$V = \frac{Q}{4\pi \varepsilon r} [\text{V}]$	→	자위	$U = \frac{m}{4\pi \mu r} [\text{AT}]$
전기력선의 수	$N = \frac{Q}{\varepsilon} [\text{개}]$	→	자기력선의 수	$N = \frac{m}{\mu} [\text{개}]$
전속	$Q[\text{C}]$	→	자속	$m = \phi [\text{Wb}]$
전속밀도	$D = \frac{Q}{S} [\text{C/m}^2]$	→	자속밀도	$B = \frac{\phi}{S} [\text{Wb/m}^2]$
전기 쌍극자에 의한 전위	$V = \frac{M}{4\pi \varepsilon r^2} \cos\theta [\text{V}]$	→	자기 쌍극자에 의한 자위	$U = \frac{M}{4\pi \mu r^2} \cos\theta [\text{AT}]$
전기 쌍극자에 의한 전계	$E = \frac{M}{4\pi \varepsilon r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}$	→	자기 쌍극자에 의한 자계	$H = \frac{M}{4\pi \mu r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}$
$F \xrightarrow{\times \frac{1}{Q}} E \xrightarrow{\times r} V$ $\quad \quad \quad \times \varepsilon \rightarrow D$			$F \xrightarrow{\times \frac{1}{m}} H \xrightarrow{\times r} U$ $\quad \quad \quad \times \mu \rightarrow B$	

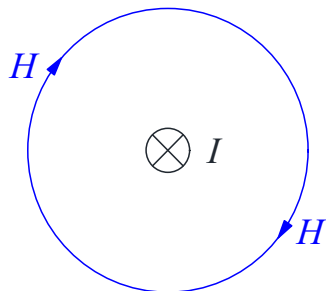
Cheatkey

23 앙페르의 오른손 법칙**1. 전류에 의한 자계**

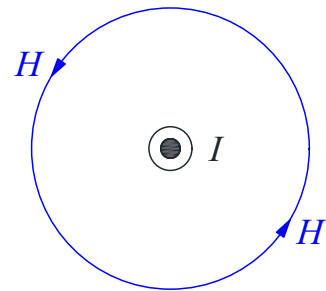
	방향	크기
무한 전류에 의한 자계	앙페르의 오른손 법칙	24번 치트키
유한 전류에 의한 자계		25번 치트키

2. 앙페르의 오른손 법칙

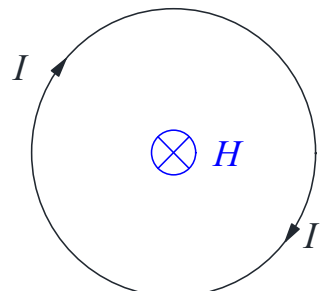
- 전류에 의한 자계, 자계에 의한 전류의 방향을 결정하는 법칙

1) 직선 전류와 회전 자계

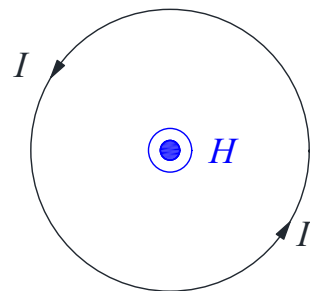
[전류가 들어가는 방향]



[전류가 나오는 방향]

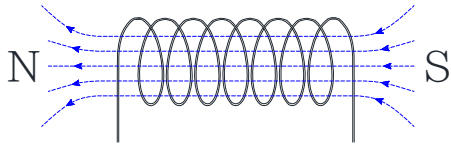
2) 회전 전류와 직선 자계

[자계가 들어가는 방향]



[자계가 나오는 방향]

3. 전자석의 원리



1) 솔레노이드

- 도체를 균등하고 밀접하게 원통형으로 감은 코일

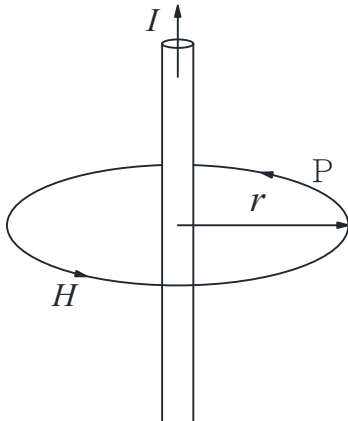
2) 전자석

- 전류가 흐르면 자기력을 갖는 자석이 되고, 전류가 끊기면 자기력을 잃게되는 물체이다. 코일에 흐르는 전류에 의해 발생하는 자계가 물체를 자석으로 만든다.

Cheatkey

24 무한전류에 의한 자계

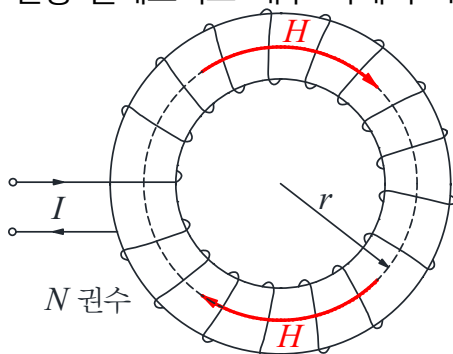
1. 무한장 직선 전류에 의한 자계의 세기



$$\bullet H = \frac{I}{2\pi r} [\text{AT/m}]$$

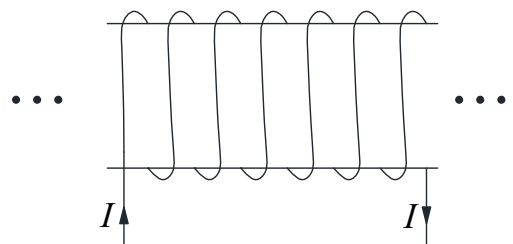
2. 솔레노이드에 의한 자계의세기

1) 환상 솔레노이드 내부 자계의 세기



$$\bullet H = \frac{NI}{2\pi r} [\text{AT/m}]$$

2) 무한장 솔레노이드 내부 자계의 세기

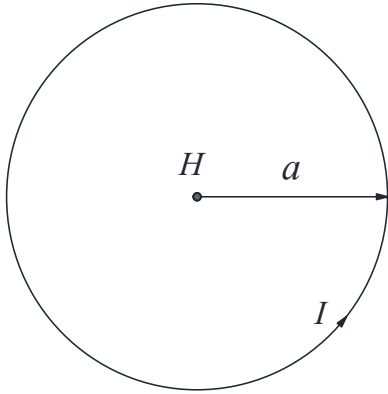


$$\bullet H = \frac{NI}{l} = n_0 I [\text{AT/m}]$$

Cheatkey

25 유한전류에 의한 자계

1. 원형 코일 중심



$$\textcircled{1} \quad H = \frac{I}{2a} [\text{AT/m}]$$

$$\textcircled{2} \quad H = \frac{NI}{2a} [\text{AT/m}] \quad (\text{권수가 } N \text{ 회 일 때})$$

2. 정 n각형 중심에서의 자계의 세기

$$\textcircled{1} \quad \text{정삼각형} \quad H_3 = \frac{9}{2} \times \frac{I}{\pi l}$$

$$\textcircled{2} \quad \text{정사각형} \quad H_4 = 2\sqrt{2} \times \frac{I}{\pi l}$$

$$\textcircled{3} \quad \text{정육각형} \quad H_6 = \sqrt{3} \times \frac{I}{\pi l}$$

(여기서, l 은 도형의 한 변의 길이[m]이다.)

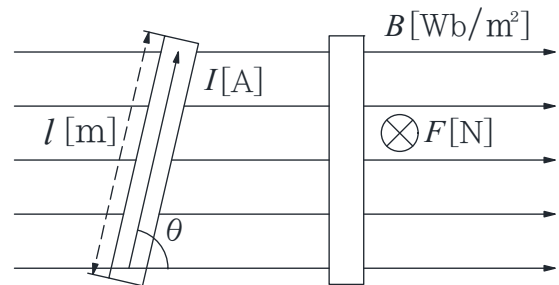
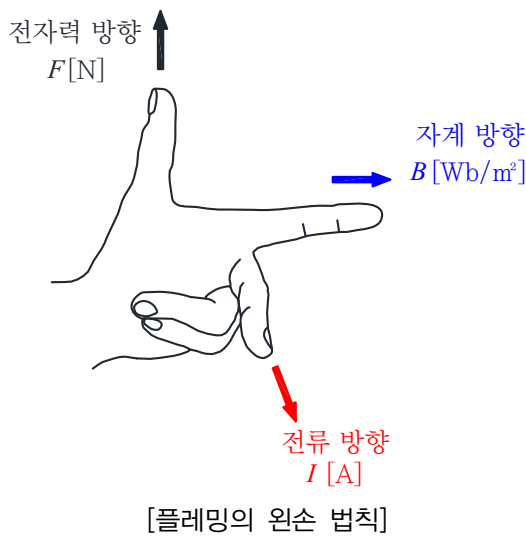
※ 크기순으로 기억하기 $\frac{9}{2} > 2\sqrt{2} > \sqrt{3}$

Cheatkey

26 전자력(도체가 받는 힘)

1. 도체가 자장 안에서 받는 힘

- 1) 전자력 : 일정한 자계(B)내에 도체를 놓고 도체에 전류(I)를 흘렸을 때 도체가 받는 힘(F)
- 2) 전자력의 방향 : 플레밍의 왼손 법칙
- 3) 자계 내의 전류가 흐르는 도체가 받는 힘: $F = (I \times B)l = IBl \sin \theta \vec{n} [\text{N}]$



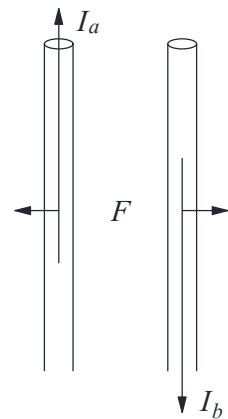
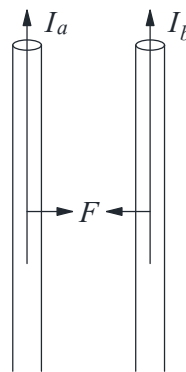
2. 평행 도선에 작용하는 힘

1) 힘의 크기

$$F = \frac{2I_a I_b \times 10^{-7}}{r} [\text{N/m}]$$

2) 힘의 방향

- ① 같은 방향의 전류 : 흡인력
- ② 반대 방향의 전류 : 반발력



3. 자계 내에 작용하는 회전력

1) 막대자석에 작용하는 회전력

- ① 자기모멘트 $M = ml [\text{Wb} \cdot \text{m}]$
- ② 회전력(토크) $T = \mathbf{M} \times \mathbf{H} = MH \sin \theta = mlH \sin \theta [\text{N} \cdot \text{m}]$

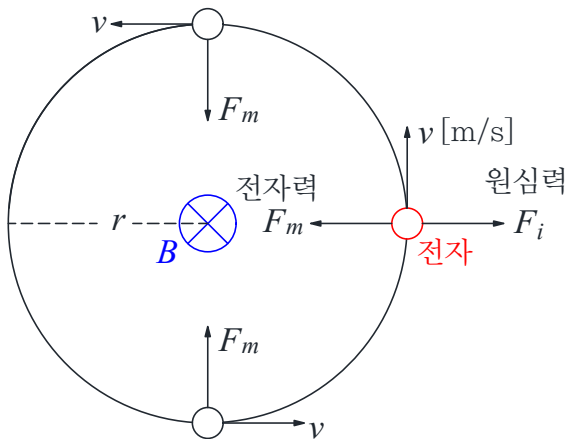
2) 코일에 작용하는 회전력

- ① $T = NBIA \cos \theta [\text{N} \cdot \text{m}]$

Cheatkey

27 로렌츠의 힘

1. 자계 내에서 운동하는 전하가 받는 힘



1) 로렌츠의 힘

- 자계(B) 내로 수직인 방향으로 일정 속도(v)의 전자(e)가 입사할 때 전자가 받는 힘

2) 전자력

- $F_m = e(v \times B) = Bev \sin \theta = Bev$ [N]

2. 전자가 원운동을 할 조건

1) 원운동 조건(전자가 자계와 수직으로 입사)

- 구심력 = 원심력 $\rightarrow Bev = \frac{mv^2}{r}$

2) 전자의 운동

① 반지름 : $r = \frac{mv}{Be}$ [m]

② 운동 속도 : $v = \frac{Ber}{m}$ [m/s]

③ 각속도 : $\omega = \frac{v}{r} = \frac{Be}{m}$ [rad/s]

④ 주파수 : $f = \frac{Be}{2\pi m}$ [Hz]

⑤ 원운동 주기 : $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi m}{Be}$ [sec]

Cheatkey

28 자성체

1. 자성체와 유전체

유전체		→	자성체	
유전율	$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_s [\text{F/m}]$	→	투자율	$\mu = \mu_0 \mu_s [\text{H/m}]$
공기 중의 유전율	$\varepsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} [\text{F/m}]$	→	공기 중의 투자율	$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} [\text{H/m}]$
분극의 세기 ①	$P = \frac{Q}{S} = \frac{M}{V} [\text{C/m}^2]$	→	자화의 세기 ①	$J = \frac{m}{S} = \frac{M}{V} [\text{Wb/m}^2]$
분극의 세기 ②	$P = \varepsilon_0(\varepsilon_s - 1)E$ $= D - \varepsilon_0 E = \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_s}\right)D$	→	자화의 세기 ②	$J = \mu_0(\mu_s - 1)H$ $= B - \mu_0 H = B \left(1 - \frac{1}{\mu_s}\right)$
분극률	$\chi = \varepsilon_0(\varepsilon_s - 1)$	→	자화율	$\chi = \mu_0(\mu_s - 1)$
유전체의 완전경계 조건	① $E_1 \sin \theta_1 = E_2 \sin \theta_2$ ② $D_1 \cos \theta_1 = D_2 \cos \theta_2$ ③ $\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1}$	→	자성체의 완전경계 조건	① $H_1 \sin \theta_1 = H_2 \sin \theta_2$ ② $B_1 \cos \theta_1 = B_2 \cos \theta_2$ ③ $\frac{\mu_2}{\mu_1} = \frac{\tan \theta_2}{\tan \theta_1}$
콘덴서에 축적되는 에너지 [J/m ³]	$W = \frac{1}{2} ED = \frac{1}{2} \varepsilon E^2 = \frac{D^2}{2\varepsilon}$	→	자화에 필요한 에너지 [J/m ³]	$W = \frac{1}{2} BH = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{B^2}{2\mu}$
단위 면적당 정전 흡인력 [N/m ²]	$F = \frac{1}{2} ED = \frac{1}{2} \varepsilon E^2 = \frac{D^2}{2\varepsilon}$	→	단위 면적당 자석 표면 흡인력 [N/m ²]	$F = \frac{B^2}{2\mu} = \frac{1}{2} \mu H^2 = \frac{1}{2} BH$

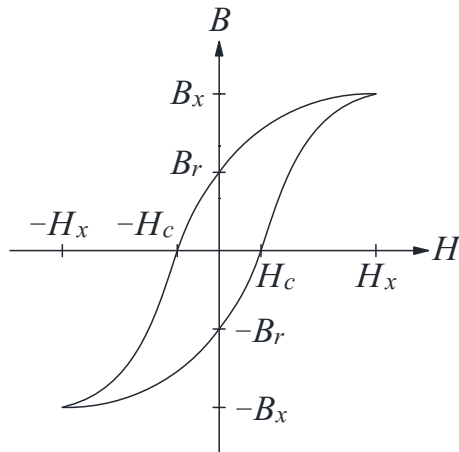
2. 자성체의 종류

자성체의 종류	비투자율	자화율	물질
강자성체	$\mu_s \gg 1$	$\chi \gg 0$	니켈, 코발트, 철
상자성체	$\mu_s > 1$	$\chi > 0$	
반(역)자성체	$\mu_s < 1$	$\chi < 0$	

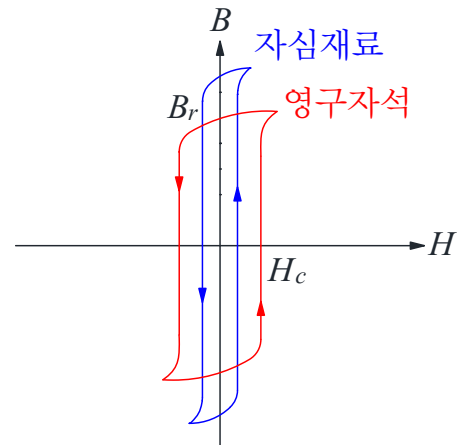
Cheatkey

29 히스테리시스 곡선

1. 히스테리시스 곡선



[히스테리시스 곡선]



[영구자석재료와 자심재료]

- ① 잔류자기(B_r) : 외부에서 가한 자계 세기를 0으로 해도 자성체에 남는 자속밀도의 크기
- ② 보자력(H_c) : 자화된 자성체 내부의 B를 0으로 하기 위해 외부에서 자화와 반대 방향으로 가하는 자계의 세기

2. 자석별 특징

1) 영구자석

- ① 잔류자기(B_r) : 大
- ② 보자력(H_c) : 大

2) 전자석

- ① 잔류자기(B_r) : 大
- ② 보자력(H_c) : 小

3. 히스테리시스 손실

1) 히스테리시스 곡선의 면적

- 히스테리시스 곡선의 면적은 단위 체적당 자화하는데 필요한 에너지로써 히스테리시스 손실에 해당한다.

2) 규소 강판

- 규소강판의 히스테리시스 곡선의 면적은 작은 것이 좋다.(손실이 작다)

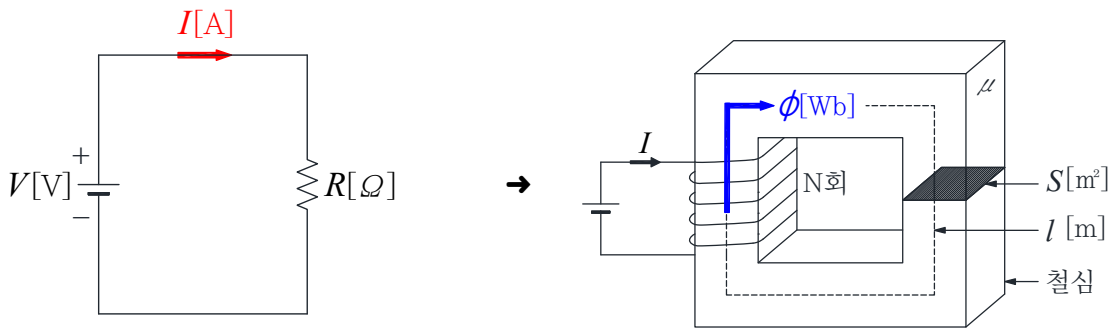
4. 자기차폐

- 강자성체 중 비투자율이 큰 물질을 이용하여 외부 자계를 차단해 자기장의 영향을 받지 않도록 장치를 보호한다.

Cheatkey

30 자기회로

1. 전기회로와 자기회로

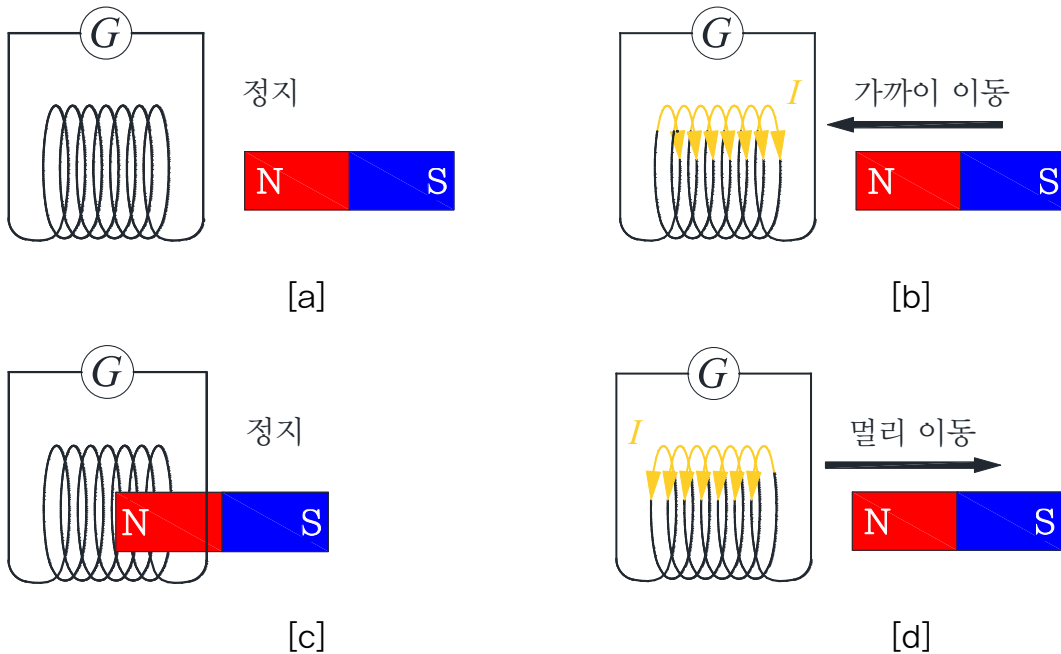


전기회로		→	자기회로	
기전력	$V = IR [\text{V}]$	→	기자력	$F = NI = R_m \phi = \frac{l}{\mu S} \phi [\text{AT}]$
전류	$I = \frac{V}{R} [\text{A}]$	→	자속	$\phi = \frac{NI}{R_m} = \frac{\mu S NI}{l} [\text{Wb}]$
전류밀도	$i = \frac{I}{S} [\text{A/m}^2]$	→	자속밀도	$B = \frac{\phi}{S} [\text{Wb/m}^2]$
전기저항	$R = \rho \frac{l}{S} = \frac{l}{kS} [\Omega]$	→	자기저항	$R_m = \frac{l}{\mu S} [\text{AT/Wb}]$
도전율	$k [\text{U/m}], \sigma [\text{U/m}]$	→	투자율	$\mu [\text{H/m}]$

Cheatkey

31 패러데이-렌츠의 전자유도 법칙

1. 전자유도법칙



1) 전자유도

- 코일 내부에서 자속의 변화에 의하여 도체에 기전력이 발생하는 현상

2) 유도기전력

- 전자유도 현상에 의해 발생한 기전력

3) 패러데이의 법칙

- 유도기전력의 크기는 자속의 시간적인 변화에 비례 ($\mathcal{E} = N \frac{d\phi}{dt}$)

4) 렌츠의 법칙

- 전자유도에 의해 발생하는 유도기전력은 코일 내부 자속의 증감을 방해(-)하는 방향으로 발생

5) 패러데이-렌츠의 전자유도 법칙(노이만의 법칙)

- $\mathcal{E} = -N \frac{d\phi}{dt} [\text{V}]$

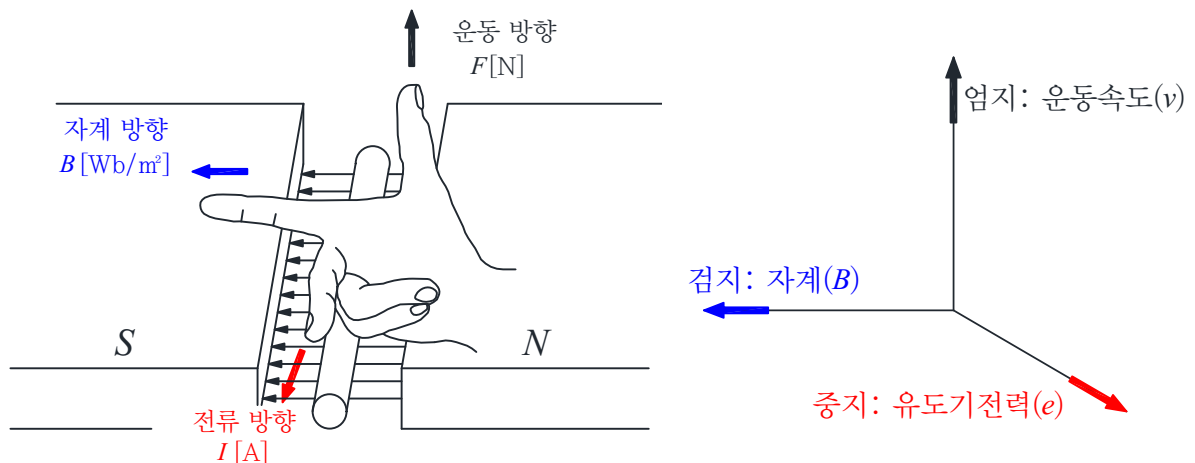
Cheatkey

32 움직이는 도체에 의한 유도기전력

1. 플레밍의 오른손 법칙(발전기)

- 일정한 자계(B)내에서 도체가 운동(F)하면 도체에 기전력(e , I)이 발생한다.

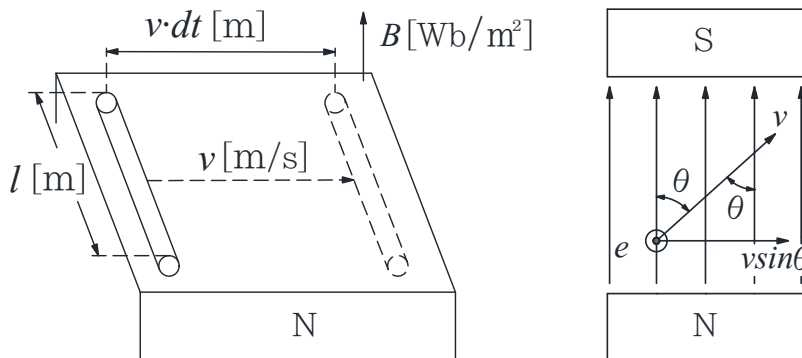
→ 도체가 운동하여 자속을 끊으면 유기기전력이 발생



2. 유도기전력

1) 유도기전력의 정의

- 일정한 자계(B) 내에 도체를 속도(v)로 움직일 때 도체에 유기되는 기전력(e)



2) 유도기전력의 크기

- ① $e = (v \times B)l = Blv \sin \theta$
- ② 수직($\theta = 90^\circ$)일 때 유기기전력 $e = Blv$

Cheatkey

33 표피효과(침투깊이)**1. 표피효과**

- 원주 도체에 교류전류가 흐르면 도체 내부로 갈수록 전류와 쇄교하는 자속이 커져서 전류가 잘 흐르지 못하고 도체 표면으로 전류가 집중해서 흐르는 현상

1) 침투깊이

$$\bullet \delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu k}} [\text{m}]$$

2) 비례 관계

$$\bullet \text{표피효과} \propto f \propto \mu \propto k \propto 1/\delta$$

Cheatkey

34 자기인덕턴스**1. 자기인덕턴스**

1) 자기인덕턴스 정의

- 전류 1[A]를 흘렸을 때 코일에 발생하는 자속[Wb]의 크기

2) 자기인덕턴스 크기

$$\bullet L = N \frac{\phi}{I} = \frac{\mu S N^2}{l} [\text{H}]$$

3) 코일에 발생하는 전압

$$\textcircled{1} e = -N \frac{d\phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} [\text{V}]$$

$$\textcircled{2} L = -e \frac{dt}{di} [\text{H}]$$

2. 인덕턴스에 축적되는 에너지

1) 인덕턴스에 축적되는 자기에너지

$$\bullet W = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} \phi NI = \frac{1}{2} \frac{(N\phi)^2}{L} [\text{J}]$$

Cheatkey

35 상호인덕턴스**1. 상호인덕턴스**

1) 상호인덕턴스 정의

- 한쪽 코일의 전류가 변화할 때 다른 쪽 코일에 유도기전력이 발생하는 현상

2) 상호인덕턴스 크기

$$\bullet M = \frac{N_2}{N_1} L_1 = \frac{N_1}{N_2} L_2 [\text{H}]$$

3) 결합계수

$$\bullet M = k \sqrt{L_1 L_2} \rightarrow k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}, \quad (0 \leq k \leq 1)$$

Cheatkey

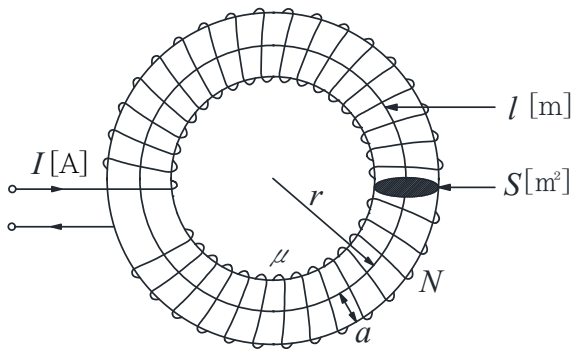
36 인덕턴스의 계산

1. 인덕턴스의 계산

	인덕턴스	
솔레노이드	$L = \frac{\mu SN^2}{l} [\text{H}]$	
전선(케이블)	내부	$L_i = \frac{\mu}{8\pi} [\text{H/m}]$
	외부	$L_o = \frac{\mu\epsilon}{C} [\text{H/m}]$

2. 솔레노이드의 인덕턴스

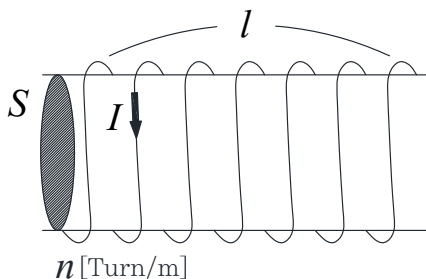
1) 환상 솔레노이드



(1) 인덕턴스

$$\bullet L = \frac{\mu SN^2}{l} [\text{H}]$$

2) 무한장 솔레노이드



(1) 인덕턴스

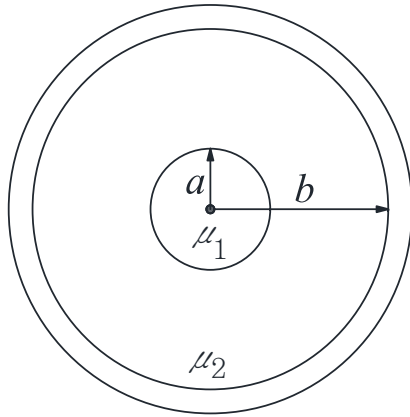
$$\bullet L = \frac{\mu SN^2}{l} [\text{H}]$$

(2) 단위 길이당 인덕턴스

$$\bullet L_0 = \frac{L}{l} = \frac{\mu SN^2}{l^2} = \mu n_0^2 S [\text{H/m}]$$

3. 전선, 케이블(도체)의 인덕턴스

1) 동축 케이블(원통 도체)



(1) 내부 자기 인덕턴스

$$\bullet L_i = \frac{\mu_1}{8\pi} [\text{H/m}]$$

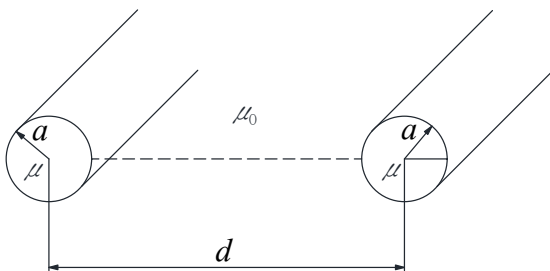
(2) 외부 자기 인덕턴스(도체 사이)

$$\bullet L_o = \frac{\mu_2 \mathcal{E}}{C} = \frac{\mu_2}{2\pi} \ln \frac{b}{a} [\text{H/m}]$$

(3) 동축 케이블의 자기 인덕턴스

$$\bullet L = \textcircled{1} + \textcircled{2} = \frac{\mu_1}{8\pi} + \frac{\mu_2}{2\pi} \ln \frac{b}{a} [\text{H/m}]$$

2) 평행 전선



(1) 내부 자기 인덕턴스

$$\bullet 2L_i = 2 \left(\frac{\mu}{8\pi} \right) [\text{H/m}]$$

(2) 외부 자기 인덕턴스

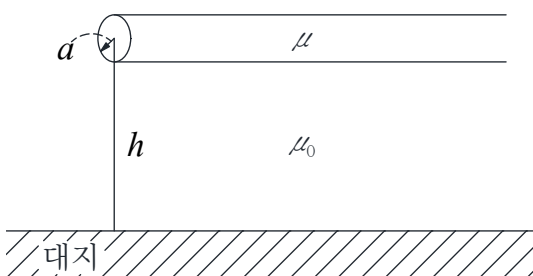
(평행 전선 사이 인덕턴스)

$$\bullet L_o = \frac{\mu_0 \mathcal{E}}{C} = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d}{a} [\text{H/m}]$$

(3) 전체 자기 인덕턴스

$$\bullet L = \textcircled{1} + \textcircled{2} = 2 \left(\frac{\mu}{8\pi} \right) + \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d}{a} [\text{H/m}]$$

3) 1가닥 전선과 대지



(1) 내부 자기 인덕턴스

$$\bullet L_i = \frac{\mu}{8\pi} [\text{H/m}]$$

(2) 외부 자기 인덕턴스

(전선과 대지 사이 인덕턴스)

$$\bullet L_o = \frac{\mu_0 \mathcal{E}}{C} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{2h}{a} [\text{H/m}]$$

(3) 전체 자기 인덕턴스

$$\bullet L = \textcircled{1} + \textcircled{2} = L = \frac{\mu}{8\pi} + \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{2h}{a} [\text{H/m}]$$

Cheatkey

37 전자계

1. 전파속도

1) 전파속도

$$\bullet v = f\lambda = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = 3 \times 10^8 \times \frac{1}{\sqrt{\epsilon_s \mu_s}} [\text{m/sec}]$$

2) 공기 중의 전파 속도 = 빛의 속도

$$\bullet v_0 = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 [\text{m/sec}]$$

3) 파장

$$\bullet \lambda = \frac{v}{f} [\text{m}]$$

2. 고유 임피던스

1) 고유 임피던스

$$\textcircled{1} Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 377 \sqrt{\frac{\mu_s}{\epsilon_s}} [\Omega]$$

$$\textcircled{2} E = 377 H \sqrt{\frac{\mu_s}{\epsilon_s}} \rightarrow H = \frac{1}{377} E \sqrt{\frac{\epsilon_s}{\mu_s}}$$

2) 공기 중의 고유 임피던스

$$\textcircled{1} Z_0 = \frac{E}{H} = 377 [\Omega]$$

$$\textcircled{2} E = 377 H \rightarrow H = \frac{1}{377} E$$

3. 포인팅 벡터

1) 포인팅 벡터의 정의

① 전자계 내의 한 점을 통과하는 단위 면적당 전력

$$\textcircled{2} P = \frac{W}{S} [\text{W/m}^2]$$

W : 전력[W] S : 면적[m²]

2) 포인팅 벡터의 크기

$$\bullet P = E \times H = EH \sin \theta = EH [\text{W/m}^2]$$

Cheatkey

38 맥스웰 전자 방정식**1. 맥스웰의 전자 방정식**

1) 전속에 대한 가우스 정리

① 고립된 전하는 존재한다.

② 미분형 : $\text{div } D = \rho_v$ ③ 적분형 : $\oint_s D dS = \int_v \rho_v dv = Q$

2) 자속에 대한 가우스 정리

① 고립된 자극은 존재할 수 없다.

② 미분형 : $\text{div } B = 0$ ③ 적분형 : $\oint_s B \cdot dS = 0$

3) 패러데이 법칙

① 자계의 시간적 변화에 따라 전기계의 회전이 발생한다.

② 미분형 : $\text{rot } E = -\frac{\partial B}{\partial t} = -\mu \frac{\partial H}{\partial t}$ ③ 적분형 : $\oint_c E \cdot dl = \int_s \left(-\frac{\partial B}{\partial t} \right) dS$

4) 앙페르의 주회적분 법칙

① 전도전류와 변위전류는 회전자계를 발생시킨다.

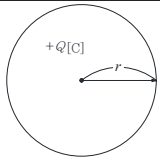
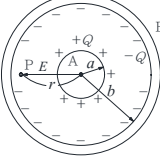
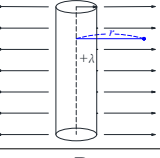
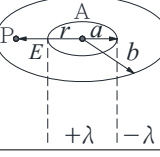
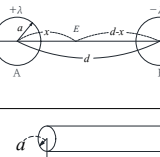
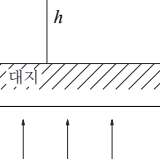
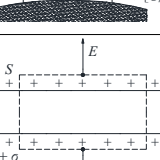
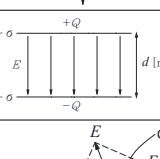
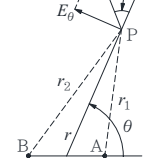
② 미분형 : $\text{rot } H = i_c + i_D = kE + \epsilon \frac{\partial E}{\partial t}$ ③ 적분형 : $\oint_c H \cdot dl = \int_s i \cdot dS = \int_s \left(i_c + \frac{\partial D}{\partial t} \right) dS$

전류에 의한 자계 $H[AT/m]$ 공식

앙페르의 주회적분 법칙(무한전류)			
무한장 직선 전류에 의한 자계의 세기			$\frac{I}{2\pi r}$
솔레노이드에 의한 자계의 세기	환상 솔레노이드	내부	$H = \frac{NI}{2\pi r}$
		중심, 외부	0
	무한장 솔레노이드	내부	$H = \frac{NI}{l} = n_0 I$
		외부	0

비오-사바르의 법칙(유한전류)		
원형 코일	중심	$\frac{I}{2a}$
	중심축 위	$H = \frac{a^2 I}{2(a^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}}$
정 n각형 중심	정삼각형	$\frac{9}{2} \times \frac{I}{\pi l}$
	정사각형	$2\sqrt{2} \times \frac{I}{\pi l}$
	정육각형	$\sqrt{3} \times \frac{I}{\pi l}$

정전계 공식

정전계 공식					
종류		전계 E	전위 V	정전용량 C	저항 R
점전하 (구도체)		$\frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \text{ [V/m]}$	$\frac{Q}{4\pi\epsilon r} \text{ [V]}$	$4\pi\epsilon r \text{ [F]}$	$\frac{1}{4\pi k a} \text{ [\Omega]}$
동심구		$\frac{Q}{4\pi\epsilon r^2} \text{ [V/m]}$	$\frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \text{ [V]}$	$\frac{4\pi\epsilon}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}} \text{ [F]}$	$\frac{1}{4\pi k} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right) \text{ [\Omega]}$
선전하		$\frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} \text{ [V/m]}$	$\infty \text{ [V]}$	-	-
동심 원통 (동축 케이블)		$\frac{\lambda}{2\pi\epsilon r} \text{ [V/m]}$	$\frac{\lambda}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a} \text{ [V]}$	$\frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{b}{a}} \text{ [F/m]}$	$\frac{1}{2\pi k} \ln \frac{b}{a} \text{ [\Omega \cdot m]}$
평행 전선 사이		$\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{x} + \frac{1}{d-x} \right) \text{ [V/m]}$	$\frac{\lambda}{\pi\epsilon_0} \ln \frac{d-a}{a} \text{ [V]}$	$\frac{\pi\epsilon}{\ln \frac{d}{a}} \text{ [F/m]}$	$\frac{1}{\pi k} \ln \frac{d}{a} \text{ [\Omega \cdot m]}$
도선과 대지 사이		-	-	$\frac{2\pi\epsilon}{\ln \frac{2h}{a}} \text{ [F/m]}$	$\frac{1}{2\pi k} \ln \frac{2h}{a} \text{ [\Omega \cdot m]}$
무한 평면 도체		$\frac{\sigma}{\epsilon} \text{ [V/m]}$	$\infty \text{ [V]}$	-	-
무한 평면		$\frac{\sigma}{2\epsilon} \text{ [V/m]}$	$\infty \text{ [V]}$	-	-
무한 평면 사이		$\frac{\sigma}{\epsilon} \text{ [V/m]}$	$\frac{\sigma}{\epsilon} d \text{ [V]}$	$\epsilon \frac{S}{d} \text{ [F]}$	-
전기 쌍극자		$\frac{M}{4\pi\epsilon r^3} \sqrt{1+3\cos^2\theta} \text{ [V/m]}$	$\frac{M}{4\pi\epsilon r^2} \cos\theta \text{ [V]}$	-	-

CHAPTER

04

전기기기 치트키

전기기사 필기 치트키

PART 01	100	PART 08	120
1. 전기기기 기초이론		23. [변압기] 전압변동률	
2. [직류기] 구조 및 원리		24. [변압기] %임피던스 강하	
3. [직류기] 전기자 권선법		PART 09	122
4. [직류기] 유기기전력(역기전력)		25. [변압기] 3상 결선	
5. [직류기] 전기자 반작용		26. [변압기] 병렬운전	
6. [직류기] 정류 작용		PART 10	125
PART 02	105	27. [변압기] 손실과 효율	
7. [직류기] 직류기의 종류		28. [변압기] 단권 변압기	
PART 03	107	29. [변압기] 보호계전기	
8. [직류기] 전동기 토크		PART 11	128
9. [직류기] 속도제어		30. [유도기] 구조 및 원리	
10. [직류기] 효율		31. [유도기] 권선형 유도전동기 등가회로	
PART 04	109	32. [유도기] 권선형 유도전동기 전력변환	
11. [동기기] 구조 및 원리		PART 12	133
12. [동기기] 전기자 권선법		33. [유도기] 토크 특성	
13. [동기기] 동기발전기의 출력		34. [유도기] 기동방법	
PART 05	111	PART 13	134
14. [동기기] 동기 임피던스		35. [유도기] 속도제어	
15. [동기기] 단락		36. [유도기] 단상 유도전동기	
16. [동기기] 전압변동률		PART 14	135
PART 06	114	37. [정류기] 전력용 반도체 소자	
17. [동기기] 발전기의 병렬운전		38. [정류기] 다이오드 정류회로	
18. [동기기] V 곡선(위상특성곡선)		39. [정류기] SCR 사이리스터 위상제어	
PART 07	116	PART 15	139
19. [변압기] 구조 및 원리		40. [정류기] 단상 정류자 전동기	
20. [변압기] 환산 등가회로		41. [정류기] 3상 정류자 전동기	
21. [변압기] 무부하 시험(개방시험)		42. [특수기] 서보모터	
22. [변압기] 단락 시험		43. [특수기] 스텝모터	
		44. [특수기] 고주파 발전기	

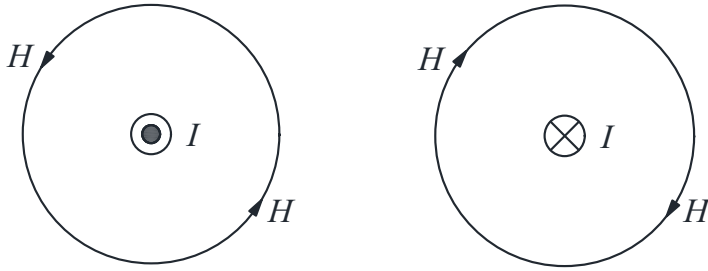
Cheatkey

1

전기기기 기초이론

1. 앙페르의 오른나사 법칙

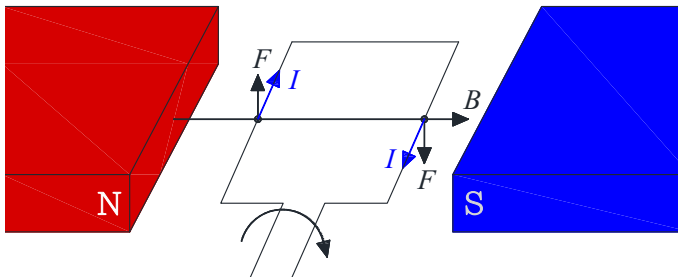
- 전류(I)에 의한 자속(ϕ)의 방향을 결정하는 법칙



2. 플레밍의 오른손 법칙(발전기)

- 일정한 자계(B)내에서 도체가 운동(F)하면 도체에 기전력(E , I)이 발생한다.

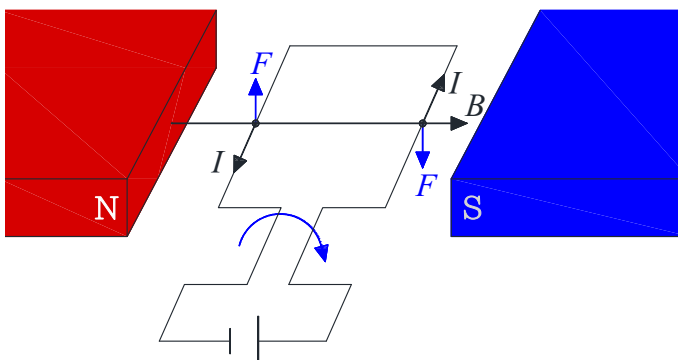
→ 도체가 운동하여 자속을 끊으면 유기기전력이 발생



※ $B \& F \rightarrow E$: 발전기

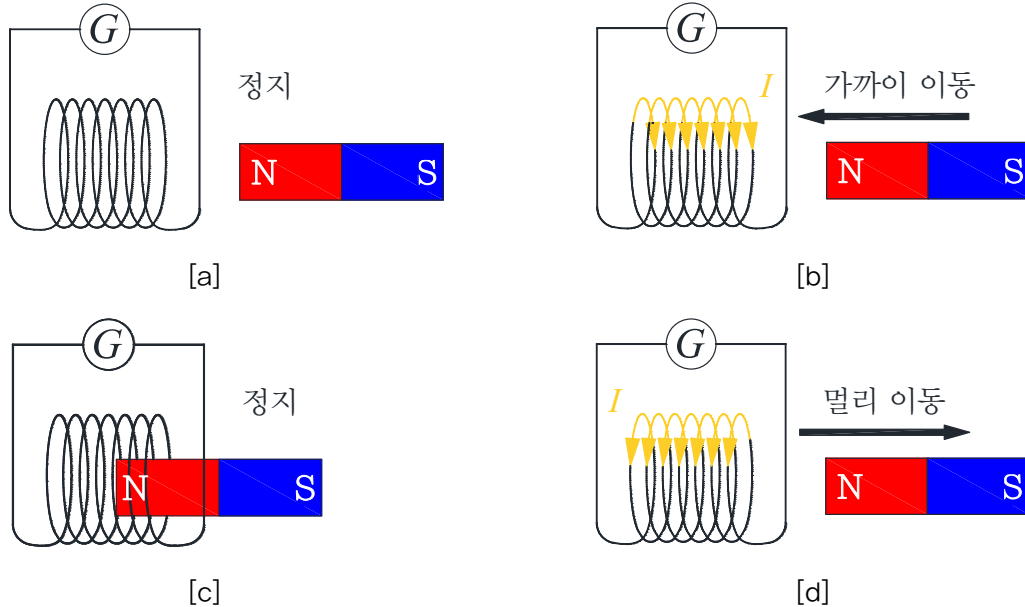
3. 플레밍의 왼손 법칙(전동기)

- 일정한 자계(B)내에서 도체를 놓고 도체에 전류(I)를 흘려주면 도체에 힘(F)이 작용한다.



※ $B \& E \rightarrow F$: 전동기

4. 패러데이-렌츠의 전자기 유도 법칙

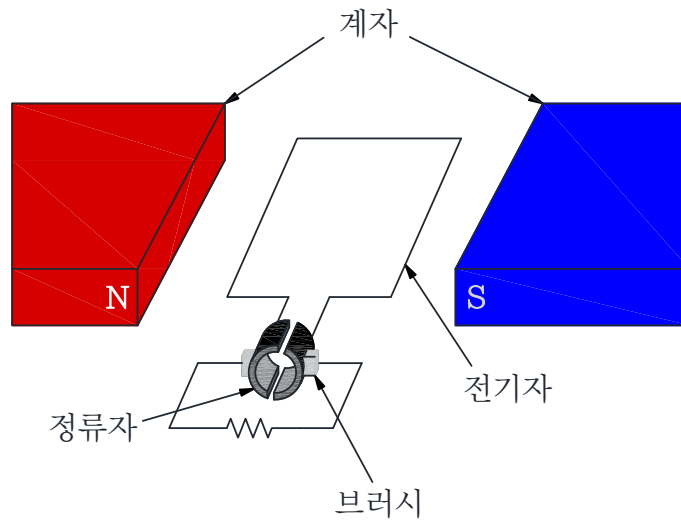


- 1) 전자기 유도 : 코일 내부에서 자속의 변화에 의하여 도체에 기전력이 발생하는 현상
- 2) 유도기전력 : 전자기 유도 현상에 의해 발생한 기전력
- 3) 패러데이의 법칙 : 유도기전력의 크기는 자속의 시간적인 변화에 비례 ($E = N \frac{d\phi}{dt}$)
- 4) 렌츠의 법칙 : 전자기 유도에 의해 발생하는 유도기전력은 코일 내부 자속의 증감을 방해하는 방향으로 발생
- 5) 패러데이-렌츠의 전자기 유도 법칙 : $E = -N \frac{d\phi}{dt}$

Cheatkey

2 [직류기] 구조 및 원리

1. 직류기의 구조

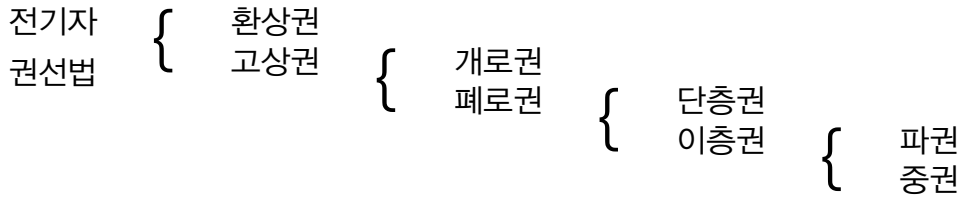


- 1) 계자 : 자속을 발생하는 부분(자석)
- 2) 전기자 : 자속을 끊어 기전력을 유기시키는 도체
 - ① 철심에 규소를 함유 → 히스테리시스손(P_h) 감소
 - ② 성층철심 사용 → 와류손(P_e) 감소
- 3) 정류자 : 발생한 교류를 직류로 변환하는 부분
- 4) 브러시 : 전기자와 외부 부하를 연결하는 부분, 각 극에 1개씩 부착

Cheatkey

3 [직류기] 전기자 권선법

- 슬롯에 전기자 권선(코일)을 감는 방법

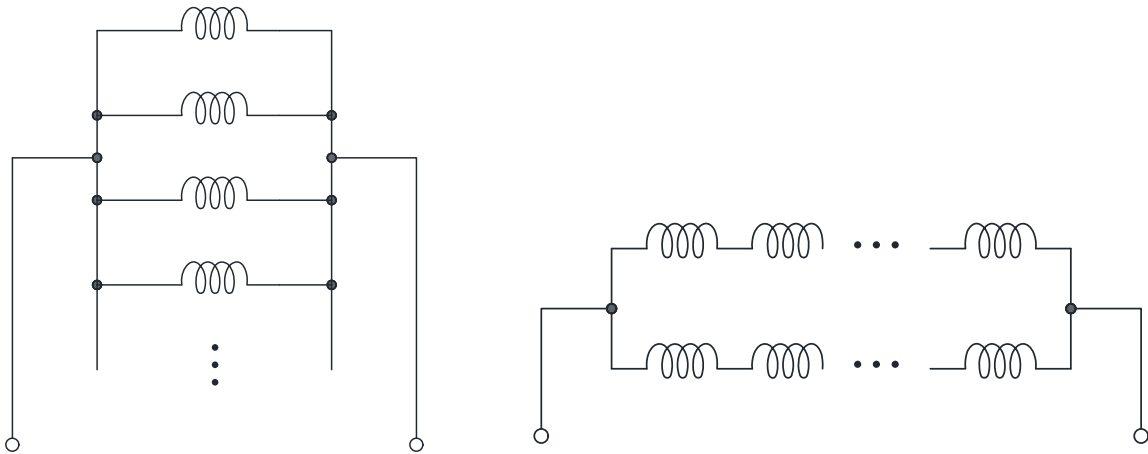


1. 단층권과 이층권

- ① 단층권 : 1개의 슬롯에 1개의 코일변을 넣는 방법
- ② 이층권 : 1개의 슬롯에 2개 이상의 코일변을 넣는 방법

2. 중권과 파권

- 1) 중권 : 병렬권
- 2) 파권 : 직렬권



3) 중권 vs. 파권

구분	중권	파권
병렬 회로수(a)	극수(p), 브러시 수(b)와 같다. ($a = p = b$)	브러시 수(b)와 함께 항상 2 ($a = b = 2$)
전압, 전류 특성	저전압, 대전류	고전압, 소전류
특징	4극 이상에서 균압환 필요	—

Cheatkey

4 [직류기] 유기기전력(역기전력)

$$\textcircled{1} E = \frac{pZ\phi N}{60a} = K\phi N \text{ (중권 } p=a \text{ 이므로 } E = \frac{Z\phi N}{60})$$

$$\textcircled{2} E \propto \phi, E \propto N$$

 p : 극수 Z : 전기자 총 도체수(코일변의 수) a : 병렬 회로수 ϕ : 극당 자속수 N : 분당 회전수[rpm] E : 유기기전력(발), 역기전력(전) K : 기계상수

Cheatkey

5 [직류기] 전기자 반작용

- 전기자 도체의 전류에 의해 발생된 기자력이 주자속에 영향을 주는 작용

1. 주 자속(ϕ) 감소

$$\textcircled{1} E = k\phi N \text{에서 } \phi = k' \frac{E}{N} \text{ 이므로 유기기전력 감소}$$

$$\textcircled{2} E = k\phi N \text{에서 } \phi = k' \frac{E}{N} \text{ 이므로 회전속도 증가}$$

2. 중성축의 이동

- ① 발전기 : 회전 방향과 같은 방향으로 이동
- ② 전동기 : 회전 방향과 반대 방향으로 이동

Cheatkey

6 [직류기] 정류 작용

1. 양호한 정류를 얻는 조건

$$1) \text{ 리액턴스 전압}(e_L = L \frac{2I_c}{T_c}) \text{을 작게 한다.}$$

- ① 인덕턴스(L)를 작게 한다.
- ② 정류주기(T_c)를 크게 한다.

2) 보극을 설치한다.

3) 탄소 브러시를 사용한다.

2. 과정류(불꽃정류)

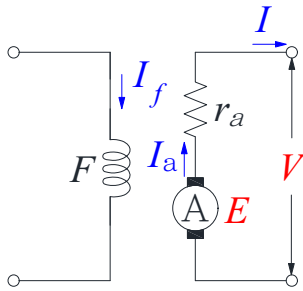
- ① 직류발전기 정류 초기에 전류변화가 크면 발생하는 불꽃정류
- ② 불꽃 없는 정류를 위해 평균 리액턴스 전압(A)과 브러시 접촉면 전압강하(B) 사이에 필요한 조건 = $A < B$

Cheatkey

7 [직류기] 직류기의 종류

- 자속을 발생시키는 것을 여자라고 하며, 여자 방식에 따라 직류기를 다음과 같이 구분한다.

1. 타여자 : 계자와 전기자가 전기적으로 분리되어 있음



[타여자 발전기]

부하시

① $V = E - I_a r_a$

② $I = I_a$

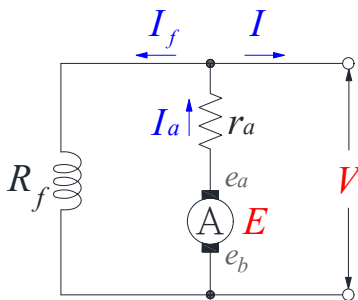
무부하시

① $I = I_a = 0$

② $E = V_0$

2. 자여자

1) 분권 : 계자와 전기자가 병렬로 연결되어 있음



[분권발전기]

분권 발전기

부하시

① $I_a = I + (I_f)$

② $V = I_f R_f$

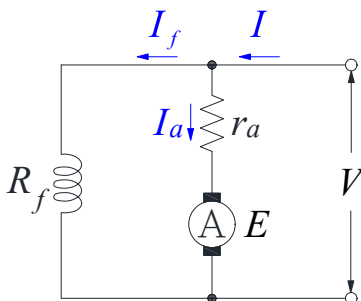
③ $V = E - I_a r_a + (-e_a - e_b)$

무부하시

① $I = 0$

② $I_a = I_f$

③ $V_0 = E - I_a r_a$
 $= E - I_f r_a$
 $\approx E$



[분권전동기]

분권 전동기

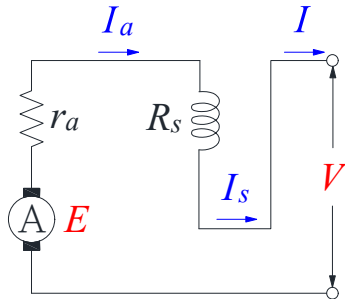
① $I = I_a + (I_f)$

② $V = I_f R_f$

③ $E = V - I_a r_a$

 I_f : 계자전류 R_f : 계자저항 E : 유기기전력(발), 역기전력(전) e_a : 전기자 반작용 전압강하 I_a : 전기자전류 r_a : 전기자 저항 V_0 : 무부하 단자전압 I : 부하전류, 정격전류 V : 정격전압, 단자전압 e_b : 브러시 전압강하

2) 직권 : 계자와 전기자가 직렬로 연결되어 있음



[직권 발전기]

※ 직권발전기 병렬운전 균압선

부하시

$$① I = I_a = I_f$$

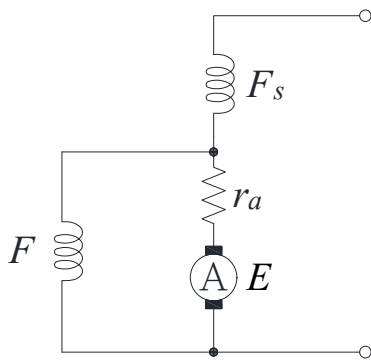
$$② V = E - I_a(r_a + R_s)$$

무부하시

$$① I = I_a = I_f = 0$$

$$② E = 0$$

3) 복권 : 분권과 직권의 합성



[내복권 발전기]

4) 특성곡선

구 분	횡 축	종 축
무부하 포화곡선	계자전류(I_f)	단자전압(V_0) (유기기전력)
부하 특성곡선	계자전류(I_f)	단자전압(V)
외부 특성곡선	부하전류(I)	단자전압(V)
내부 특성곡선	부하전류(I)	유기기전력(E)

Cheatkey

8 [직류기] 전동기 토크

- 토크 : 전동기를 돌리기 위한 힘, 회전력

$$1. \tau = \frac{P}{\omega} = \frac{pZ\phi I_a}{2\pi a} [\text{N}\cdot\text{m}]$$

$$2. \tau = 9.55 \frac{P}{N} [\text{N}\cdot\text{m}] = 0.975 \frac{P}{N} [\text{kg}\cdot\text{m}]$$

3. 토크특성

$$\textcircled{1} \text{ 직권 } T \propto \frac{1}{N^2}, \quad T \propto I_a^2$$

$$\textcircled{2} \text{ 분권 } T \propto \frac{1}{N}, \quad T \propto I_a$$

Cheatkey

9 [직류기] 속도 제어

$$\text{■ } N = k' \frac{E}{\phi} = k' \frac{V - I_a r_a}{\phi} \text{ 에서}$$

1. 계자(ϕ)제어 : 정출력 제어

- 여자전류(계자전류)를 가감시켜 속도를 제어

2. 저항(r_a)제어3. 전압(V)제어 : 정토크 제어

- 전기자에 가하는 전압을 변화시켜 속도를 제어

1) 워드 레오너드 방식

2) 일그너 방식

- 부하의 변동이 심할 때, 광범위하고 안정되게 속도를 제어

Cheatkey

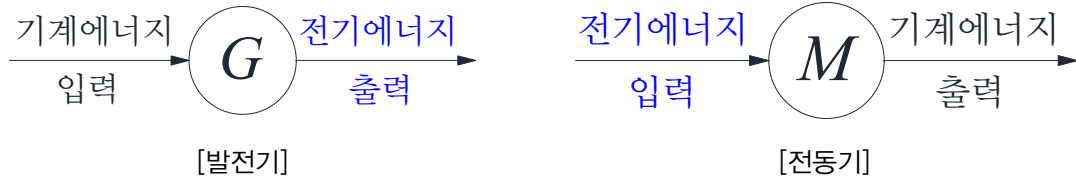
10 [직류기] 효율

- 효율 : 입력에 대한 출력의 비를 백분율로 나타낸 것

1) 실측 효율 : 실제 부하를 연결하여 입·출력을 측정하여 계산

$$\bullet \eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 [\%]$$

2) 규약 효율 : 전기에너지를 기준으로 각 손실을 측정하여 계산



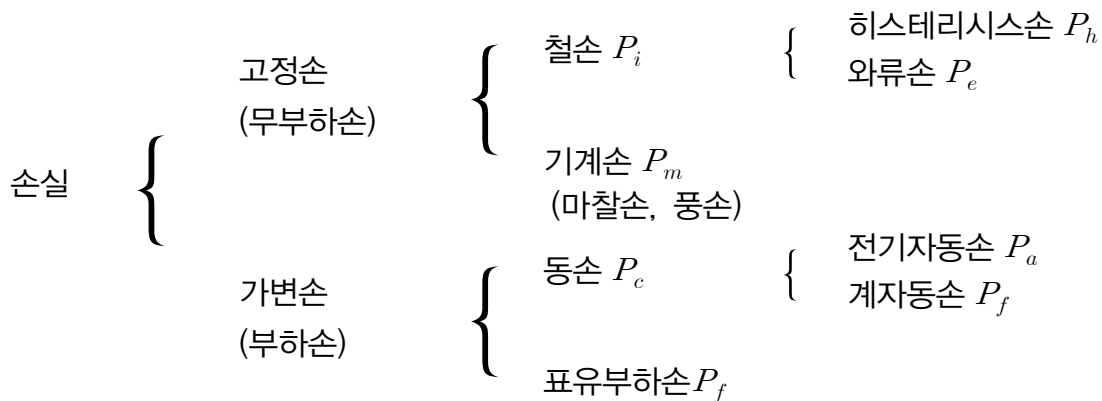
(1) 발전기 규약효율

$$\bullet \eta_G = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100[\%]$$

(2) 전동기 규약효율

$$\bullet \eta_M = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100[\%]$$

3) 손실



(1) 고정손(무부하손)

- ① 부하에 관계없이 항상 일정한 손실
- ② 고정손 = 철손(P_i) + 기계손(P_m)

(2) 가변손(부하손)

- ① 부하에 따라 변화하는 손실
- ② 가변손 = 동손(P_c) + 표유부하손(P_f)

4) 최대효율 조건(고정손 = 가변손)

(1) 부하율이 100[%] 일 때

$$\bullet P_i = P_c$$

(2) 부하율이 m일 때

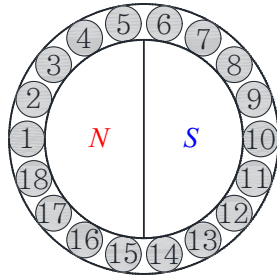
$$\bullet P_i = m^2 P_c$$

$$\bullet m = \sqrt{\frac{P_i}{P_c}}$$

Cheatkey

11 [동기기] 구조 및 원리

1. 용어



- ① 총 슬롯 수 = 18 개
- ② 극수 $p = 2$ 극
- ③ 상수 $m = 3$ 상
- ④ 매극 매상의 슬롯수(q)

$$q = \frac{\text{총 슬롯 수}}{\text{극수} \times \text{상수}}$$

2. 원리(회전 계자형)

- 계자에 직류전원을 인가한 후 계자를 원동기를 통해 회전 시키면 전기자 권선은 자속을 낚으며 3상 교류 기전력이 유기된다.

3. 동기속도 N_s

- ① 동기 발전기의 회전수로 회전자계와 동일한 속도이다.

$$\textcircled{2} N_s = \frac{120}{p} f [\text{rpm}]$$

4. 유기기전력 $E = 4.44 f N \phi_m$

Cheatkey

12 [동기기] 전기자 권선법

1. 집중권과 분포권

1) 집중권과 분포권



[집중권]



[분포권]

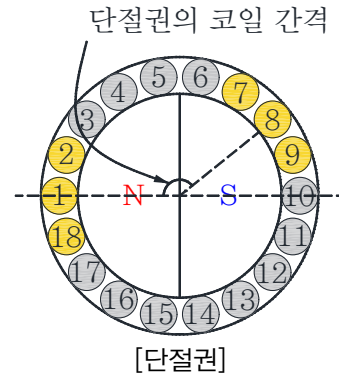
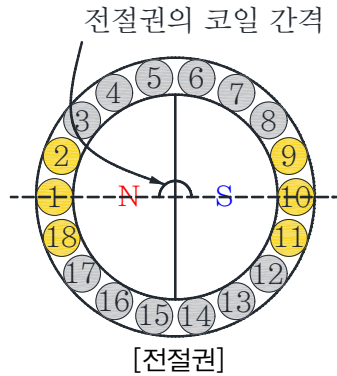
- ① 집중권 : 매극 매상의 코일을 1개의 슬롯에 집중
- ② 분포권 : 매극 매상의 코일을 2개 이상의 슬롯에 분산

2) 분포권 계수(K_d)

$$\bullet K_d = \frac{\text{분포권의 합성기전력}}{\text{집중권의 합성기전력}} = \frac{\sin \frac{\pi}{2m}}{q \sin \frac{\pi}{2mq}}$$

2. 전절권과 단절권

1) 전절권과 단절권



- ① 전절권 : 코일간격이 극간격과 같은 것
- ② 단절권 : 코일간격이 극간격보다 작은 것

2) 단절권 계수(K_p)

- ① $K_p = \frac{\text{단절권의 합성기전력}}{\text{전절권의 합성기전력}} = \sin \frac{\beta\pi}{2}$
- ② 단절 비율 $\beta = \frac{\text{코일 간격}}{\text{극 간격}} = \frac{\text{코일 간격}}{\text{전 슬롯수}} \times \text{극수}$

3. 권선계수

- ① 권선계수 : $K_w = K_d \times K_p$
- ② 유기기전력 : $E = 4.44fN\phi_m K_w$

4. 동기기에 주로 사용되는 전기자 권선법

- 이층권, 중권, 분포권, 단절권 → (우리나라는 2중분단 국가이다.)

Cheatkey

13 [동기기] 동기 발전기의 출력

1. 비돌극(원통) 형

① 단상 : $P = \frac{EV}{x_s} \sin \delta [\text{W}]$

② 3상 : $P = 3 \frac{EV}{x_s} \sin \delta [\text{W}]$

- ③ $\delta = 90^\circ$ 에서 최대 출력을 발생

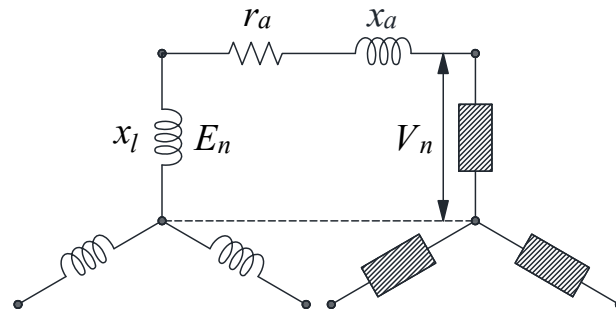
E : 유기기전력 V : 단자전압

δ : 부하각(E 와 V 의 상차각)

Cheatkey

14 [동기기] 동기 임피던스

1. 동기 발전기의 등가회로

1) 전기자 권선 저항 : r_a 2) 동기 리액턴스 : $x_s = x_l + x_a$ ① 전기자 누설 리액턴스 : x_l ② 전기자 반작용 리액턴스 : x_a

3) 동기 임피던스

$$\bullet Z_s = r + jx_s = r + j(x_a + x_l) = \sqrt{r^2 + (x_a + x_l)^2}$$

2. %동기 임피던스

■ 정격 상전압(E)에 대한 임피던스 강하($I_n Z_s$)의 비

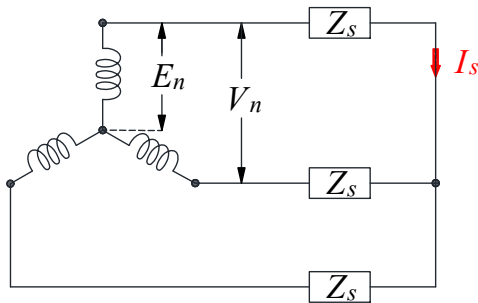
$$\textcircled{1} \%Z_s = \frac{I_n Z_s}{E_n} \times 100 [\%]$$

$$\textcircled{2} \%Z_s = \frac{P Z_s}{10 V_n^2} [\%] \quad (\text{단, } V_n [\text{kV}], P [\text{kVA}])$$

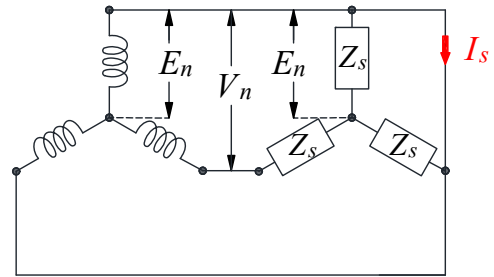
Cheatkey

15 [동기기] 단락

1. 단락



[3상 단락]



[3상 단락 등가회로]

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \text{ 동기 임피던스 : } Z_s &= \frac{E_n}{I_s} = \frac{V_n}{\sqrt{3} I_s} \\ \textcircled{2} \text{ 단락전류 : } I_s &= \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_s} = \frac{E_n}{Z_s} \doteq \frac{E_n}{x_s} \\ &= \frac{100}{\%Z_s} I_n [\text{A}] \end{aligned}$$

2. 단락비

1) 단락 전의 정격전류(I_n)와 단락전류(I_s)와의 비

$$2) \text{ 단락비 } K_s = \frac{I_s}{I_n} = \frac{100}{\%Z_s}$$

 E_n : 정격 상전압 V_n : 정격 단자 전압 = 선간전압 I_n : 정격 전류 I_s : 3상 단락 전류

3) 단락비가 클 때 동기기의 특성 (동전 3개가 효율이 안좋다.)

- ① 동기 임피던스가 작다.
- ② 전압 강하가 작다.
- ③ 전압 변동률이 작다.
- ④ 전기자 반작용이 작다.
- ⑤ 효율이 낮다.
- ⑥ 안정도가 좋다.

Cheatkey

16 [동기기] 전압변동률**1. 전기자 반작용 (C발증자)**

■ 부하시 전기자 자속이 주자속에 영향을 미치는 현상

- ① 감자 작용 : 주 자속 감소 → 단자전압 감소
- ② 증자 작용 : 주 자속 증가 → 단자전압 증가

C부하	발전기	증자
L부하	발전기	감자
C부하	전동기	감자
L부하	전동기	증자

2. 전압 변동률

$$\textcircled{1} \quad \varepsilon = \frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100[\%]$$

② 유도성(L) 부하 : $\varepsilon > 0$, $V_0 > V_n$

③ 용량성(C) 부하 : $\varepsilon < 0$, $V_0 < V_n$

Cheatkey

17 [동기기] 발전기의 병렬운전

■ 동기 발전기의 병렬운전 조건 (서울 그~위에는 파주가 있지)

1) 기전력의 크기가 같을 것

• A, B 2대의 동기 발전기 병렬운전 할 때, A발전기의 여자전류를 증가시키면 발생하는 현상

- ① A발전기의 유기전압이 상승한다.(무효회류 발생)
- ② A발전기에 90° 뒤진 전류가 흐른다.(B발전기 90° 앞섬)
- ③ A발전기의 역률이 나빠진다.

2) 기전력의 위상이 같을 것

• 기전력의 크기가 같은 A, B 두 동기발전기를 병렬운전 할 때, A발전기의 위상이 B보다 앞설 때 발생하는 현상

- ① 동기화 전류가 흐른다.
- ② 수수전력 및 동기화력이 발생한다.
- ③ 동손의 증가로 인한 과열의 원인이 된다.

3) 기전력의 파형이 같을 것

4) 기전력의 주파수가 같을 것

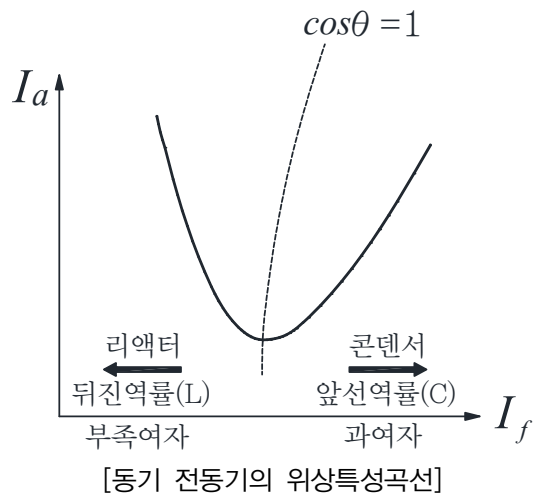
5) 3상일 경우 상회전이 같을 것

Cheatkey

18 [동기기] 곡선(위상특성곡선)

- P와 V를 일정하게 하고 계자전류(I_f)를 변화시킴에 따른 전기자전류(I_a)와의 관계를 나타낸 곡선

1) 동기 전동기의 위상특성곡선



- ① 과여자 시 콘덴서로 동작하며 앞선 전류가 흐른다.
- ② 부족여자 시 리액터로 동작하며 뒤진 전류가 흐른다.

2) 동기조상기

- ① 동기 전동기의 위상특성을 이용하여 역률을 조정
- ② 역률이 가장 좋은 전동기 → 동기전동기

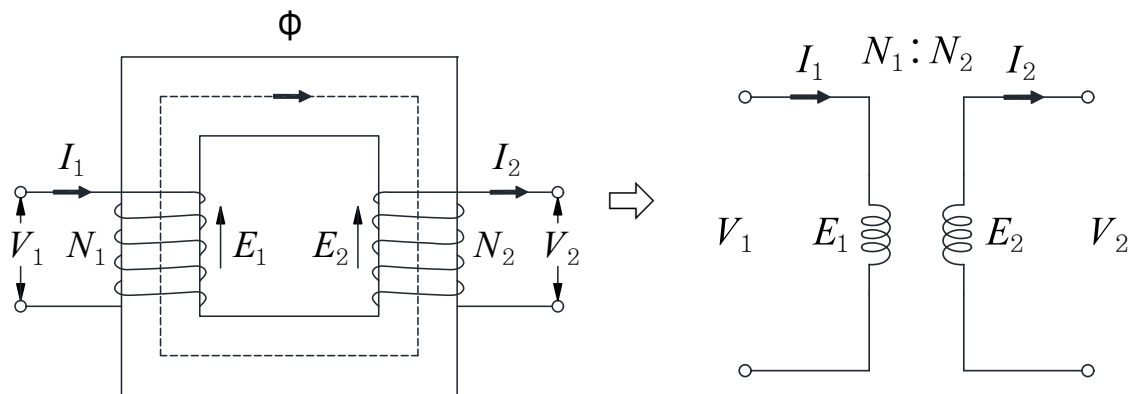
3) 동기 발전기의 위상특성곡선

- 동기 발전기의 위상특성곡선은 전동기와 반대이다.

Cheatkey

19 [변압기] 구조 및 원리

1. 이상변압기



$$\blacksquare a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$$

2. 유기기전력

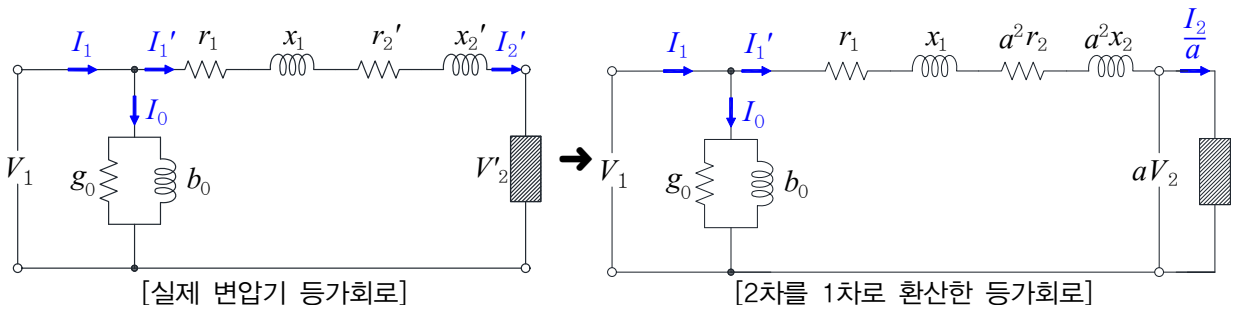
$$\textcircled{1} E = 4.44fN\phi_m [\text{V}]$$

$$\textcircled{2} \phi = BS [\text{Wb}]$$

Cheatkey

20 [변압기] 환산 등가회로

1. 변압기 등가회로



2. 권수비에 따른 환산

1) 2차를 1차로 환산하는 경우

$$\bullet V_2' = a V_2 \quad \bullet I_2' = \frac{1}{a} I_2 \quad \bullet Z_2' = a^2 Z_2$$

2) 1차를 2차로 환산하는 경우

$$\bullet V_1' = \frac{1}{a} V_1 \quad \bullet I_1' = a I_1 \quad \bullet Z_1' = \frac{1}{a^2} Z_1$$

3. 변압기 임피던스 환산

1) 2차를 1차로 환산한 회로의 전체 임피던스

$$\bullet Z_{12} = Z_1 + Z_2' = (r_1 + jx_1) + a^2(r_2 + jx_2) \\ = r_{12} + jx_{12}$$

2) 1차를 2차로 환산한 회로의 전체 임피던스

$$\bullet Z_{21} = Z_1' + Z_2 = \frac{1}{a^2}(r_1 + jx_1) + (r_2 + jx_2) \\ = r_{21} + jx_{21}$$

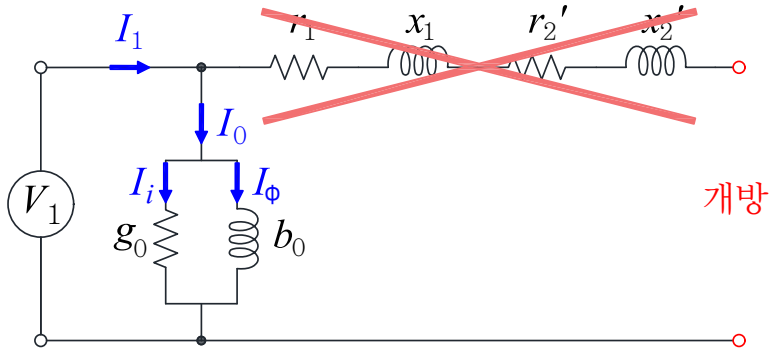
4. 변압기 등가회로 구성에 필요한 시험

- ① 무부하시험
- ② 단락시험
- ③ 권선저항 측정

Cheatkey

21 [변압기] 무부하 시험(개방 시험)

- 변압기 2차측을 개방하고 정격전압을 인가하는 시험



1) 여자 어드미턴스

- ① 여자 컨덕턴스 : g_0 (철심의 저항)
- ② 여자 서셉턴스 : b_0 (코일의 리액턴스)
- ③ 여자 어드미턴스 : $Y_0 = g_0 - jb = \sqrt{g_0^2 + b_0^2}$

2) 여자전류 = 무부하전류

- ① 철손전류 : I_i (철심 내에서 철손을 발생시키는 전류)
- ② 자화전류 : I_ϕ (철심 내에서 자속을 발생시키는 전류)
- ③ 여자전류 : $I_1 = I_0 = \dot{I}_i + \dot{I}_\phi = \sqrt{I_i^2 + I_\phi^2}$

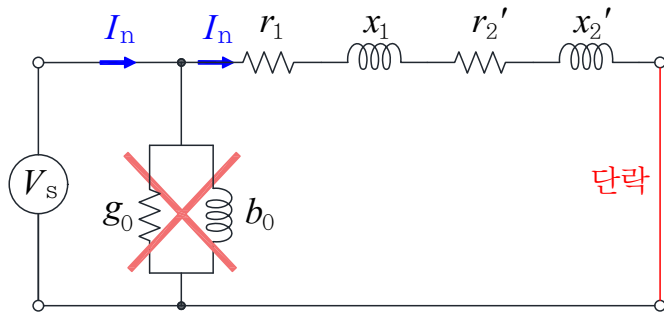
3) 무부하(개방) 시험을 통해 구할 수 있는 것

- ① 무부하 전류
- ② 철손전류
- ③ 자화전류
- ④ 철손
- ⑤ 여자 어드미턴스
- ⑥ 여자 임피던스

Cheatkey

22 [변압기] 단락 시험

- 변압기 2차측을 단락하고 1차 정격전류를 흘려주는 시험

1) 임피던스 전압(V_s)

- ① 1차측에 정격전류(I_n)가 흐르도록 1차측에 인가하는 전압
- ② 1차 정격전류가 흐를 때 변압기 내의 임피던스 강하
- ③ $V_s = I_n Z [V]$

2) 임피던스 와트(P_s)

- ① 1차측에 정격전류(I_n)가 흐를 때 변압기 내에서 발생하는 동손
- ② $P_s = I_n^2 r [W]$

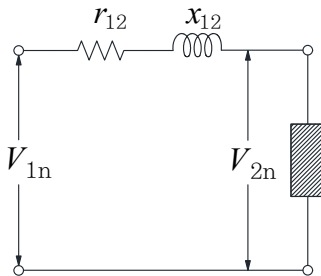
3) 단락시험을 통해 구할 수 있는 것

- ① 임피던스 전압 = 전압강하
- ② 임피던스 와트 = 동손
- ③ 전압변동률

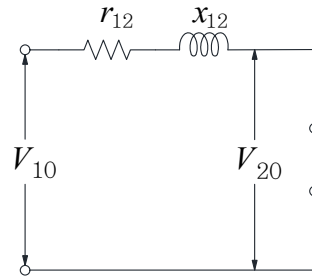
Cheatkey

23

[변압기] 전압변동률



[부하 시]



[무부하 시]

1) 전압변동률 1

$$\bullet \varepsilon = \frac{V_{20} - V_{2n}}{V_{2n}} \times 100$$

(1) 지상(L) 부하 시 : +

(2) 진상(C) 부하 시 : -

2) 전압변동률 2

$$\bullet \varepsilon = p \cos \theta \pm q \sin \theta$$

 ε : 전압 변동률 V_{1n} : 1차 정격 단자전압 V_{2n} : 2차 정격 단자전압 V_{10} : 1차 무부하 단자전압 V_{20} : 2차 무부하 단자전압 p : %저항 강하 q : %리액턴스 강하 $\cos \theta$: 역률 $\sin \theta$: 무효율

Cheatkey

24 [변압기] %임피던스 강하**1. %저항 강하**

$$\blacksquare p = \%r = \frac{I_{2n} r_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{P r_{21}}{10 V_{2n}^2} [\%]$$

2. %리액턴스 강하

$$\blacksquare q = \%x = \frac{I_{2n} x_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{P x_{21}}{10 V_{2n}^2} [\%]$$

3. %임피던스 강하

$$\blacksquare \%Z = \frac{I_{2n} Z_{21}}{V_{2n}} \times 100 = \frac{P Z_{21}}{10 V_{2n}^2} [\%]$$

4. 단락

$$\textcircled{1} \text{ 단락전류} : I_s = \frac{100}{\%Z} \times I_n$$

$$\textcircled{2} \text{ 단락용량} : P_s = \frac{100}{\%Z} \times P_n$$

5. 전압변동률**1) 역률 1일 때의 전압 변동률**

$$\bullet \varepsilon = p \text{ (전압변동률} = \% \text{저항 강하)}$$

2) 최대 전압변동률

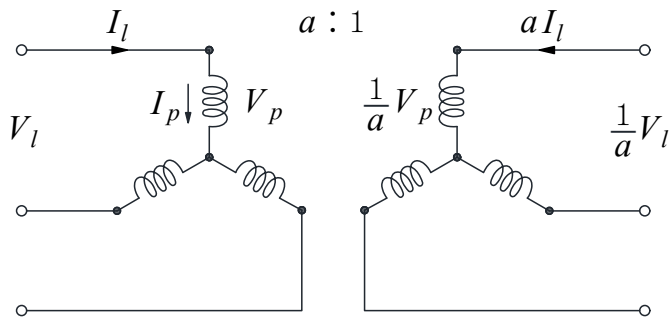
$$\bullet \varepsilon_{\max} = \sqrt{p^2 + q^2}$$

Cheatkey

25 [변압기] 3상 결선

1. Y-Y결선, Δ-Δ결선

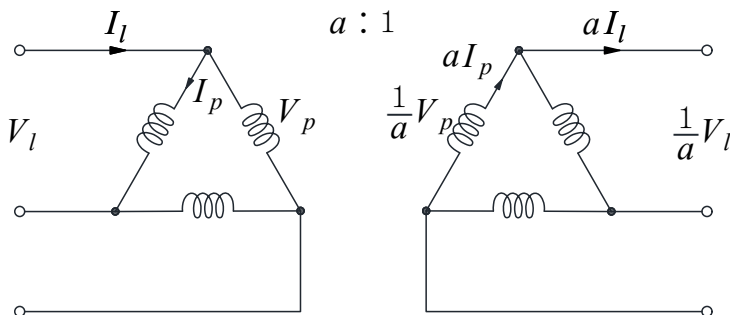
1) Y-Y결선



① $I_l = I_p$

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

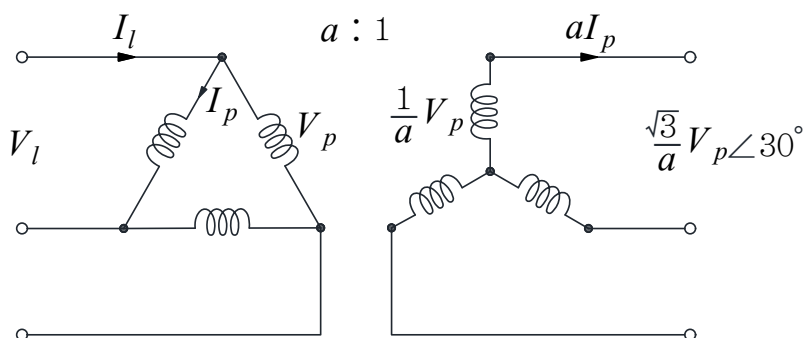
2) Δ-Δ 결선



① $V_l = V_p$

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

2. Δ-Y결선(Y-Δ 결선)

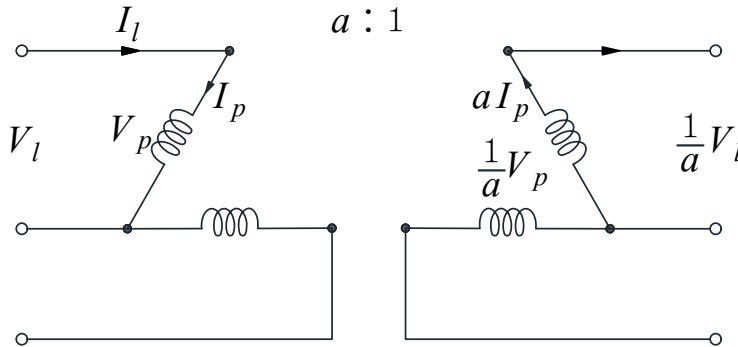


※ 3상 변압기군의 병렬운전에서 홀수 조합으로 이루어지면, 위상차가 발생하여 운전이 불가능

ex) 'Y-Y & Y-Δ', 'Δ-Δ & Δ-Y' 조합으로 병렬운전 불가능

3. V-V 결선

- Δ 결선 운전 중 한 상이 고장났을 때 변압기 2대로 3상을 공급



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) 이용

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

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

26 [변압기] 병렬운전

1. 조건

- ① 극성이 같을 것
- ② 1, 2차 정격전압 (권수비)가 같을 것
- ③ %임피던스 강하가 같을 것
- ④ 내부 저항과 누설리액턴스 비가 같을 것

→ 이것 참 **걱정이네..** (극정임네)

2. 부하 분담

$$\blacksquare \frac{P_a}{P_b} = \frac{I_a}{I_b} = \frac{P_A}{P_B} \times \frac{\%Z_b}{\%Z_a}$$

【연습문제】

3300/220[V] 변압기A, B의 정격용량이 각각 400[kVA], 300[kVA]이고, %임피던스 강하가 각각 2.4[%], 3.6[%]일 때 그 2대의 변압기에 걸 수 있는 합성부하용량은 몇 [kVA]인가?

【풀이】

$$P_A = 400 \text{ [kVA]}, P_B = 300 \text{ [kVA]}, \%Z_a = 2.4 \text{ [%]}, \%Z_b = 3.6 \text{ [%]}$$

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{P_A}{P_B} \times \frac{\%Z_b}{\%Z_a} = \frac{400}{300} \times \frac{3.6}{2.4} = 2, P_a = 2P_b \text{ 이다.}$$

즉, A변압기가 B변압기보다 2배 더 부하를 분담해야 한다.

이 때 A변압기의 최대 공급 가능 용량이 400[kVA]이므로 $P_a = 400 = 2P_b$, $P_b = 200 \text{ [kVA]}$

∴ $P_a + P_b = 600 \text{ [kVA]}$ 가 된다.

Cheatkey

27 [변압기] 손실과 효율

손실	{	고정손 (무부하손)	{	철손 P_i	{	히스테리시스손 P_h
						와류손 P_e
				기계손 P_m (마찰손, 풍손) → 없음		
	{	가변손 (부하손)	{	동손 P_c		
				표유부하손 P_f		

1. 손실

1) 철손(고정손)

$$\textcircled{1} \text{ 히스테리시스손 : } P_h = kfB_m^2 = k\frac{V^2}{f}$$

$$\textcircled{2} \text{ 와류손 : } P_e = k(tfB_m)^2 = kt^2V^2$$

 k : 철심 재료 상수 f : 주파수 B_m : 최대 자속밀도 t : 철심의 두께

2) 동손(부하손)

$$\bullet \text{ 동손 : } P_c = I^2r$$

2. 효율

1) 실측효율

$$\bullet \eta = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100[\%]$$

2) 규약효율

$$\begin{aligned} \bullet \eta &= \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{전체손실(철손 + 동손)}} \times 100[\%] \\ &= \frac{P}{P + P_i + P_c} = \frac{V_{2n}I_{2n}\cos\theta}{V_{2n}I_{2n}\cos\theta + P_i + P_c} \times 100[\%] \end{aligned}$$

3) $\frac{1}{m}$ 부하 운전 효율

$$\bullet \eta_{\frac{1}{m}} = \frac{\frac{1}{m} V_{2n}I_{2n}\cos\theta}{\frac{1}{m} V_{2n}I_{2n}\cos\theta + P_i + \left(\frac{1}{m}\right)^2 P_c} \times 100[\%]$$

4. n시간 운전 효율

$$\blacksquare \eta_n = \frac{nP}{nP + 24P_i + nP_c} \times 100 [\%]$$

5. 최대 효율 조건

$$\textcircled{1} \text{ 전부하}(m=1) \text{ 시} : P_i = P_c$$

$$\textcircled{2} m\text{부하 시} : P_i = m^2 P_c, m = \sqrt{\frac{P_i}{P_c}}$$

부하율을 m 이라 표현하는 경우도 있고, $\frac{1}{m}$ 이라 표현하는 경우도 있습니다.

여기서 m 과 $\frac{1}{m}$ 은 서로 역수를 뜻하지 않으며 부하율이 1보다 작음을 나타냅니다.

두 기호는 서로 동일한 의미와 값을 가집니다.

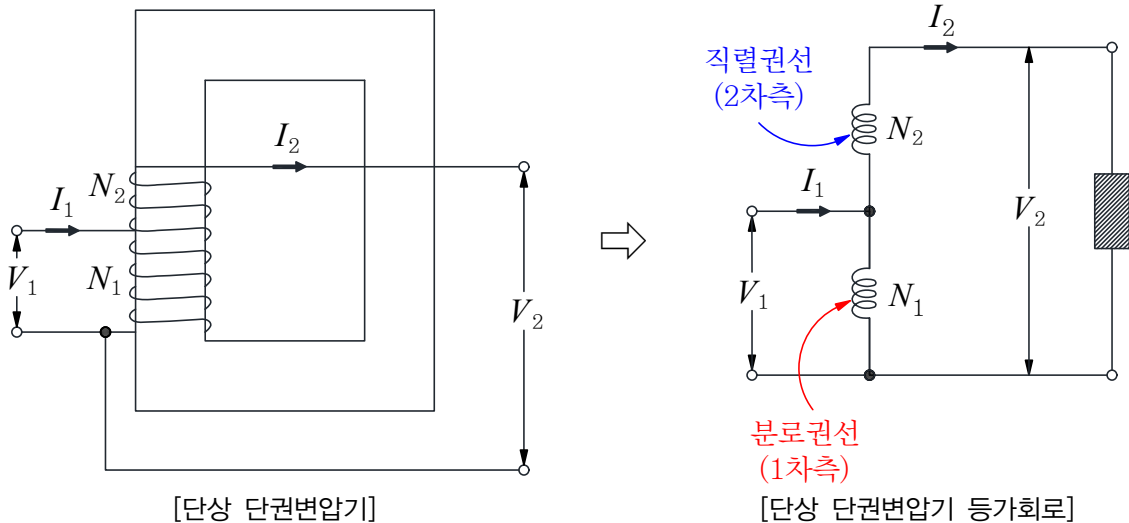
즉, 수학적인 연산이 아니라 부하율을 표현하는 두 가지 방법입니다.

Cheatkey

28 [변압기] 단권 변압기

- 1차 권선과 2차 권선이 독립되어 있지 않고 권선의 일부를 공통으로 하고있는 변압기이다. 주로 승압기로 사용된다.

1) 단상 단권 변압기



- ① 고압측 전압 : $V_h = V_2$
- ② 저압측 전압 : $V_l = V_1$
- ③ $\frac{\text{자기용량}}{\text{부하용량}} = \frac{V_h - V_l}{V_h} = \frac{\text{승압전압}}{\text{고압측전압}} \rightarrow (\text{부자고승})$

2) 3상 단권 변압기

• Y결선 : $\frac{\text{자기용량}}{\text{부하용량}} = \frac{V_h - V_l}{V_h} = \frac{\text{승압전압}}{\text{고압측전압}}$

Cheatkey

29 [변압기] 보호 계전기

1. 변압기 내부고장 검출 (변압기 고치로 부산으로 온나~ 차비는 내줄게~)

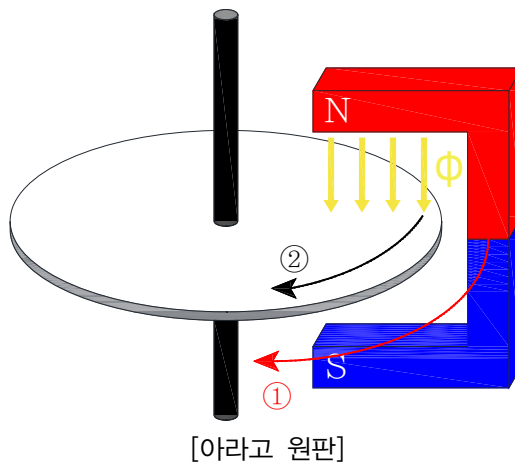
- ① 부흐홀츠 계전기 → 가스와 압력등에 의해 동작
- ② 온도계전기
- ③ 차동 계전기
- ④ 비율차동계전기 → 변압기 상간 단락 보호

Cheatkey

30 [유도기] 구조 및 원리

1. 유도전동기의 원리

- 동 또는 알루미늄으로 만든 원판의 중심을 축으로 지지하고 아래와 같이 자석을 급속히 회전시키면 원판이 자석과 같은 방향으로 회전한다. 이때 원판의 회전속도는 자석의 회전속도보다 느리다.



- ① 고정자 : 3상 전원을 입력하여 회전자계를 발생시킴
- ② 회전자 : 회전자계를 따라 회전

2. 속도와 슬립

- 1) 고정자에 의한 회전자계의 속도(동기속도)

$$\bullet N_s = \frac{120}{p} f [\text{rpm}]$$

- 2) 회전자 회전속도(전동기 회전 속도)

$$\bullet N = (1 - s) N_s$$

- 3) 슬립(s) : 회전자계의 속도(N_s)와 실제 회전속도(N)의 차이의 비율

$$\textcircled{1} s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

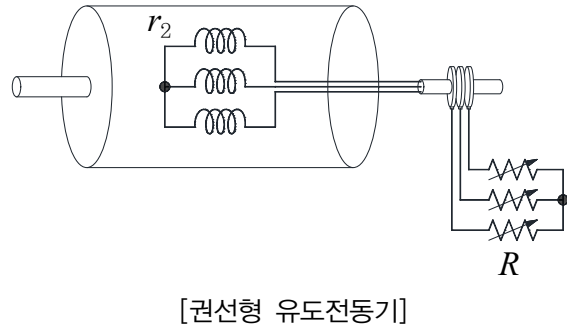
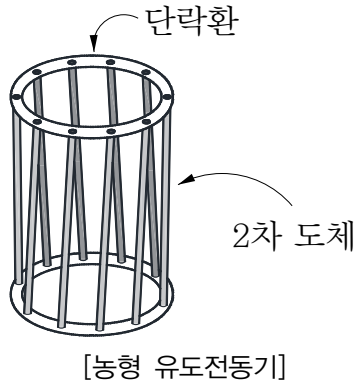
- ② 전동기 슬립의 범위 : $0 < s < 1$ (발 : $s < 0$)

- 정지시(기동시) 슬립 $s = 1$

- ③ 유도 전동기로 동기 전동기를 기동하는 경우

- 같은 극수일 경우 유도기는 동기속도보다 sN_s 만큼 느므로 유도 전동기의 극수는 동기 전동기의 극수보다 2극 적은 것을 사용한다.

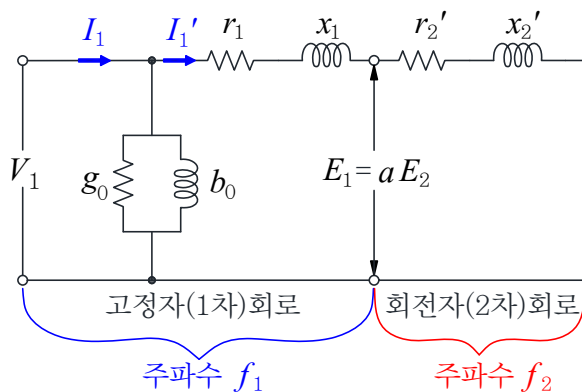
3. 회전자의 종류(농형, 권선형)



- ① 농형 유도 전동기 → 소형 및 중형 전동기에 사용
- ② 권선형 유도 전동기 → 중형 및 대형 전동기에 사용

Cheatkey

31 [유도기] 권선형 유도전동기 등가회로

1. 정지 시(기동 시 $s = 1$)

1) 정지 시 주파수

- 1차 주파수(f_1) = 2차 주파수(f_2)

2) 정지 시 유도기전력

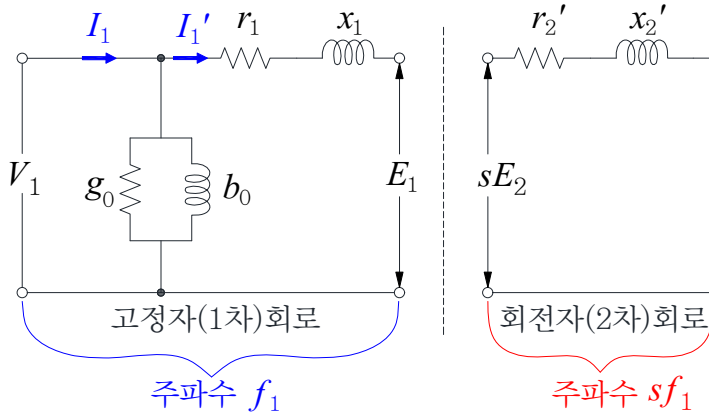
- ① 1차 $E_1 = 4.44K_{\omega 1}f_1N_1\phi_1$
- ② 2차 $E_2 = 4.44K_{\omega 2}f_2N_2\phi_2$

3) 정지 시 권수비 $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{K_{\omega 1}N_1}{K_{\omega 2}N_2}$

※2차측 유기기전력은 aE_2 가 맞습니다. 교재에 수록된 내용으로 학습해주세요.

f_1 : 정지 시 1차 주파수	f_2 : 정지 시 2차 주파수
E_1 : 정지 시 1차 유도기전력	E_2 : 정지 시 2차 유도기전력
$K_{\omega 1}$: 1차 권선 계수	$K_{\omega 2}$: 2차 권선 계수

2. 운전 시(부하 시)



1) 운전 시 주파수

- ① 1차 f_1
- ② 2차 $sf_1 = sf_2 = f_{2s}$
- ③ 슬립 : $s = \frac{f_{2s}}{f_2} = \frac{f_{2s}}{f_1}$

2) 운전 시 유도기전력

- ① 1차 $E_1 = 4.44K_{\omega 1}f_1N_1\phi_1$
- ② 2차 $sE_2 = E_{2s} = 4.44K_{\omega 2}sf_2N_2\phi_2$
- ③ 슬립 : $s = \frac{E_{2s}}{E_2}$

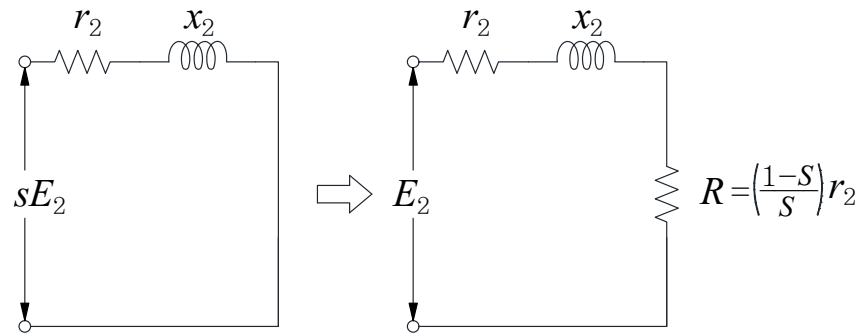
3) 회전 시 권수비

$$\bullet \frac{E_1}{E_{2s}} = \frac{K_{\omega 1}N_1}{sK_{\omega 2}N_2} = \frac{a}{s}$$

Cheatkey

32

[유도기] 권선형 유도전동기 전력변환

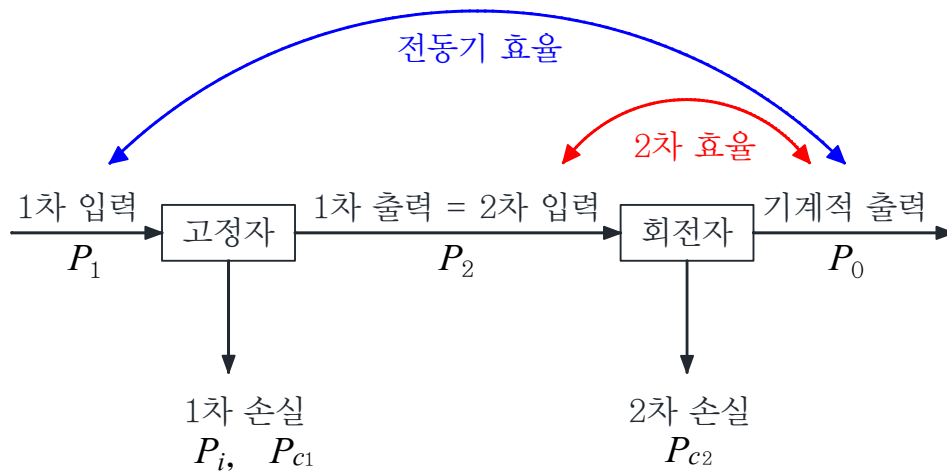


[운전 시 2차측 등가회로]

1. 외부 저항

- 기계적 출력을 대표하는 상수 : $R = \left(\frac{1-s}{s}\right)r_2 = \left(\frac{1}{s} - 1\right)r_2$

2. 출력

1) 기계적 출력(P_0)

$$\bullet P_0 = I^2 R = I^2 \left(\frac{1-s}{s}\right) r_2$$

2) 2차 동손(P_{c2})

$$\bullet P_{c2} = I^2 r_2$$

3) 2차 입력 ($P_2 = P_{\text{c2}} + P_0$) → '3)2차입력' = '2)2차 동손' + '1)기계적 출력'

$$\bullet P_2 = I^2 r_2 + \left(\frac{1-s}{s} \right) I^2 r_2 = \left(\frac{1}{s} \right) I^2 r_2$$

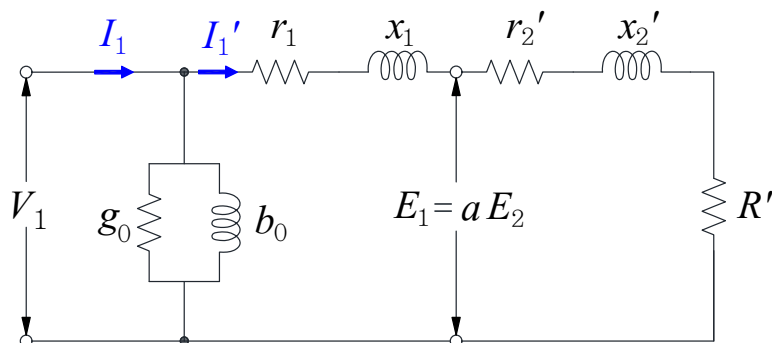
2차 입력(P_2)	:	2차 동손(P_{c2})	:	기계적 출력(P_0)
$\left(\frac{1}{s} \right) I^2 r_2$	:	$I^2 r_2$	:	$\left(\frac{1-s}{s} \right) I^2 r_2$
P_2	:	$s P_2$	:	$(1-s) P_2$
1	:	s	:	$1-s$
동기속도(N_s)	:	상대속도	:	속도(N)
N_s	:	$s N_s$	:	$(1-s) N_s$
1	:	s	:	$1-s$

3. 효율

① 전동기 효율 : $\eta = \frac{P_0}{P_1} \times 100 [\%]$

② 2차 효율 : $\eta_2 = \frac{P_0}{P_2} = \frac{N}{N_s} = 1-s$

4. 권선형 유도전동기 운전 시 등가회로



Cheatkey

33 [유도기] 토크 특성**1. 유도전동기의 토크**

1) 토크 공식

$$\begin{aligned} \bullet T &= 9.55 \frac{P_2}{N_s} = 9.55 \frac{P_0}{N} [\text{N}\cdot\text{m}] \\ &= 0.975 \frac{P_2}{N_s} = 0.975 \frac{P_0}{N} [\text{kg}\cdot\text{m}] \end{aligned}$$

2) 토크와 전압의 비례관계

$$\bullet T \propto V^2$$

2. 최대토크① 최대토크의 크기는 2차저항 r_2 및 슬립에 관계없이 항상 일정

② 기동시 최대토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항

$$\bullet R = \frac{1-s_t}{s_t} r_2$$

3. 비례추이

- 권선형 유도전동기의 2차 저항을 이용하여 기동토크와 속도를 제어한다.

Cheatkey

34 [유도기] 기동방법**1. 농형 유도전동기의 기동법** (이전 농협은행 전화기야~) → (리콘 농협은행 전화기야~)

- ① 전전압 기동법(직입기동)
- ② Y-Δ기동법
- ③ 리액터 기동법
- ④ 기동 보상기법
- ⑤ 콘도르퍼법

2. 권선형 유도전동기의 기동법

- ① 2차 저항 기동법(비례추이)

Cheatkey

35 [유도기] 속도제어

1. 농형 유도전동기의 속도제어

$$\blacksquare N = (1-s)N_s = (1-s) \frac{120}{p} f [\text{rpm}]$$

- ① 극수 변환법(p)
- ② 주파수 제어법(f)
- ③ 전압 제어법($s \propto \frac{1}{V^2}$)

※ VVVF(variable voltage variable frequency)는 가변전압 가변주파수 전원공급장치로 농형 유도전동기의 속도제어에 적합한 장치이다.

2. 권선형 유도전동기의 속도제어

- ① 2차 저항 제어법(비례추이)
- ② 2차 여자법

※ 2차 회로에 2차 주파수와 같은 주파수의 전압(E_c)을 인가하여 속도를 제어

- ③ 종속 접속 속도 제어법

직렬 가동 종속법	직렬 차동 종속법	병렬 종속법
$N = \frac{120}{p_1 + p_2} f$	$N = \frac{120}{p_1 - p_2} f$	$N = \frac{2 \times 120}{p_1 + p_2} f$

Cheatkey

36 [유도기] 단상 유도전동기

1. 종류

- ① 반발 기동형
- ② 콘덴서 기동형
- ③ 분상 기동형
- ④ 셰이딩 코일형

※ 기동 토크의 크기(반콘분세)

반발 > 콘덴서 > 분상 > 셰이딩

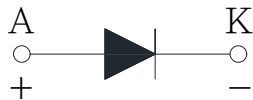
2. 역회전

- ① 반발 기동형 → 브러시 위치 이동
- ② 콘덴서 기동형 → 권선 접속 반대로
- ③ 분상 기동형 → 권선 접속 반대로
- ④ 셰이딩 코일형 → 역회전 불가능

Cheatkey

37 [정류기] 전력용 반도체 소자**1. 다이오드**

- 전압을 일정한 방향으로 인가했을 때만 전류가 흐르는 2단자 반도체 소자로 애노드에 '+', 캐소드에 '-' 전압이 인가될 때 전류가 흐른다.(도통상태)



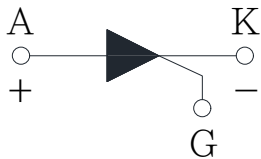
① A : 애노드 (+)

② K : 캐소드 (-)

2. SCR 사이리스터

1) SCR 사이리스터 (silicon controlled rectifier)

- 다이오드와 형태가 비슷하지만 게이트 단자가 있으며, 게이트 단자에 전류를 인가하여 ON, OFF를 조절할 수 있다.



① A : 애노드 (+)

② K : 캐소드 (-)

③ G : 게이트

2) SCR의 특징

- ① 역저지 3단자 사이리스터
- ② 직류와 교류 모두 제어 가능하다.
- ③ 전류가 흐르고 있을 때의 양극 전압강하가 작다.

3) SCR turn on 조건

- ① 게이트에 '+'의 특성을 갖는 펄스(게이트전류)를 인가한다.

4) SCR turn off 조건

- ① 애노드의 극성을 0 또는 부(-)로 한다.
- ② 전원 전압의 극성을 반대로 한다.

3. 기타 사이리스터

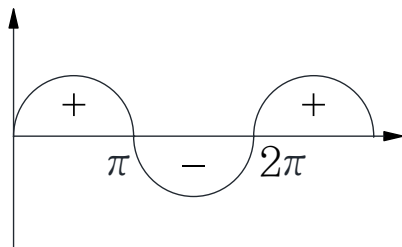
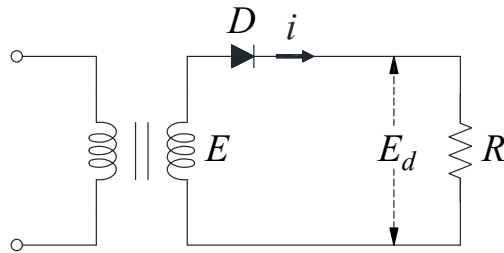
- ① TRIAC : 2방향성 3단자 사이리스터
- ② SCS : 4단자 사이리스터

→ Q. 3단자 사이리스터가 아닌 것은? A. SCS

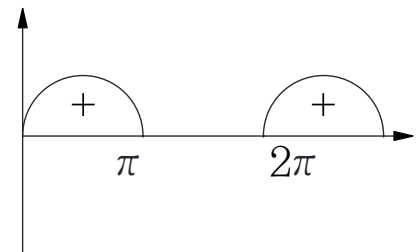
Cheatkey

38 [정류기] 다이오드 정류회로

1. 단상 반파 정류회로



[입력파형]



[출력파형]

1) 전압 평균값(직류출력)

$$\bullet E_d = \frac{E_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E = 0.45 E$$

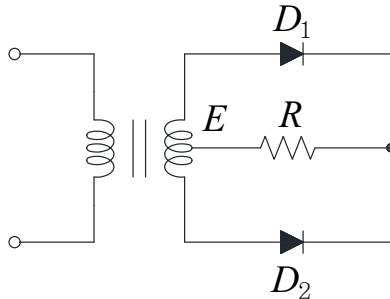
2) PIV(첨두역전압)

$$\bullet \text{PIV} = \sqrt{2} E = \pi E_d$$

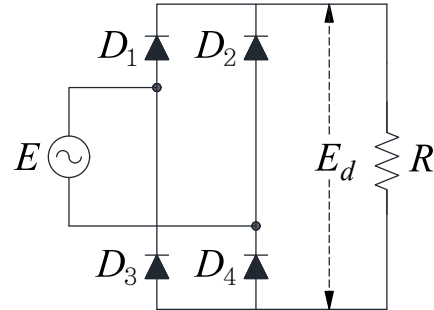
3) 맥동률

$$\bullet \text{맥동률} = \frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} \times 100 \approx 121 [\%]$$

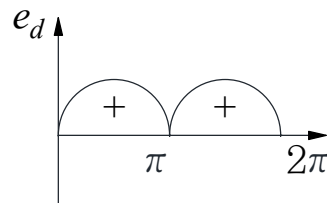
2. 단상 전파 정류회로



[a. 다이오드 2개]



[b. 다이오드 4개]



[출력파형]

1) 전압 평균값(직류출력)

$$\bullet E_d = \frac{2}{\pi} E_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E = 0.9E$$

2) PIV(첨두역전압)

$$\textcircled{1} \text{ 일반(다이오드 2개) : PIV} = 2\sqrt{2}E = \pi E_d$$

$$\textcircled{2} \text{ 브리지 정류(다이오드 4개) : PIV} = \sqrt{2}E = \frac{\pi}{2} E_d$$

3) 맥동률

$$\bullet \text{ 맥동률} = \frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} \times 100 \approx 48[\%]$$

3. 총정리

정류회로		직류출력(E_d)	맥동률(리플률)
단상	반파	$0.45E$	121[%]
	전파	$0.9E$	48.2[%]
3상	반파	$1.17E$	17[%]
	전파	$1.35V$	4[%]

※ E : 상전압, V : 선간전압

1) 다이오드의 직,병렬 연결

(1) 다이오드의 병렬 연결

- 과전류로 인한 다이오드 소손 방지

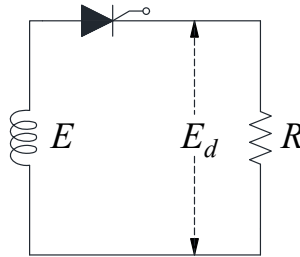
(2) 다이오드의 직렬 연결

- 과전압으로 인한 다이오드 소손 방지

Cheatkey

39 [정류기] SCR 사이리스터 위상제어

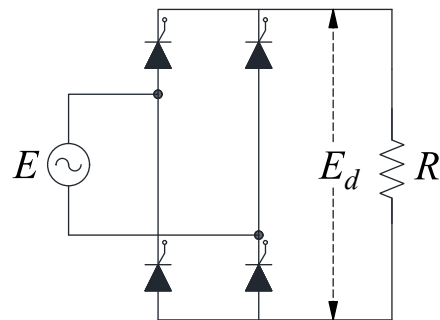
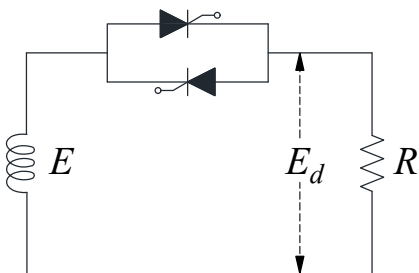
1. 단상 반파 정류회로



1) 전압 평균값(직류출력)

$$\bullet E_d = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) = 0.45 E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

2. 단상 전파 정류회로



1) 전압 평균값(직류출력)

$$\bullet E_d = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right) = 0.9 E \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

Cheatkey

40 [정류기] 단상 정류자 전동기**1. 종류****1) 단상 직권정류자 전동기**

- ① 직권형
- ② 보상직권형
- ③ 유도보상 직권형

2) 단상 반발 전동기

- ① 아트킨슨형
- ② 톰슨형
- ③ 데리형

2. 보상권선과 저항도선

■ 단상 직권 정류자 전동기에서 사용

- ① 보상권선 : 전기자 반작용 상쇄, 역률 개선
- ② 저항도선 : 변압기 기전력에 의한 단락전류 감소

Cheatkey

41 [정류기] 3상 정류자 전동기**1. 3상 분권 정류자 전동기**

■ 시라게 전동기

2. 중간 변압기

■ 사용 목적 : 회전속도 상승 억제

→ 빈출오답 : 누설 리액턴스 감소, 회전자 상수의 감소

Cheatkey

42 [특수기] 서보모터**1. 서보모터의 특징**

■ 직류 서보모터의 기동 토크 > 교류 서보모터의 기동 토크

2. 직류(DC) 서보모터의 제어 기능

- ① 전류 제어 기능
- ② 속도 제어 기능
- ③ 위치 제어 기능

Cheatkey

43 [특수기] 스텝모터**1. 스텝모터의 특징**

- ① 브러시가 없어 유지보수 및 신뢰성이 좋다.
- ② 각도 오차가 매우 적고 누적되지 않는다.
- ③ 기동·정지 특성이 좋다.
- ④ 회전속도는 주파수에 비례한다.

Cheatkey

44 [특수기] 고주파 발전기**1. 유도자형 발전기**

- ① 회전자에 유도자를 주로 사용하는 발전기
- ② 수백~수만[Hz] 정도의 고주파 발전기로 사용
- ③ 계자극과 전기자가 고정되어 있다.

memo

CHAPTER

05

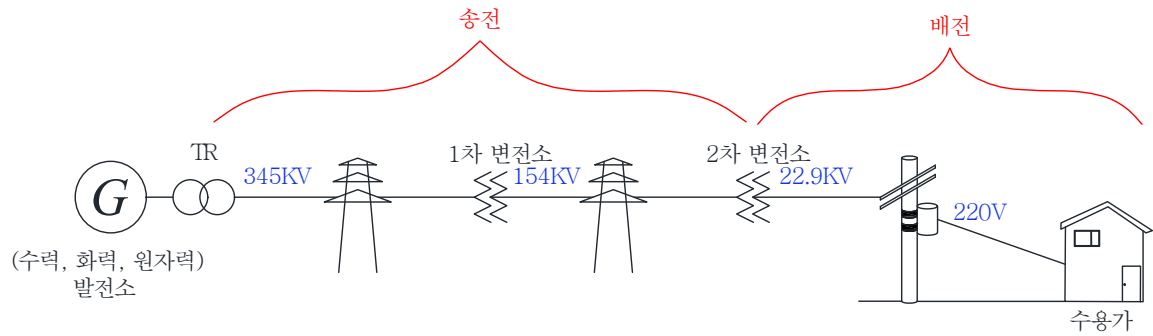
전력공학 치트키

PART 01	144	PART 07	162
1. 전선로의 구성		21. 안정도	
2. 전선의 길이		22. 이상전압	
3. 단도체와 복도체		23. 피뢰기	
4. 코로나 현상		24. 가공지선과 매설지선	
PART 02	148	PART 08	166
5. 선로정수 I. 인덕턴스		25. 보호계전방식 I.	
6. 선로정수 II. 정전용량		26. 보호계전방식 II. 검출부	
7. 충전전류와 충전용량		27. 보호계전방식 III. 판정부	
PART 03	152	28. 보호계전방식 IV. 동작부	
8. 단거리 송전선로		PART 09	169
9. 중거리 송전선로		29. 차단기 차단용량	
10. 장거리 송전선로		30. 단로기	
PART 04	155	31. 배전방식	
11. 역률		PART 10	171
12. 조상설비		32. 공급방식	
13. 전력용 콘덴서		33. 선로의 전력손실	
14. 리액터		PART 11	174
PART 05	158	34. 부하특성	
15. 고장		PART 12	176
16. 단락사고		35. 수력발전 I. 발전기 출력	
PART 06	159	36. 수력발전 II. 수차	
17. 무부하 발전기의 1선 지락		37. 수력발전 III. 댐	
18. 접지방식 I. 비접지		38. 화력발전 I. 열효율	
19. 접지방식 II. 직접접지		39. 화력발전 II. 발전설비	
20. 접지방식 III. 소호리액터접지		40. 타과목 치트키	

Cheatkey



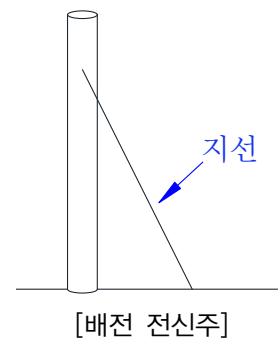
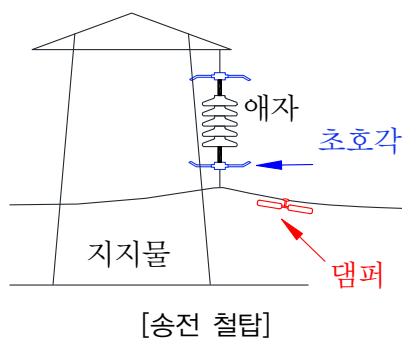
전력계통



Cheatkey

1

전선로의 구성



1. 지지물

2. 전선

3. 애자

- ① 전선을 지지물에 고정시키는 절연체
- ② 초호각 : 애자 보호 (초호, 소호, 아킹)

4. 댐퍼

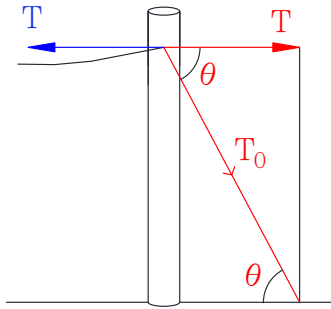
- 전선의 진동방지

5. 지지선(지선)

Cheatkey

2 전선의 길이

1. 지지선 장력

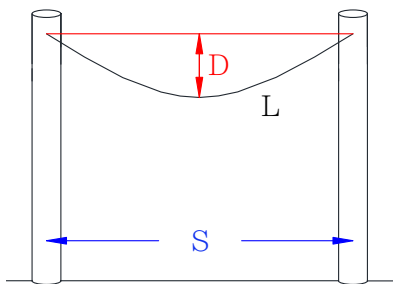


1) 전선의 수평장력

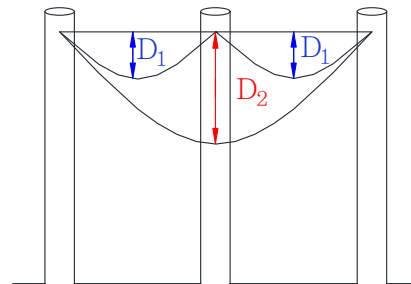
$$T = \frac{\text{인장하중}}{\text{안전율}} [\text{kg}]$$

2) 지지선의 장력

$$T_0 = \frac{T}{\cos \theta} [\text{kg}]$$



[전선로]



[중앙점이 풀어졌을 때]

2. 전선의 처짐정도(이도)

$$D = \frac{WS^2}{8T} [\text{m}]$$

3. 전선의 실제길이

1) 경간에 비해 늘어난 길이

$$L - S = \frac{8D^2}{3S} [\text{m}]$$

2) 전선의 실제 길이

$$L = S + \frac{8D^2}{3S} [\text{m}]$$

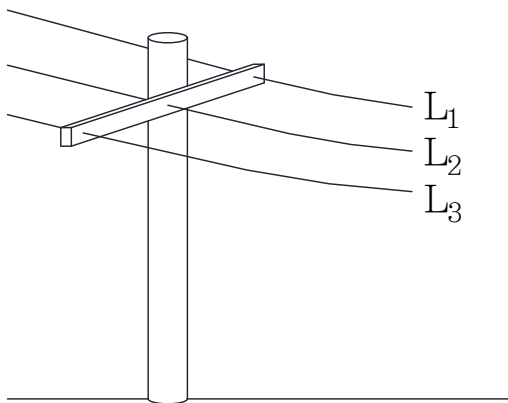
3) 중앙점이 풀어졌을 때

$$D_2 = 2D_1$$

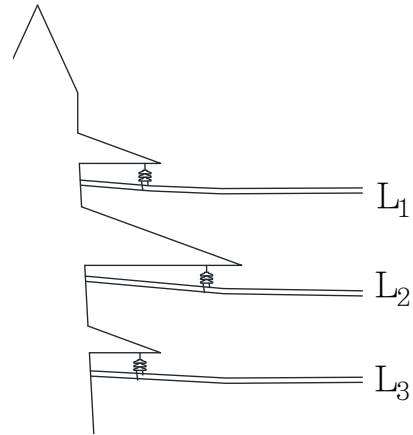
 T : 전선의 수평장력 T_0 : 지지선의 장력 D : 전선의 처짐정도(이도) W : 전선의 하중 S : 경간 L : 전선로의 실제길이

Cheatkey

3 단도체와 복도체



[배전선로의 단도체]



[송전선로의 복도체]

1. 단도체

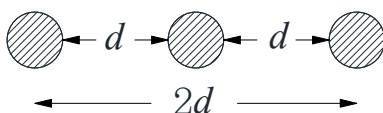
- 1상당 도체의 수가 1인 것

2. 복도체

- 1상당 연결된 도체의 수가 2 이상인 것

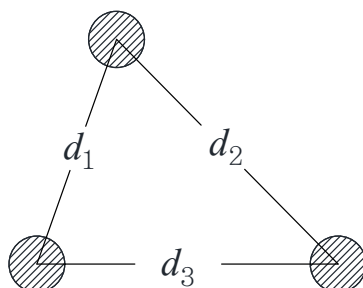
3. 등가선간거리

1) 수평배열



$$\bullet D = \sqrt[3]{d \times d \times 2d} = \sqrt[3]{2} d$$

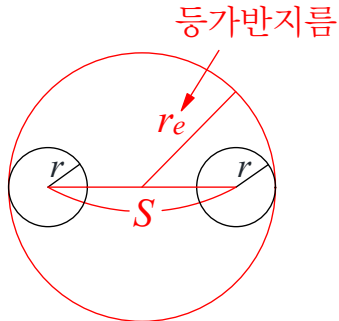
2) 삼각배열



$$\bullet D = \sqrt[3]{d_1 \times d_2 \times d_3}$$

$$(\text{정삼각배열} : D = \sqrt[3]{d^3} = d)$$

4. 복도체의 등가반지름



1) 등가반지름

$$\bullet r_e = \sqrt[n]{rs^{n-1}}$$

r : 소도체의 반지름[m]

r_e : 복도체의 등가 반지름[m]

S : 소도체 간격[m]

n : 소도체의 개수

Cheatkey

4

코로나 현상

1. 절연내력

1) 절연내력

- 절연상태를 유지할 수 있는 전압의 최대 한도

2) 아크

- 공기의 절연이 파괴되어 발생하는 전기적 불꽃

2. 코로나 임계전압

$$\blacksquare E_0 = 24.3m_0m_1\delta d \log_{10} \frac{D}{r} [\text{kV}]$$

E_0 : 코로나 임계전압

m_0 : 전선의 표면 상태 계수

m_1 : 날씨 계수

δ : 상대공기밀도

d : 도체 지름

r : (등가)반지름

D : 등가선간거리

3. 방지대책

- 지름이 큰 전선을 사용한다 → 복도체 사용

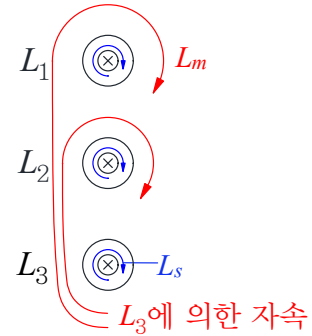
Cheatkey

5

선로정수 I. 인덕턴스

1. 작용인덕턴스

- ① 자기인덕턴스(내부인덕턴스) : L_s
- ② 외부인덕턴스(상호인덕턴스) : L_m
- ③ 작용인덕턴스 : $L_w = L_s + L_m$



2. 단도체 방식의 작용 인덕턴스

$$\blacksquare L_w = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r} \text{ [mH/km]}$$

3. 복도체 방식의 작용 인덕턴스

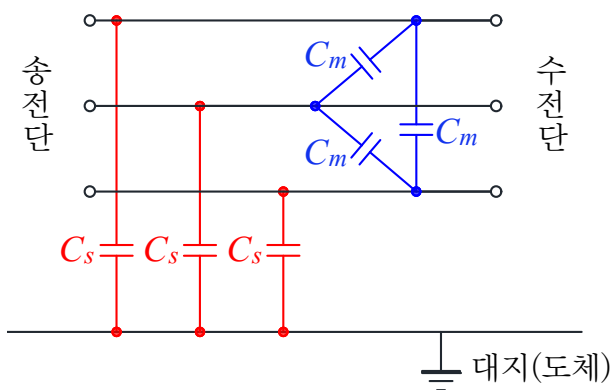
$$\blacksquare L_w = \frac{0.05}{n} + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r_e} \text{ [mH/km]}$$

Cheatkey

6

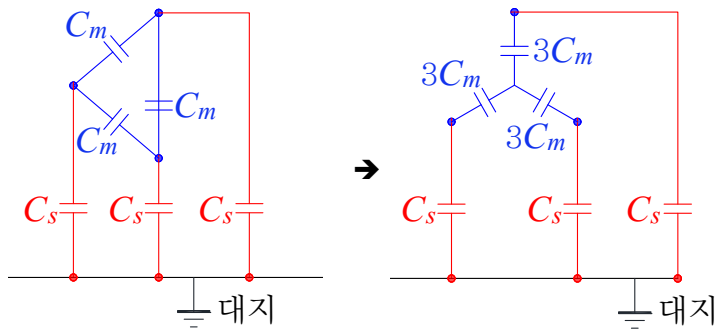
선로정수 II. 정전용량

1. 작용정전용량



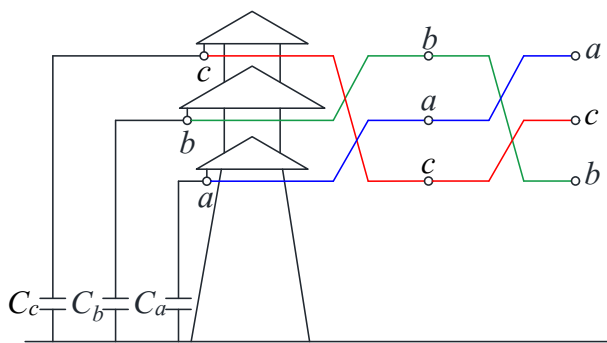
- ① 대지정전용량 : C_s
- ② 상호정전용량 : C_m
- ③ 작용정전용량 : C_w

2. 3상 한상분의 작용정전용량



$$\bullet C_w = C_s + 3C_m = \frac{0.02413}{\log_{10} \frac{D}{r}}$$

3. 연가

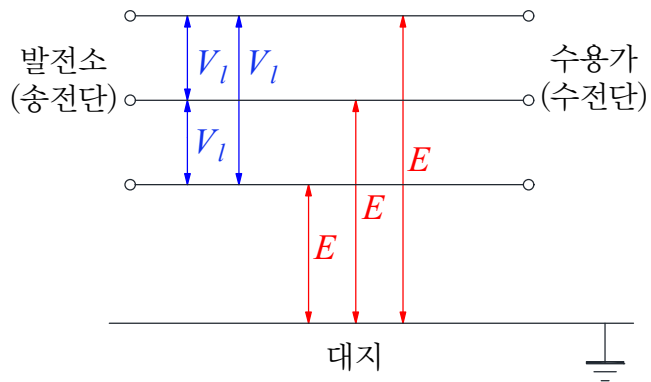


- 연가의 목적 : 선로정수의 평형

Cheatkey

7 충전전류와 충전용량

1. 대지전압



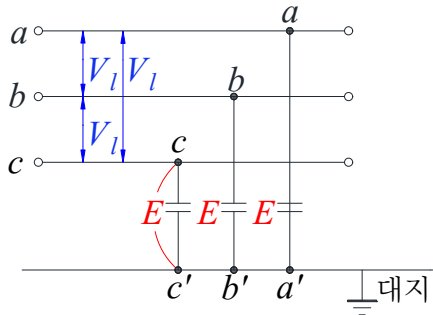
1) Y결선

$$\textcircled{1} V_l = \sqrt{3} V_p \qquad \textcircled{2} E = \frac{V_l}{\sqrt{3}} = V_p$$

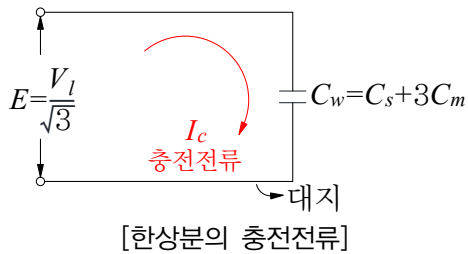
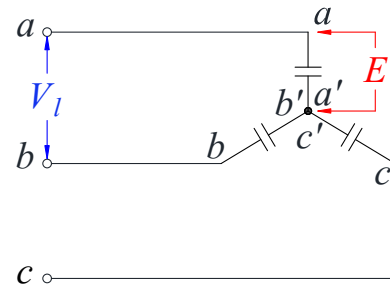
2) Δ 결선

$$\textcircled{1} V_l = V_p \qquad \textcircled{2} E = \frac{V_l}{\sqrt{3}} = \frac{V_p}{\sqrt{3}}$$

2. 충전전류



[대지정전용량]



[한상분의 충전전류]

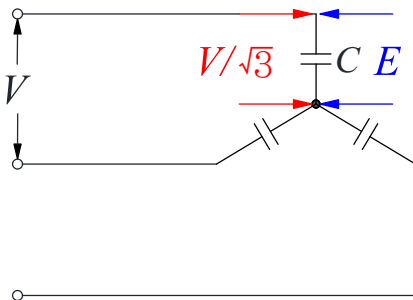
$$1) \text{ 리액턴스 : } X_c = \frac{1}{\omega C_w}$$

$$2) I_C = \frac{E}{X_c} = \omega C_w E [\text{A}] \rightarrow I_C = \omega C_w l E [\text{A}]$$

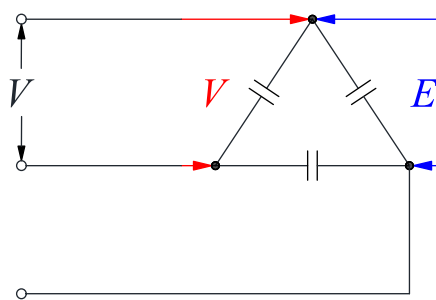
(C_w 의 단위가 $[\mu\text{F}/\text{km}]$ 라면 선로의 길이 $l [\text{km}]$ 을 곱해준다.)

3. 충전용량(Δ, Y)

1) 콘덴서 Y결선



$$\begin{aligned} \bullet Q_c &= 3 \frac{E^2}{X_c} = 3 \frac{E^2}{\frac{1}{\omega C}} = 3\omega CE^2 \\ &= 3\omega C \left(\frac{V}{\sqrt{3}} \right)^2 = \omega CV^2 [\text{VA}] \end{aligned}$$

2) 콘덴서 Δ 결선

$$\begin{aligned} \bullet Q_c &= 3 \frac{E^2}{X_c} = 3 \frac{E^2}{\frac{1}{\omega C}} = 3\omega CE^2 \\ &= 3\omega CE^2 = 3\omega CV^2 [\text{VA}] \end{aligned}$$

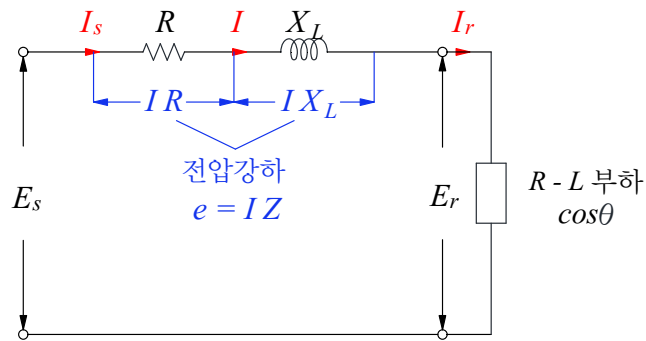
E : 상전압[V]

V : 선간전압[V]

Cheatkey

8 단거리 송전선로

1. 전압강하



1) 전압강하 공식1

$$\bullet e = IZ = V_s - V_r$$

2) 전압강하 공식2

(1) 단상 2선식

$$\bullet e = 2I(R_1 \cos\theta + X_1 \sin\theta) = \frac{P}{V_r}(R + X \tan\theta)$$

(2) 3상

$$\bullet e = \sqrt{3} I(R \cos\theta + X \sin\theta) = \frac{P}{V_r}(R + X \tan\theta)$$

3) 전압강하율

$$\bullet \varepsilon = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100 = \frac{e}{V_r} \times 100$$

4) 전압변동률

$$\bullet \varepsilon = \frac{V_{r0} - V_{rn}}{V_{rn}} \times 100$$

※ $V_s = V_{r0}$ 이므로 전압강하율 = 전압변동률

2. 전력손실

① 송전단 유효전력 = 수전단 유효전력 + 전력 손실

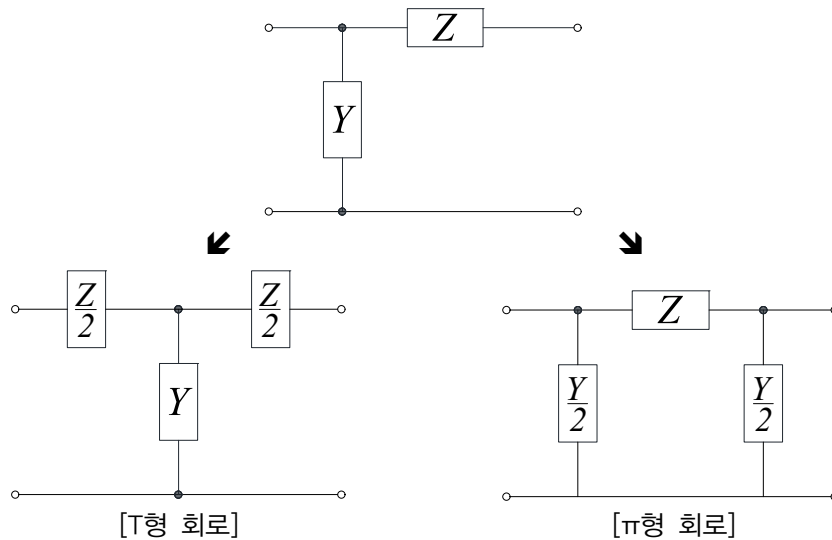
$$\textcircled{2} V_s I \cos\theta_s = V_r I \cos\theta_r + I^2 R$$

V_s : 송전단 전압	V_r : 수전단 전압
R_1 : 1선 저항	X_1 : 1선 리액턴스
V_{r0} : 수전단 무부하전압	V_{rn} : 수전단 정격전압 중거리 송전선로

Cheatkey

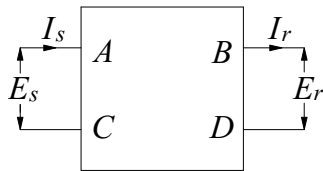
9

중거리 송전선로



1. 4단자망 기본식

1) 4단자망



① $E_s = AE_r + BI_r$

② $I_s = CE_r + DI_r$

2) 무부하(개방) 시험 ($I_r = 0$)

① $E_s = AE_r + 0 \rightarrow A = \frac{E_s}{E_r}$: (무부하)전압비

② $I_s = CE_r + 0 \rightarrow C = \frac{I_s}{E_r}$: (무부하)어드미턴스

3) 단락 시험 ($E_r = 0$)

① $E_s = 0 + BI_r \rightarrow B = \frac{E_s}{I_r}$: (단락)임피던스

② $I_s = 0 + DI_r \rightarrow D = \frac{I_s}{I_r}$: (단락)전류비

4) 4단자 정수 검산식

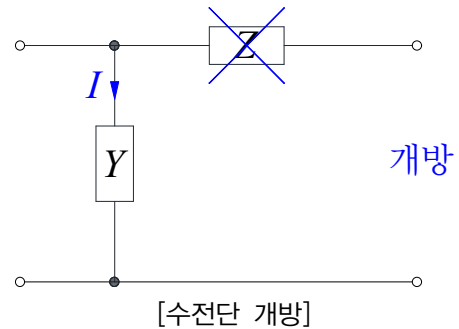
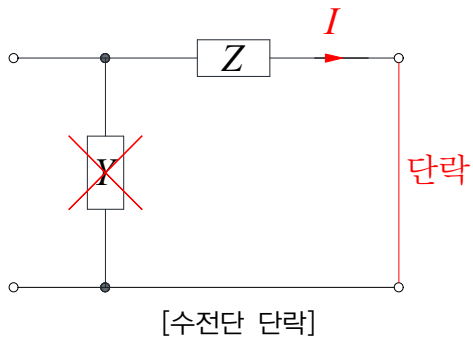
• $AD - BC = 1$

※ 단일 소자 회로(회로이론 치트키 No.29) ※ T형, π형 회로(회로이론 치트키 No.30)

Cheatkey

10

장거리 송전선로



1) 수전단을 단락한 경우 송전단에서 본 임피던스

- Z_1

2) 수전단을 개방한 경우 송전단에서 본 어드미턴스

- $Y = \frac{1}{Z_2}$

3) 특성임피던스

- $Z_0 = \sqrt{\frac{Z_1}{Y}} = \sqrt{\frac{Z_1}{\frac{1}{Z_2}}} = \sqrt{Z_1 Z_2} = \sqrt{\frac{L}{C}}$

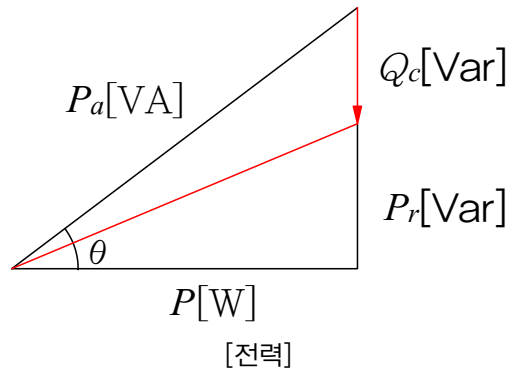
4) 무손실($R = G = 0$ 선로) 특성임피던스

- $Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$

Cheatkey

11 역률

1. 역률



$$① P_a = P + j(P_r - Q_c) = \sqrt{P^2 + (P_r - Q_c)^2}$$

$$② \cos\theta = \frac{P}{P_a}$$

2. 역률 개선에 따른 효과

1) 장점

- ① 전력손실 경감
- ② 전압강하 감소
- ③ 전원설비 여유증가(변압기 이용률 향상)

2) 오답유형

- ❶ 선로 절연의 비용 절감
- ❷ 선로 전류의 증가

Cheatkey

12 조상설비

1. 조상설비의 종류

	동기조상기	전력용 콘덴서	분로리액터
무효전력	진상(C), 지상(L)	진상(C)	지상(L)
조정	연속적	계단적	계단적
시충전	가능	불가능	불가능

2. 병렬 콘덴서 vs 직렬 콘덴서

- ① 병렬 콘덴서(전력용 콘덴서) : 역률 개선
- ② 직렬 콘덴서 : 선로의 유도성 리액턴스 경감

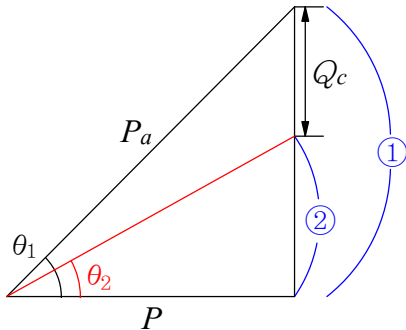
Cheatkey

13 전력용 콘덴서

1. 콘덴서의 용량

1) 리액턴스(X_c) 및 정전용량(C)

$$\bullet Q_c = \frac{V^2}{X_c} = \frac{V^2}{\frac{1}{2\pi f C}} = 2\pi f C V^2 [\text{VA}]$$

2) 역률($\cos\theta$)과 유효전력(P)

$$\bullet Q_c = \textcircled{1} - \textcircled{2} = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) [\text{kVA}]$$

【연습문제】

역률0.8(지상)의 2800[kW] 부하에 전력용 콘덴서를 병렬로 접속하여 합성 역률을 0.9로 개선하고자 할 경우, 필요한 전력용 콘덴서의 용량[kVA]은 약 얼마인가?

【풀이】

유효전력 $P = 2800 [\text{kW}]$

개선 전 역률 $\cos\theta_1 = 0.8$, 개선 후 역률 $\cos\theta_2 = 0.9$

$$\tan\theta_1 = \frac{\sin\theta_1}{\cos\theta_1} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\theta_1}}{\cos\theta_1} = \frac{\sqrt{1 - 0.8^2}}{0.8} = 0.75$$

$$\tan\theta_2 = \frac{\sin\theta_2}{\cos\theta_2} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\theta_2}}{\cos\theta_2} = 0.4843$$

$$Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) = 2800(0.75 - 0.4843) \\ \approx 744 [\text{kVA}]$$

Cheatkey

14 리액터**1. 직렬리액터**

1) 역할 : 전력용 콘덴서에 연결하여 제5고조파를 제거

2) 용량 : $5\omega L = \frac{1}{5\omega C}$

- 이론상 전력용 콘덴서의 4%
- 실제상 전력용 콘덴서의 5~6%

2. 분로리액터

- 페란티현상 방지

3. 한류리액터

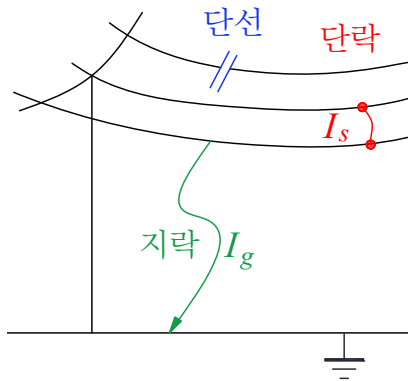
- 단락전류 제한

4. 소호리액터

- 지락전류 제한

Cheatkey

15 고장



1. 단선

- 선이 끊어지는 사고

2. 단락

- 두 선 이상이 임피던스가 최소인 상태로 전기적으로 접속되는 사고로 가장 큰 고장전류(단락전류)가 발생함

3. 지락

- 선이 대지와 전기적으로 접속되어 지락전류가 흐르는 사고

Cheatkey

16 단락사고

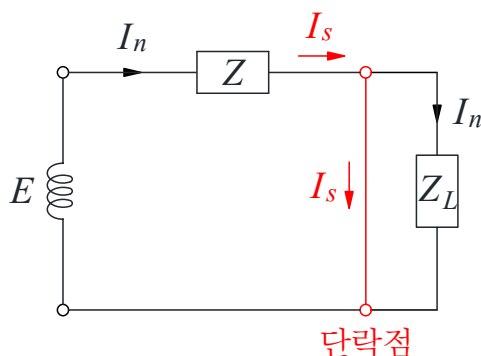
1. %임피던스

$$\textcircled{1} \%r = \frac{I_n r}{E} \times 100 = \frac{Pr}{10 V^2} [\%]$$

$$\textcircled{2} \%x = \frac{I_n x}{E} \times 100 = \frac{Px}{10 V^2} [\%]$$

$$\textcircled{3} \%Z = \frac{I_n Z}{E} \times 100 = \frac{PZ}{10 V^2} [\%]$$

2. 단락



1) 단락전류

$$\textcircled{1} \text{ 정격전류 : } I_n = \frac{E}{Z + Z_L}$$

$$\textcircled{2} \text{ 단락전류 : } I_s = \frac{E}{Z} = \frac{100}{\%Z} \times I_n$$

2) 단락용량

$$\textcircled{1} \text{ 정격용량(기준용량) : } P_n = \sqrt{3} V I_n$$

$$\textcircled{2} \text{ 단락용량 : } P_s = \sqrt{3} V I_s$$

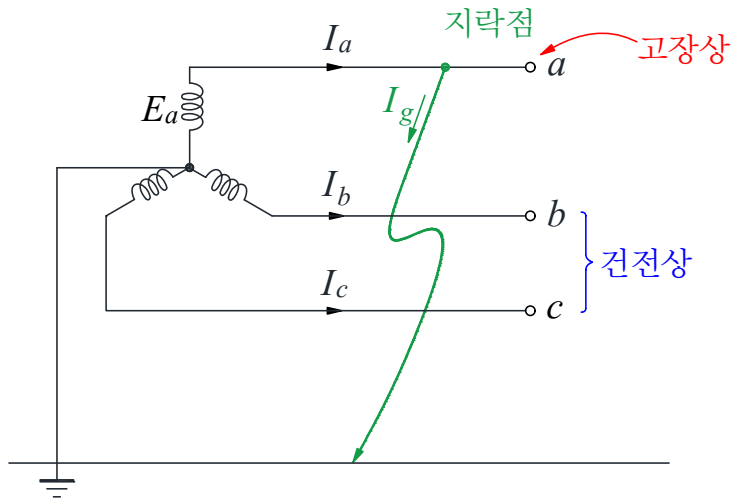
3. 계통연계

- 계통연계 시 안정적인 전력공급이 가능하지만, 임피던스가 작아지기 때문에 단락전류가 커진다.

Cheatkey

17 무부하 발전기의 1선 지락

1. 무부하 발전기의 1선 지락



2. 1선 지락전류의 크기

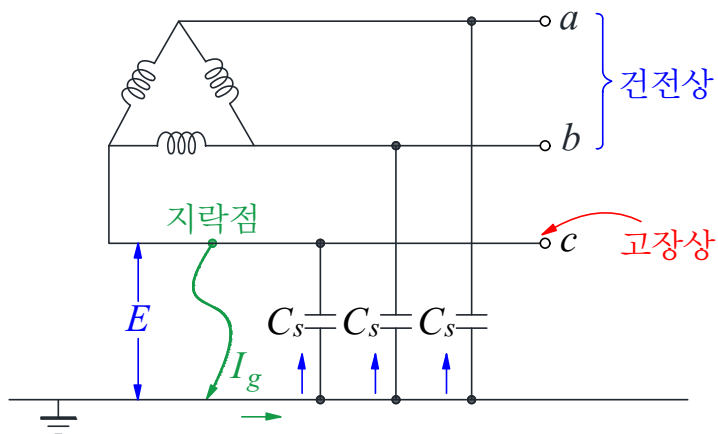
$$\textcircled{1} I_g = 3I_0 = \frac{3E}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

② 고장전류 계산에 영상 임피던스(Z_0)가 필요

Cheatkey

18 접지방식 I. 비접지

1. 3상 3선($\Delta-\Delta$)비접지



2. 대지전위 상승

1) 평상시 대지전압 : E

2) 지락시 대지전압

① 건전상 : $\sqrt{3} E$

② 지락상 : 0

3) 지락전류

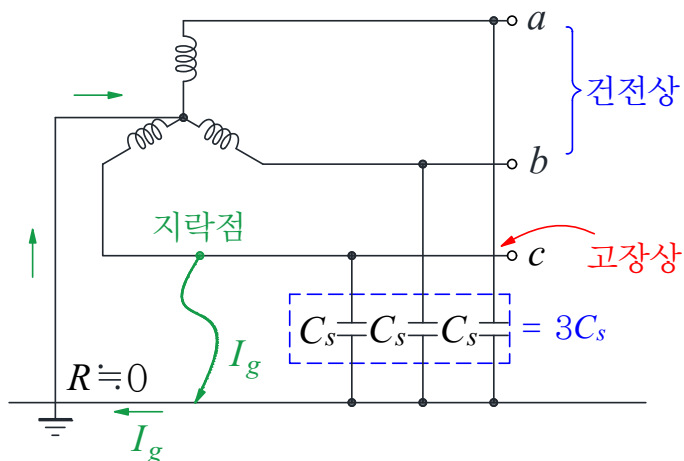
① 비접지 방식에서 지락전류는 대지정전용량을 통해 흐르는 충전전류(진상전류)이다.

② $I_g = 3I_c = 3\omega CE$

Cheatkey

19 접지방식Ⅱ. 직접접지

1. 3상 4선(Y-Y) 직접접지, 다중접지



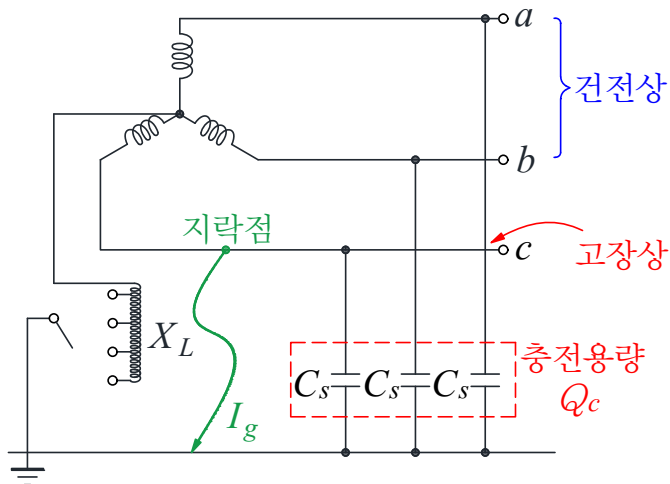
2. 직접접지의 특징

- ① 지락전류 크다, 보호계전기 동작 신속 확실
- ② 전위상승이 적다(가장 적은 방식)
- ③ 절연레벨이 낮다
- ④ 과도안정도가 나쁘다

Cheatkey

20 접지방식Ⅲ. 소호리액터접지

1. 소호리액터접지



1) 원리

- 대지정전용량과 소호리액터의 인덕턴스가 병렬공진되어 지락전류를 소멸시킨다.

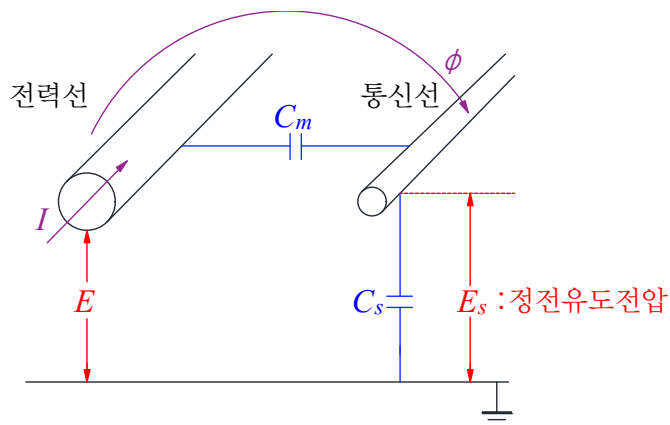
2) 소호리액터 용량

$$X_L = \omega L = \frac{1}{3\omega C}$$

2. 소호리액터접지 특징

- ① 지락전류가 제일 작음
- ② 차단능력이 가장 가벼운 차단기
- ③ 유도장해가 가장 적은 접지방식

3. 유도장해



- ① 전자유도장해 : 인덕턴스와 영상전류(지락전류)에 의해 발생
- ② 정전유도장해 : 정전용량과 영상전압에 의해 발생

Cheatkey

21 안정도**1. 안정도**

- 안정도 = 최대 송전전력

2. 안정도 향상 대책

- ① 직렬 리액터를 작게 한다.
- ② 전압변동을 감소
- ③ 선로의 회선수를 늘린다, 계통을 연계한다.
- ④ 재폐로 방식 사용 → 복잡한 보호계전방식

3. 재폐로 방식

1) 재폐로

- 전선로 사고발생 시 차단기를 개방하고 일정시간 경과 후 자동적으로 차단기를 재투입하는 방식

2) 장치

(1) 리클로저(R)

- 일시적 사고가 발생했을 경우 신속하게 고장구간을 차단하고 아크를 소멸시킨 후 즉시 재투입 가능한 자동 재폐로 장치

(2) 섹셔널라이즈(S)

- 고장전류를 차단할 수 없으며, 반드시 차단기능이 있는 후비보호장치(리클로저)와 직렬로 설치해야 한다.

(3) 라인퓨즈(F)

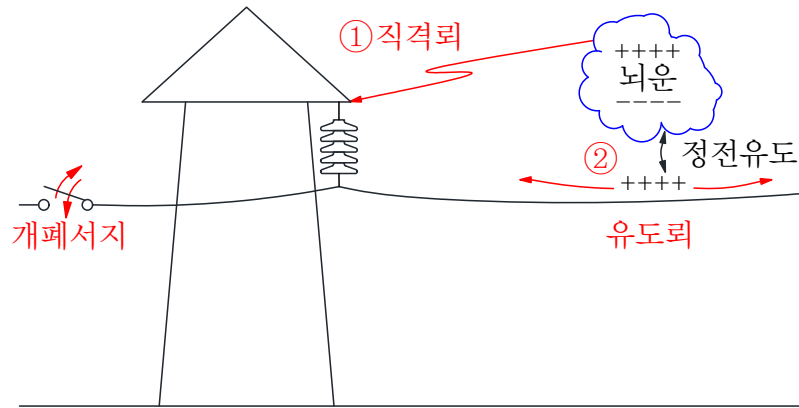
3) 보호협조 배열

- R - S - F

Cheatkey

22

이상전압



1. 외부(뇌서지)

- ① 직격뢰
- ② 유도뢰

2. 내부

1) 개폐서지

- ① 선로의 개로(차단) 및 폐로(투입) 시에 나타나는 과도전압
- ② 무부하 선로 충전전류(C) 차단시 가장 크게 나타남
- ③ 충전전류에 의한 재점호 발생

2) 개폐서지 방지대책 : 개폐 저항기 사용

3) 진행파의 반사

- (1) 입사파 : e_1

- (2) 반사파

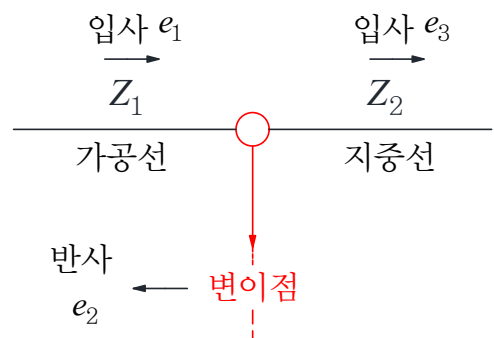
$$\text{① 반사파 : } e_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} e_1$$

$$\text{② 반사계수 : } \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$$

(3) 투과파

$$\text{① 투과파 : } e_3 = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} e_1$$

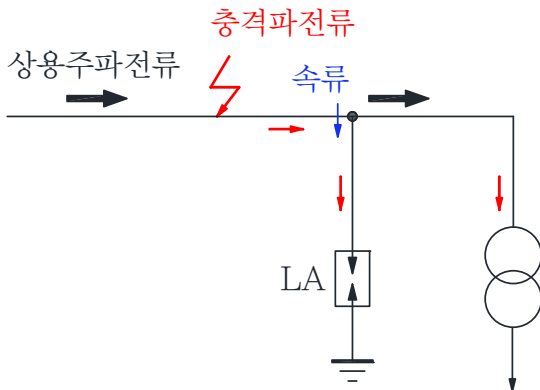
$$\text{② 투과계수 : } \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$



Cheatkey

23 피뢰기

- 이상전압을 대지로 방전시키고 속류를 차단한다.



1. 원리

- 속류(follow current) : 충격파 전류 방전 종료한 후 전원에서부터 공급되는 전류

2. 피뢰기의 전압

1) 공칭전압

- 상용주파 허용단자전압

2) 정격전압

- 속류를 차단할 수 있는 교류최대전압

3) 제한전압 (낮게)

- 피뢰기 동작(방전) 중 단자전압의 파고값

4) 상용 주파 방전 개시 전압 (높게)

- 상용 주파 전압 인가 시 피뢰기가 방전을 개시하는 전압
- 상용 주파 방전 개시 전압은 높을 것

5) 충격 방전 개시 전압 (작게)

- 충격 전압 인가 시 피뢰기가 방전을 개시하는 전압

① 단자 간에 충격파의 최대 전압 인가되었을 때

② 충격 방전 개시전압은 낮을 것

【피뢰기 암기송】

피뢰기의 주역할 변압기보호
이상전압 대지로 방전시키고
속류를 차단해 지~켜주니
변압기는 든든해 피뢰기 최고

피뢰기 공칭전압 상용주파 허용단자 전압
피뢰기 정격전압 속류를
차단 할 수 있는 최대전압

피뢰기 제한전압 동작 중의 파고값
속류차단 크게 제한전압 낮게
전류는 흐른다~

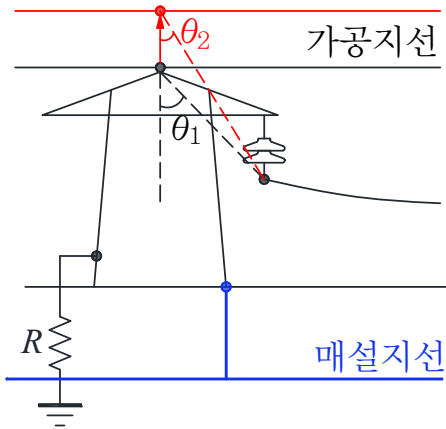
상용주파 방전 개시전압 크게
충격방전 개시전압은 작게
충격방전 개시전압의 표시는
충격파의 최대치로 나타낸다

피뢰구비조건 정리해봐요 다 같이
불러봐요
상용주파 방전 개시전압은 크게
충격방전은 작게

속류차단은 크게 제한전압은 낮게
이상전압 방전 속류를 차단
전류는 흐른다~

Cheatkey

24 가공지선과 매설지선



1. 가공지선

1) 용도

- ① 직격뢰에 대한 차폐 효과
- ② 유도뢰에 대한 정전 차폐 효과
- ③ 통신선에 대한 전자유도 장애 경감

2) 차폐각

- 철탑(가공지선 지지점)과 전선과의 사이각
- ① 차폐각은 보통 45° 내외이다.
- ② 가공지선을 2선으로 하며 차폐각이 작아진다.

2. 매설지선

1) 탐각의 접지저항

- 철탑의 다리와 대지사이에 연결하는 저항

2) 역섬락

- 직격뢰에 의해 철탑의 전위가 매우 높아졌을 때 발생

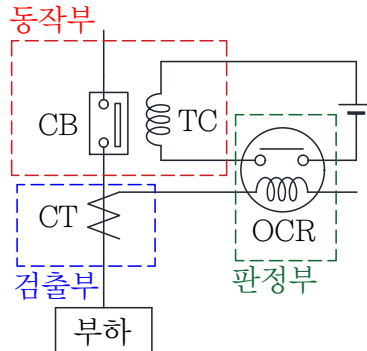
3) 역섬락 방지대책

- ① 탐각 접지저항을 작게한다.
- ② 매설지선을 설치한다.

Cheatkey

25

보호계전방식 I

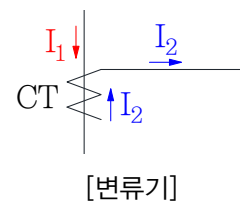
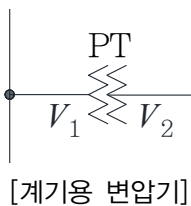


- 1) 검출부
 - 계기용변압기(PT), 변류기(CT)
- 2) 판정부
 - 계전기(Relay)
- 3) 동작부
 - 트립코일(TC), 차단기(CB)

Cheatkey

26

보호계전방식 II. 검출부



- 1) 계기용 변압기(PT)
 - 고전압을 저전압으로 변압
- 2) 변류기(CT)
 - 대전류를 소전류로 변성
- 3) 영상변류기(ZCT)
 - 지락사고 시 지락전류(영상전류)를 검출하는 것으로 지락계전기와 조합하여 사용

Cheatkey

27 보호계전방식Ⅲ. 판정부

1. 기능에 따른 분류

1) 과전류, 과전압 계전기

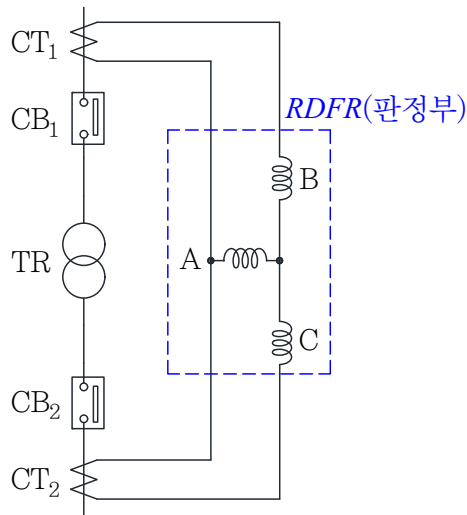
(1) 과전류 계전기(OCR)

- 일정 값 이상의 전류 검출

(2) 과전압 계전기(OVR)

- 일정 값 이상의 전압 검출

2) 비율차동계전기(RDFR)



- ① 전력설비 내부 고장 시 변류기에 유입되는 전류와 유출되는 전류의 차로 동작하는 보호계전기
- ② 발전기 또는 주변압기의 내부 고장 보호용으로 사용
- ③ 변압기 결선 $\Delta-Y$ 일 때 변류기는 $Y-\Delta$
- ④ 변압기 결선 $Y-\Delta$ 일 때 변류기는 $\Delta-Y$

3) 선택지락계전기(SGR)

- ① 비접지계통 지락사고 보호
- ② 다회선(병행 2회선)에서 접지 고장 회선의 선택
- ③ 영상 변류기(ZCT)를 사용하는 계전기

4) 방향거리계전기

- ① 전원이 양단에 있는 환상선로의 단락보호에 주로 사용
- ② 모선보호용 계전기로 사용

2. 동작 시간에 의한 분류

1) 순한시 특성

- 최소 동작전류 이상의 전류가 흐르면 즉시 동작하는 특성

2) 반한시 특성

- 동작 전류가 커질수록 동작시간이 짧게 되는 특성

3) 정한시 특성

- 동작전류의 크기에 관계없이 일정한 시간에 동작하는 특성

4) 반한시 정한시 특성

- 동작전류가 커질수록 동작시간이 짧아지며, 어떤 전류 이상이 되면 동작전류의 크기에 관계없이 일정한 시간에서 동작하는 특성

Cheatkey

28 보호계전방식Ⅳ. 동작부

1. 차단기

- ① 아크 소멸
- ② 부하전류 개폐
- ③ 고장전류를 차단

2. 가스차단기(GCB)

- ① 무독성 가스 SF₆를 소호 매체로 사용한다.
- ② 근거리 선로 차단에 강하다.

3. 정격차단시간

- 트립코일 여자부터 소호까지의 시간

Cheatkey

29 차단기 차단용량**1. 정격용량**

- ① 공칭전압(V) : 선로의 선간전압
- ② 정격전류(I_n) : 전부하시 선로에 흐르는 정상전류
- ③ 정격용량 $P_n = \sqrt{3} V I_n$

2. 단락용량

- ① 공칭전압(V) : 선로의 선간전압
- ② 단락전류(I_s) : 단락 발생시 회로에 흐르는 고장전류
- ③ 단락용량 $P_s = \sqrt{3} V I_s = \frac{100}{\%Z} \times P_n$

3. 차단용량

- ① 정격전압(V_n) : 차단기에 인가될 수 있는 회로의 최대 허용전압
- ② 차단전류(I_s) = 단락전류
- ③ 차단용량 $P_s = \sqrt{3} V_n I_s$

4. 차단용량 $\geq$ 단락용량

- 변전설비 1차측 차단기의 차단용량은 주로 공급측 전원의 단락용량에 의해 정해진다.

Cheatkey

30 단로기**1. 단로기의 역할**

- ① 무부하 상태에서 전로를 개폐(부하시 개폐 불가)
- ② 기기의 점검이나 수리를 위하여 회로 분리시 사용
- ③ 소화장치가 없어 아크 소멸이 불가

2. 인터록

- 1) 차단기가 열려있을 때만 단로기 조작이 가능하다.
- 2) 조작 예시
 - ① 부하 분리 : CB(Off) → DS(Off)
 - ② 부하 연결 : DS(On) → CB(On)

Cheatkey

31 배전방식**1. 저압뱅크방식**

- 1) 캐스케이딩 현상
 - 저압선에 고장이 생기면 건전한 변압기의 일부 또는 전부가 차단되는 현상
- 2) 방지대책
 - 구분 퓨즈 설치

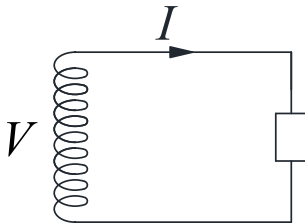
2. 네트워크(Network)방식 = 망상 배전방식

- 1) 특징
 - ① 인축의 접촉사고가 많아진다.
 - ② 무정전 공급의 신뢰도가 높다.

Cheatkey

32 공급방식

1. 단상 2선식

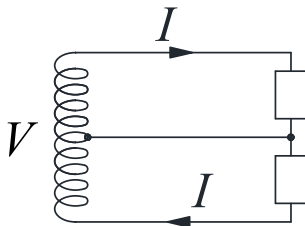


1) 공급전력

① 2선의 전력 : $P = VI$

② 1선당 전력 : $P_1 = \frac{1}{2} VI$

2. 단상 3선식



1) 공급전력

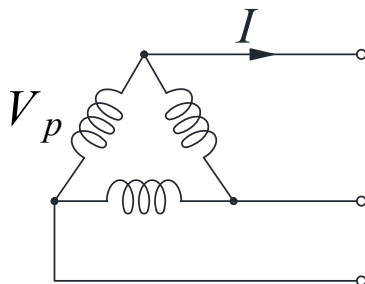
① 2선의 전력 : $P = 2VI$

② 1선당 전력 : $P_1 = \frac{2}{3} VI$

2) 밸런서

- 전압불평형을 보상하기 위해 사용

3. 3상 3선식(Δ결선)

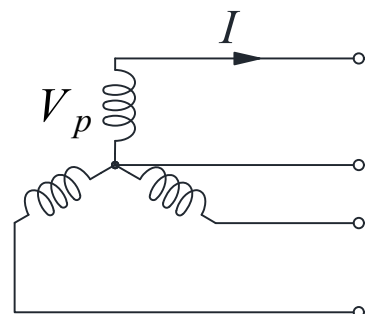


1) 공급전력

① 3선의 전력 : $P = \sqrt{3} V_p I$

② 1선당 전력 : $P_1 = \frac{\sqrt{3}}{3} V_p I$

4. 3상 4선식 (가장 경제적)



1) 공급전력

① 3선의 전력 : $P = 3 V_p I$

② 1선당 전력 : $P_1 = \frac{3}{4} V_p I$

5. 비교(배전효율)

공급방식	1선당 공급전력	전체 전선의 중량비
단상 2선식	기준	기준(100%)
단상 3선식	1.33배	$\frac{3}{8}$ (37.5%)
3상 3선식	1.15배	$\frac{3}{4}$ (75%)
3상 4선식	1.5배 (선간전압 0.87배)	$\frac{1}{3}$ (33%)

※상전압(V_p)이 일정할 때의 1선당 공급전력

※송전전력이 일정할 때 전체 전선의 중량비

- ① 전체 전선의 중량비 = 전력손실비
- ② 단상 3선식은 단상 2선식에 비해 전압강하는 적고, 배전 효율은 높다.

Cheatkey

33 선로의 전력손실**1. 전력손실**

$$\textcircled{1} \text{ 1선의 전력손실 : } P_l = I^2 R = \left(\frac{P}{V \cos \theta} \right)^2 R [\text{W}]$$

$$\textcircled{2} \text{ 전력손실률 : } K = \frac{P_l}{P} \times 100 = \frac{P}{V^2 \cos^2 \theta} R \times 100 [\%]$$

$$\textcircled{3} P_l \propto \frac{1}{V^2} \propto \frac{1}{\cos^2 \theta}$$

2. 전선의 단면적

$$\textcircled{1} \text{ 전선의 저항 : } R = \rho \frac{l}{A} = \frac{KV^2 \cos^2 \theta}{P}$$

$$\textcircled{2} \text{ 전선의 단면적 : } A = \frac{\rho l P}{KV^2 \cos^2 \theta}$$

$$\textcircled{3} A \propto \frac{1}{V^2}$$

3. 균등 부하와 집중 부하

$$\textcircled{1} \text{ 균등 부하의 전압강하는 집중 부하의 } \frac{1}{2}$$

$$\textcircled{2} \text{ 균등 부하의 전력손실은 집중 부하의 } \frac{1}{3}$$

4. 직류송전방식

① 송전 손실이 적다.(효율이 좋다.)

② 안정도가 좋다.

③ 다른 주파수 계통간의 연계가 가능하다.

④ 변압이 어려워 고압 송전에 불리하다.

→ 교류송전 : 변압이 쉬워 고압송전에 유리

⑤ 고전압, 대전류의 차단이 어렵다.

Cheatkey

34 부하특성

*** P.358 연습문제 참고

1. 수용률

- 수용설비가 동시에 사용되는 정도

$$\textcircled{1} \text{ 수용률} = \frac{\text{최대 수용 전력 [kW]}}{\text{부하 설비 합계 [kW]}} \times 100 [\%]$$

$$\textcircled{2} \text{ 최대 수용 전력} = \text{부하 설비 합계} \times \text{수용률}$$

2. 부동률

- 각 부하가 최대부하를 나타내는 시간대가 각각 다른 정도

$$\bullet \text{ 부동률} = \frac{\text{각 수용가의 최대 수용 전력의 합 [kW]}}{\text{합성 최대 수요전력 [kW]}} \geq 1$$

3. 부하율

- 공급 설비가 얼마나 유효하게 사용되는지를 나타냄

$$\bullet \text{ 부하율} = \frac{\text{평균 전력}}{\text{최대 전력}} \times 100 [\%]$$

4. 변압기 용량**1) 유효전력**

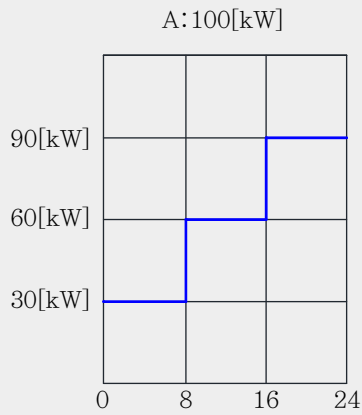
$$\bullet \text{ 변압기 용량} = \frac{\text{설비 용량} \times \text{수용률}}{\text{부동률} \times \text{효율}} [\text{kW}]$$

2) 피상전력

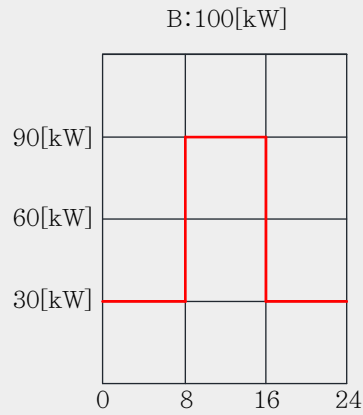
$$\bullet \text{ 변압기 용량} = \frac{\text{설비 용량} \times \text{수용률}}{\text{부동률} \times \text{효율} \times \text{역률}} [\text{kVA}]$$

※문제에서 수용률, 부동률, 효율에대한 조건이 없다면 1로 간주

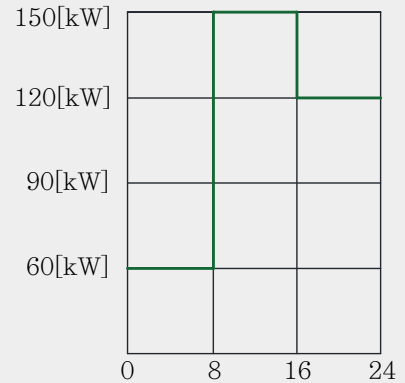
【연습문제】



[A수용가]



[B수용가]



[A수용가 + B수용가]

- (1) A수용가의 수용률을 구하시오.
- (2) B수용가의 수용률을 구하시오.
- (3) A수용가와 B수용가간의 부동률을 구하시오.
- (4) A수용가의 일부하율을 구하시오
- (5) B수용가의 일부하율을 구하시오

【풀이】

- (1) A수용가의 수용률을 구하시오.

$$: \text{수용률} = \frac{\text{최대 수용 전력}}{\text{부하 설비 합계}} \times 100 = \frac{90}{100} \times 100 = 90 [\%]$$

- (2) B수용가의 수용률을 구하시오.

$$: \text{수용률} = \frac{\text{최대 수용 전력}}{\text{부하 설비 합계}} \times 100 = \frac{90}{100} \times 100 = 90 [\%]$$

- (3) A수용가와 B수용가간의 부동률을 구하시오.

$$: \text{부동률} = \frac{\text{각 수용가의 최대 수용 전력의 합}}{\text{합성 최대 수요 전력}} = \frac{90 + 90}{150} = \frac{180}{150} = 1.2$$

- (4) A수용가의 일부하율을 구하시오

$$: \text{일부하율} = \frac{\text{일평균 전력}}{\text{최대 전력}} \times 100$$

$$= \frac{(30 \times 8) + (60 \times 8) + (90 \times 8)}{24 \times 90} = 66.67 [\%]$$

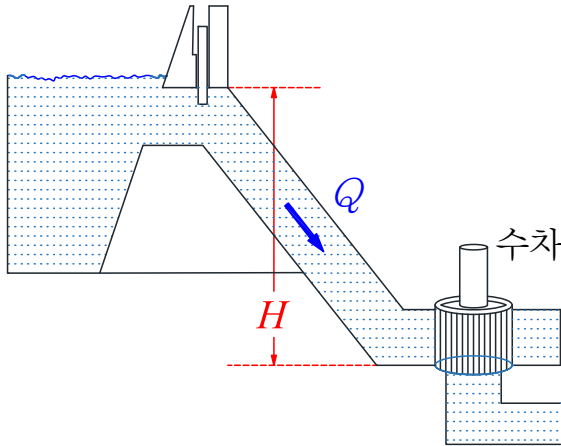
- (5) B수용가의 일부하율을 구하시오

$$: \text{일부하율} = \frac{\text{일평균 전력}}{\text{최대 전력}} \times 100$$

$$= \frac{(30 \times 8) + (90 \times 8) + (30 \times 8)}{24 \times 90} = 55.56 [\%]$$

Cheatkey

35 수력발전 I. 발전기 출력



1) 수력 발전기 출력

$$\bullet P = 9.8QH\eta [\text{kW}]$$

2) 연간 발전량

$$\bullet W = Pt = 9.8QH\eta \times 365 \times 24 [\text{kWh}]$$

 P : 발전기 출력[kW] Q : 유량[m³/sec] H : 유효 낙차[m] η : 효율

Cheatkey

36 수력발전 II. 수차

■ 양수를 목적으로 한 바퀴모양의 장치(물레방아)

1) 수차의 특유속도

$$\bullet N_s = NP^{\frac{1}{2}}H^{-\frac{5}{4}} = N \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} [\text{rpm}]$$

 N_s : 특유속도(비속도)[rpm] N : 정격 회전수[rpm] H : 유효 낙차[m] P : 낙차 H 에서의 최대 출력

2) 수차의 캐비테이션 방지책

- 흡출관을 사용하지 말 것 ↔ 흡출수두 증대(오답)

Cheatkey

37 수력발전Ⅲ. 댐**1. (조압)수조**

- 수압철관의 보호에 사용되는 설비

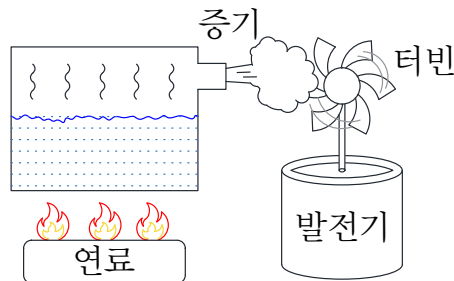
2. 조속기

- 회전속도의 변화에 따라 유량을 가감하는 설비로, 조속기의 폐쇄시간이 짧을수록 수차의 속도 변동률은 작아진다.

3. 흡출관 (부속설비×)

- ① 유효 낙차를 늘리기 위해 사용한다.
- ② 댐의 부속설비에 속하지 않는다.

Cheatkey

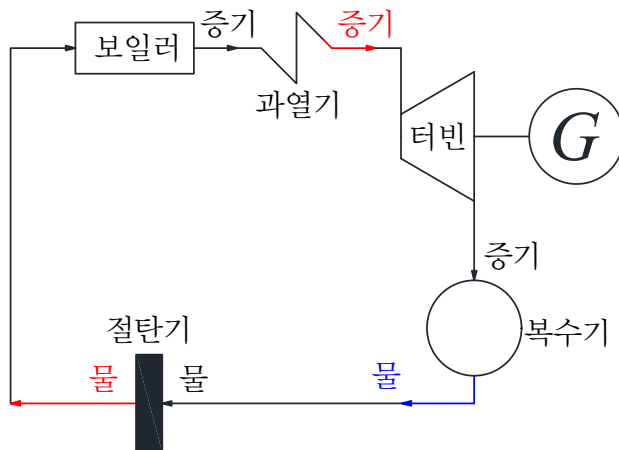
38 화력발전 I. 열효율**1. 열효율**

$$\eta = \frac{\text{출력(전기)}}{\text{입력(열)}} \times 100 = \frac{860 \times W}{mH} \times 100 [\%]$$

 η : 열효율[%] W : 총 전력량[kWh] m : 총 연료량[kg] H : 연료의 발열량[kcal/kg]**2. 발전 손실**

- 화력발전에서 가장 큰 손실 : 복수기 냉각수 손실

Cheatkey

39 화력발전 II. 발전설비**1. 증기 및 급수의 흐름 순서**

- 절탄기 → 보일러 → 과열기 → 터빈 → 복수기

2. 설비

- 1) 절탄기
 - 보일러에 공급되는 급수를 예열한다.
- 2) 재열기
 - 증기를 가열한다.

memo

CHAPTER

06

전기설비기술기준 치트키

전기기사 필기 치트키

PART 01	181	PART 07	201
1. 총칙		24. 조상설비와 변압기 보호장치	
2. 가공전선 시설 높이		25. 발전소 계측장치	
3. 고압 가공전선의 안전율		26. 수소냉각식 발전기	
PART 02	185	27. 태양광설비	
4. 병가, 공가, 병행, 첨가		28. 발·변전소 울타리	
5. 가공전선 이격거리(간격)		PART 08	204
6. 가공전선로 유도장해 방지		29. 센서등	
7. 케이블 및 통신선의 조가용선		30. 전기울타리	
PART 03	189	PART 09	205
8. 보안공사		31. 전력보안통신설비	
9. 풍압하중		32. 도체의 단면적	
10. 지지물의 안전율		33. 주택용 배선차단기	
11. 철탑의 종류		34. 피뢰기 설치 장소	
12. 지지선(지선)과 가공지선		35. 풍력터빈의 피뢰설비	
13. 지중전선로		36. 전기철도	
14. 지중함			
PART 04	194		
15. 저압 옥내 공사 I. 관, 덕트			
16. 저압 옥내 공사 II. 애자			
17. 저압 옥내 공사 III. 케이블 트레이			
18. 시설에 따른 공사 방법			
PART 05	197		
19. 대지전압 제한			
20. 절연내력시험			
PART 06	199		
21. 과전류 차단기			
22. 전동기 보호용 과부하 보호 장치			
23. 누전차단기			

Cheatkey

1 총칙

1. 전압의 종별

구분	교류	직류
저압	1[kV] 이하	1.5[kV] 이하
고압	저압 초과 7[kV] 이하	
특고압	7[kV] 초과	

2. 전선의 식별

상(문자)	색상	
L1	갈색	
L2	검은색	
L3	회색	
N	파란색	
보호도체	녹색-노란색	

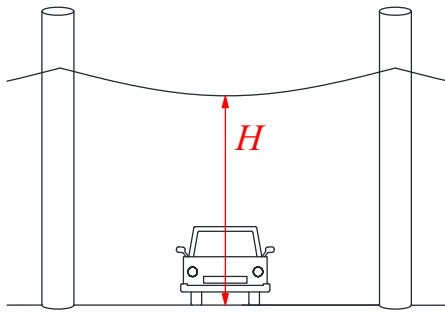
3. 전선의 구분

- ① 전력선(특고압, 고압, 저압)
- ② 약전류전선 : 인터넷, 전화, TV 등의 신호선
- ③ 통신선(전력보안통신선) : 전력계통 사고 검출을 위해 한전에서 사용하는 선

Cheatkey

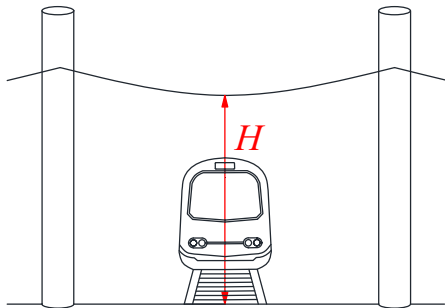
2 가공전선 시설 높이

1. 도로 횡단



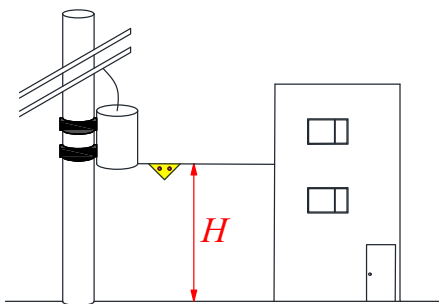
- ① 저압, 고압, 특고압 : 6[m] 이상
- ② 통신선 : 5[m] 이상

2. 철도 궤도 횡단



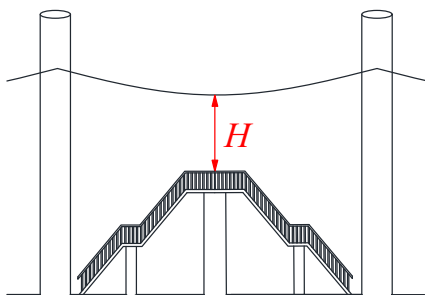
- 저압, 고압, 특고압, 통신선 : 6.5[m] 이상

3. 고압 가공인입선



- 케이블 이외 전선, 아래쪽 위험표시 : 3.5[m] 이상

4. 횡단보도교 위



- ① 저고압, 가공전선로의 지지물에 시설 또는 이에 직접 접속하는 가공통신선 : 3.5[m] 이상
- ② 가공 통신선 : 3[m] 이상

5. 시가지

① 35[kV] 이하 : 10[m], 특고압 절연전선 8[m]

② 35[kV] 초과 : $10 + (\text{단수} \times 0.12)$ [m]

$$\text{※ 단수} = \frac{V[\text{kV}] - \text{기준값}}{10} \quad (\text{소수점 이하는 절상})$$

【연습문제】

1. 66[kV]

2. 154[kV]

【풀이】

1. 66kV

① 단수 : $(66-35)/10=3.1$ 에서 소수점 절상하여 4② 가공전선 지표상 높이 = $10 + (4 \times 0.12) = 10.48$ [m]

2. 154kV

① 단수 : $(154-35)/10=11.9$ 에서 소수점 절상하여 12② 가공전선 지표상 높이 = $10 + (12 \times 0.12) = 11.44$ [m]

Cheatkey

3

고압 가공전선의 안전율

- 가공전선은 케이블인 경우 이외 아래의 안전율 이상이 되는 이도(처짐정도)로 시설하여야 한다.

① 경동선 또는 내열 동합금선 : 2.2 이상

② 그 밖의 전선(ACSR) : 2.5 이상

※안전율이란?

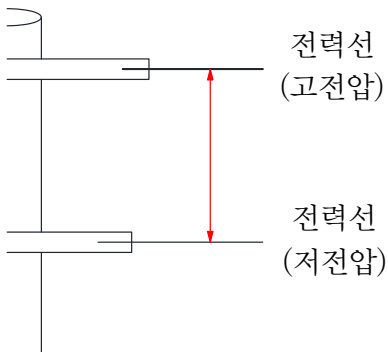
재료의 인장강도와 허용 응력의 비,

재료에 실제 가해지는 힘보다 재료가 몇 배 더 버틸 수 있는지를 나타낸다.

Cheatkey

4 병가, 공가, 병행, 첨가

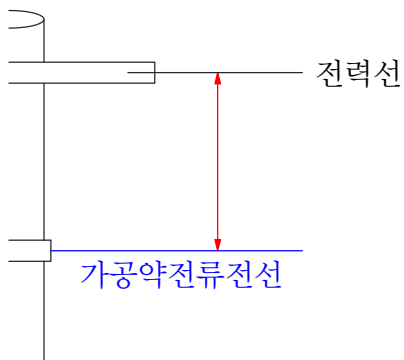
1. 병가



■ 병행설치 : 병행하는 두 전력선을 동일 지지물 별개의 완금류에 시설

- ① 특고압 가공전선과 저고압 가공전선 등의 병행설치 시 특고압 가공전선으로 사용하는 경동연선의 단면적은 $50[\text{mm}^2]$ 이상으로 할 것
- ② 고압 가공전선과 저압 가공전선을 병가할 경우 양 전선 간의 이격거리는 $0.5[\text{m}]$ 이상으로 할 것
- ③ '②'의 경우에서 고압 가공전선에 케이블을 사용하면 양 전선 간의 이격거리는 $0.3[\text{m}]$ 이상으로 할 것

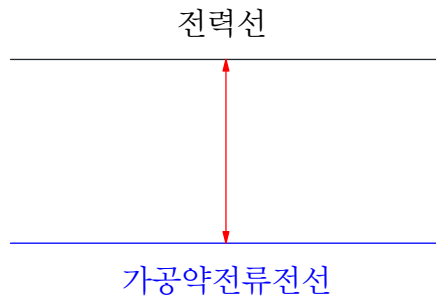
2. 공가



■ 공용설치 : 가공전선과 가공약전류전선을 동일 지지물 별개의 완금류에 시설

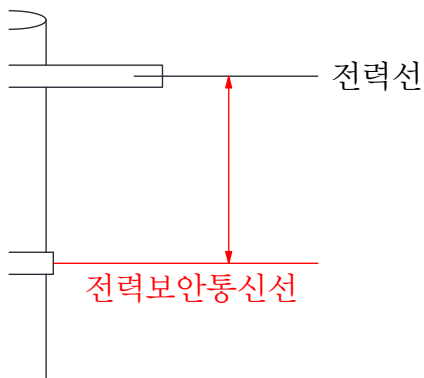
- ① 특고압 가공전선과 가공약전류전선 등의 공용설치 시 특고압 가공전선으로 사용하는 경동연선의 단면적은 $50[\text{mm}^2]$ 이상으로 할 것
- ② 저압 가공전선과 약전류 전선 사이의 이격거리 : $0.75[\text{m}]$
- ③ 고압 가공전선과 약전류 전선 사이의 이격거리 : $1.5[\text{m}]$

3. 기설 가공약전류전선과의 병행



- 저·고압 가공전선로와 기설 가공약전류전선로가 병행하는 경우 유도장해 방지를 위해 이격거리 2[m]

4. 첨가



- 통신선을 전력선과 동일 지지물에 시설
(통신선 = 전력보안통신선)
- ① 저압, 고압, 특고압의 중성선 : 0.6[m]
 - ② 22.9[kV-Y] : 0.75[m]

Cheatkey

5 가공전선 이격거리(간격)**1. 특고압 가공전선 상호간**

- ① 35[kV] 이하 케이블 : 0.5[m]
- ② 35[kV] 초과 60[kV] 이하 : 2[m]
- ③ 60[kV] 초과 : $2 + (\text{단수} \times 0.12)$ [m]

2. 특고압 가공전선과 식물 간

- ① 60[kV] 이하 : 2[m]
- ② 60[kV] 초과 : $2 + (\text{단수} \times 0.12)$ [m]

3. 특고압 가공전선과 그 가공전선의 지지물 등

- ① 22.9[kV] : 0.2[m]

4. 가공전선과 안테나

- ① 저압 가공전선 : 0.6[m]
- ② 고압 가공전선 : 0.8[m]
- ③ 고압 가공전선 케이블 : 0.4[m]

5. 상부 조영재

■ 조영재 : 건물의 벽이나 천장 또는 기둥 등을 일컫는 말

- ① 위쪽 접근 : 저,고압 : 2[m] (절,케 1[m])
- ② 옆쪽 접근 : 저,고압 : 1.2[m]

6. 특고압 가공전선 1.5[m]

- ① 전로에 지락이 생겼을 때 2초 이내에 자동적으로 이를 전로로부터 차단하는 장치가 되어있는 경우
- ② 나전선인 경우

Cheatkey

6 가공전선로 유도장해 방지**1.** 극저주파 전계와 자계

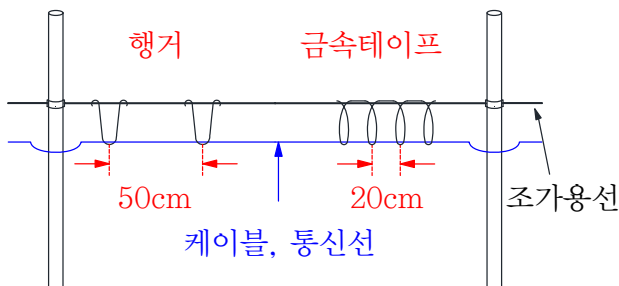
- ① 교류 전계 : 지표상 1[m]에서 3.5[kV/m]
- ② 교류 자계 : 지표상 1[m]에서 83.3[μ T]

2. 유도전류

- 가공 전화선로 유도전류 제한

사용전압	전화선로 길이	유도전류
60kV 이하	12km 마다	2 μ A 이하
60kV 초과	40km 마다	3 μ A 이하

Cheatkey

7 케이블 및 통신선의 조가용선**1.** 행거

- 간격 0.5[m] 이하

2. 금속테이프

- 간격 0.2[m] 이하

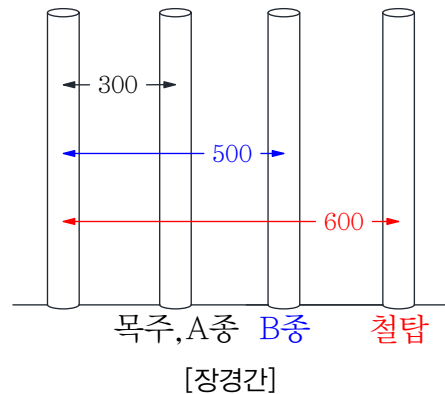
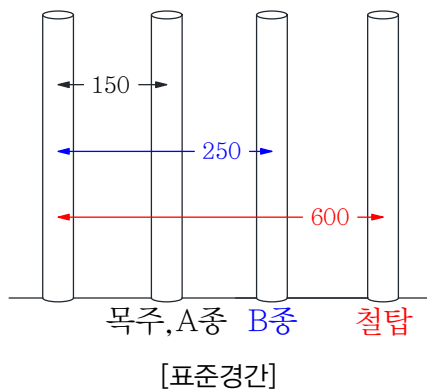
3. 조가용선의 단면적

- ① 가공케이블 : 단면적 22[mm²] 이상 아연도강연선
- ② 전력보안통신설비 : 단면적 38[mm²] 이상 아연도강연선

Cheatkey

8 보안공사

1. 지지물의 종류에 따른 경간(지지물 간의 거리)



1) 전선 단면적을 크게 한 경우[m]

종류	표준경간	장경간
목주, A종	150	300
B종	250	500
철탑	600	600

※장경간 조건

① 고압 : 단면적 22[mm²] 이상② 특고압 : 단면적 50[mm²] 이상

2) 경간을 줄인 경우[m]

종류	표준경간	보안공사			
		저·고압	특고압		
			제1종	제2종	제3종
목주, A종	150	100	—	100	
B종	250	150		200	
철탑	600	400	400, 300(단주)		

※ 목주, A종 철탑·A종 철탑 콘크리트주는 제1종 특고압 보안공사에 의해 시설하는 전선로의 지지물로 사용할 수 없다

2. 제1종 특고압 보안공사 전선의 단면적

사용전압	전선의 단면적
100[kV] 미만	단면적 55[mm ²] 이상의 경동연선
100[kV] 이상 300[kV] 미만	단면적 150[mm ²] 이상의 경동연선
300[kV] 이상	단면적 200[mm ²] 이상의 경동연선

3. 제2종 특고압 보안공사

- 35[kV] 이하인 특고압 가공전선과 가공약전류전선을 동일 지지물에 시설하는 경우 제2종 특고압 보안공사를 한다.

Cheatkey

9

풍압하중

1. 지역, 계절에 따른 풍압하중

지역		고온계절	저온계절
빙설이 많은 지방 이외		갑종	병종
빙설이 많은 지방	일반지역	갑종	을종
	그 외	갑종	갑종 or 을종
인가가 많이 연접되어있는 장소		병종	병종

2. 지지물의 갑종 풍압하중[Pa]

- ① 원형의 것: 588[Pa] (목주, 원형 철주, 원형 철근 콘크리트주, 원형 단주 철탑)
- ② 원형이 아닌 철근 콘크리트주 : 882[Pa]
- ③ 단주가 아닌 강관 철탑 : 1255[Pa]

Cheatkey

10 지지물의 안전율**1. 가공전선로 지지물의 기초의 안전율**

- ① 가공전선로의 지지물의 기초 : 2 이상
- ② 이상 시 상정 하중에 대한 철탑의 기초 : 1.33 이상

2. 안전율에 대한 고려 없이 시설해도 되는 경우

- 전주가 땅에 묻히는 깊이 : 2.8[m]

3. 무선통신용 안테나 지지 철탑의 안전율

- 1.5 이상

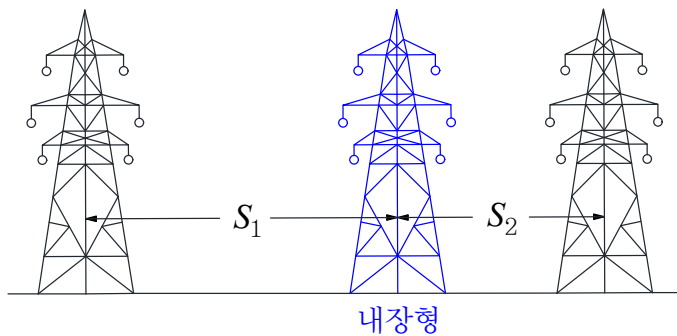
4. 목주 풍압하중

전압	안전율
저 압	1.2
고 압	1.3
특고압	1.5

Cheatkey

11 철탑의 종류

1. 내장형



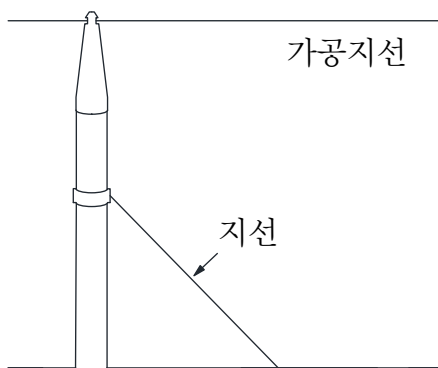
- ① 전선로의 지지물 양쪽에 경간의 차가 큰 곳에 사용
- ② 직선형 철탑을 연속하여 10기 이상 사용할 때 10기 이하마다 내장 애자장치가 되어 있는 철탑 1기 시설

2. 각도형

- 전선로 중 3도를 초과하는 수평 각도를 이루는 곳에 사용

Cheatkey

12 지지선(지선)과 가공지선



1. 지선

- ① 연선을 사용할 경우 소선은 3가닥 이상으로 할 것
- ② 안전율 : 2.5 이상
- ③ 인장하중 : 최저 4.31[kN]

2. 가공지선

- ① 고압 : 지름 4[mm] 이상의 나경동선

Cheatkey

13 지중전선로

1. 지중 전선로의 매설방법

- ① 직접매설식
- ② 관로식
- ③ 암거식

2. 직접매설식(관로식) 매설깊이

- ① 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소 : 1[m] (기본)
- ② 중량물의 압력을 받을 우려가 없는 장소 : 0.6[m]

3. 콤바인 덕트 케이블

- 직접 매설식에서 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에 저압 또는 고압의 지중전선을 방호물에 넣지 않고도 부설할 수 있는 케이블

4. 지중전선로 유도장해

- 지중 전선로는 기설 지중약전류전선로에 대하여 **누설전류** 또는 **유도작용**에 의하여 통신상의 장애를 주지 않도록 기설 약전류전선으로부터 충분히 이격시키거나 기타 적당한 방법으로 시설하여야 한다.

Cheatkey

14 지중함

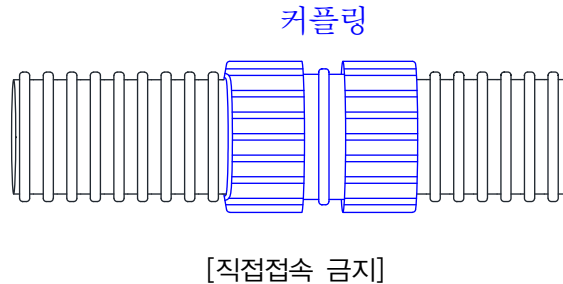
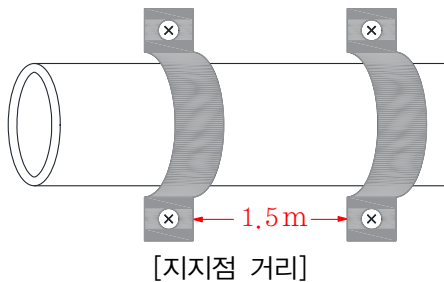
1. 지중함의 통풍장치

- 폭발성 또는 연소상의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함의 크기가 **1[m³]** 이상인 것에는 통풍장치를 시설할 것

2. 오답유형

- ❶ 조명 및 세척이 가능한 적당한 장치를 시설할 것 (×)
→ 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어있을 것 (○)

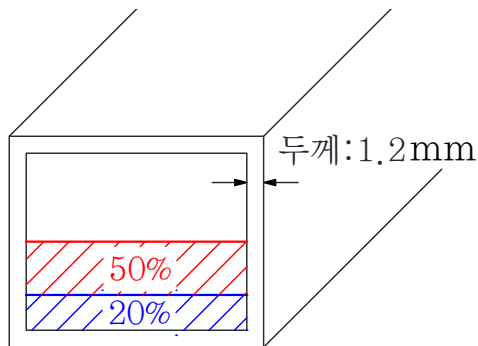
Cheatkey

15 저압 옥내 공사 1. 관, 덕트**1. 합성수지관**

- ① 지지점 간의 거리는 1.5[m] 이하로 할 것
- ② 합성수지제 가요전선관 상호 간 직접접속 금지

2. 금속제 가요전선관

- 2종 금속제 가요전선관을 사용한다. 그러나 점검할 수 있는 은폐된 장소에는 1종 가요전선관 사용이 가능하다.

3. 금속덕트공사

- ① 금속덕트에 넣은 전선의 단면적의 합계는 덕트 내부 단면적의 단면적 20[%] 이하일 것
- ② 전광표시 장치 또는 제어회로 등의 배선만을 넣는 경우에는 덕트 내부 단면적의 50[%] 이하일 것
- ③ 두께가 1.2[mm] 이상인 철판으로 제작할 것

4. 플로어덕트**5. 사용전선**

- ① 절연전선(옥외용 비닐 절연전선 제외)
→ 옥외용 비닐 절연전선은 저압 옥상 전선로에서 사용
- ② 연선을 사용하되, 단면적 10[mm²] 이하는 전선(동선)은 예외

Cheatkey

16 저압 옥내 공사 II. 애자

1. 사용 전선

- 옥외용 비닐 절연전선 및 인입용 비닐절연전선을 제외한 절연전선

2. 저압전선 상호간격 0.06[m]

3. 400[V] 초과 1[kV] 이하 관등회로 공사

Cheatkey

17 저압 옥내 공사 III. 케이블 트레이

1. 난연성 재료

- ① 난연성 케이블을 사용할 것 (캡타이어케이블 난연성 ×)
- ② 비금속제 케이블 트레이는 난연성 재료의 것

2. 안전율

- 케이블 트레이의 안전율은 1.5 이상으로 한다.

3. 접지공사

- 접지공사를 해야 한다.

Cheatkey

18 시설에 따른 공사 방법

1. 저압 옥내배선 사용전선

- ① 일반 : 단면적 2.5[mm²] 이상의 연동선
- ② 전광표시장치 : 단면적 0.75[mm²] 이상의 다심○○○
- ③ 진열장 : 단면적 0.75[mm²] 이상의 코드 또는 캡타이어케이블

2. 옥내 저압 나전선의 시설

1) 애자공사

- ① 전기로용 전선
- ② 전선의 절연물이 부식하는 장소
- ③ 취급자 이외 출입할 수 없는 장소

2) 버스덕트공사 ★

3) 라이팅덕트 공사

4) 오답유형

- ❶ 금속관 공사 (×)
- ❷ 금속덕트 공사 (×)

3. 분진(먼지) 위험장소의 시설

1) 폭연성 분진 위험장소

- ① 금속관 공사 ★
- ② 케이블 공사(캡타이어-케이블 제외)

2) 가연성 분진(먼지) 위험장소

- ① 금속관공사
- ② 케이블공사
- ③ 합성수지관공사

(두께 2[mm] 미만 또는 난연성이 없는 콤팩트 덕트관 제외)

4. 저압 옥측 전선로의 시설

- 저압 옥측전선로는 다음의 공사방법에 의할 것

- ① 애자공사(전개된 장소)
- ② 합성수지관공사 ★
- ③ 금속관공사(목조 이외의 조영물) ★
- ④ 버스덕트공사(전개된 장소의 목조 이외의 조영물)
- ⑤ 케이블공사(목조 이외의 조영물)

5. 고압 옥내 배선의 시설 (애케케)

- ① 애자공사(건조한 전개된 장소)
- ② 케이블공사
- ③ 케이블트레이공사

Cheatkey

19 대지전압 제한**1. 축전지**

- 주택의 전기저장장치의 **축전지**에 접속하는 부하 측 옥내배선에 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설한 경우 옥내전로의 대지전압은 600[V] 까지 적용할 수 있다.

2. 방전등

- ① 백열전등 또는 **방전등**에 전기를 공급하는 옥내 전로의 대지전압은 300[V] 이하여야 한다.
- ② 1[kV] 이하인 **방전등용** 안정기를 저압의 옥내배선과 직접 접속하여 시설할 경우 옥내전로의 대지전압은 300[V] 이하로 한다.

3. 아크용접기

- 가반형(이동형) **용접전극**을 사용하는 아크 용접장치의 1차측 전로의 대지전압은 300[V] 이하여야 한다.

Cheatkey

20 절연내력시험**1. 전로의 절연내력시험**

- 전로(충전부)와 대지간 시험전압을 연속 10분간 가하여 견딜 것

1) 전압이 7[kV] 이하, 170[kV] 초과일 때

전로의 종류 (최대사용전압)	시험전압 (최대사용전압의)	최저 시험전압
7[kV] 이하	1.5배	500[V]
170[kV] 초과	0.64배	—

2) 그 외 ★중1 찌질이 다구리쳐서 돈 빌려오자★

접지방식	시험전압 (최대사용전압의)	최저 시험전압
중성점 접지	1.1배	75[kV]
중성점 직접접지	0.72배	
다중접지	0.92배	
비접지	1.25배	10,500[V]

※케이블을 직류로 시험시 위 시험전압의 2배로 시험

3) 저압 전로의 절연저항 측정이 곤란한 경우

– 저항성분의 누설전류가 1[mA] 이하이면 절연성능 적합

【연습문제】	【풀이】
1. 중성점 직접접지식으로서 최대사용전압이 66[kV]인 변압기 권선의 절연내력 시험은 최대 사용 전압 몇 배의 전압에서 10분간 견디어야하는가?	: ‘직’접접지식 → 찌질이 → 직:칠이 → 직접접지식 0.72배
2. 최대사용전압이 23000[V]인 중성점 비접지식 전로의 절연내력 시험전압은 몇 [V]인가?	: ‘비’접접지식 → 빌려오 → 비:일리오 → 비접지식 1.25배
3. 최대 사용 전압이 22900[V]인 3상 4선식 중성선 다중접지식 전로와 대지 사이의 절연내력 시험전압은 몇 [V]인가?	: ‘다’중접지식 → 다구리 → 다:구이 → 다중접지식 0.92배

2. 회전기의 절연내력시험

■ 권선(충전부) 대지간 시험전압을 연속 10분간 가하여 견딜 것

종 류	시험전압	최저 시험전압
7 [kV] 이하	1.5배	500[V]
7 [kV] 초과	1.25배	10.5[kV]

회전기 : 발전기, 전동기, 조상기, 기타 회전기

Cheatkey

21 과전류 차단기

1. 용단전류

1) 저압전로 퓨즈

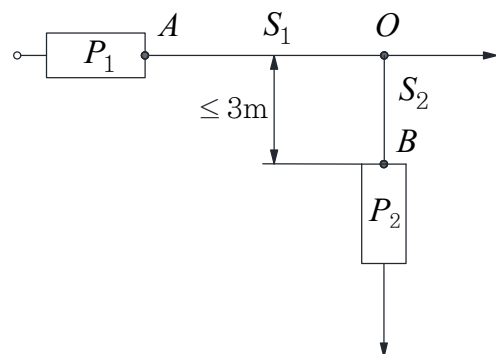
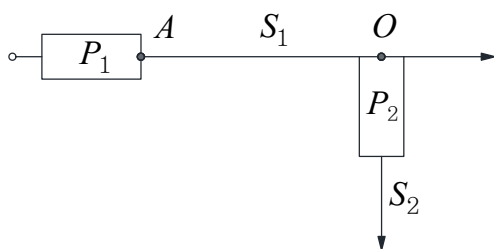
정격전류의 구분	시간	정격전류의 배수	
		불용단전류	용단전류
4A 이하	60분	1.5배	2.1배
4A 초과 16A 미만	60분	1.5배	1.9배
16A 이상 63A 이하	60분	1.25배	1.6배
63A 초과 160A 이하	120분	1.25배	1.6배
160A 초과 400A 이하	180분	1.25배	1.6배
400A 초과	240분	1.25배	1.6배

- 불용단 전류 : 정격전류의 몇 배의 전류에 견딜수 있는가?

2) 고압전로 퓨즈

퓨즈 종류	시간	정격전류의 배수	
		불용단전류	용단전류
포장 퓨즈	120분	1.3배	2배
비포장 퓨즈	2분	1.25배	2배

2. 과부하 보호장치의 설치 위치



- 저압 옥내간선에서 분기회로의 보호장치는 분기회로의 분기점으로부터 3[m]까지 이동하여 설치할 수 있다.

3. 저압 옥내전로 인입구 개폐기의 생략

- 사용전압이 400[V] 이하인 옥내전로로서 다른 옥내전로에 접속하는 길이가 15[m] 이하인 경우 정격전류가 16[A] 이하인 과전류 차단기에 의해 보호되고 있다면 개폐기를 생략할 수 있다.

Cheatkey

22 전동기 보호용 과부하 보호 장치

- 아래의 경우 전동기 소손 방지 과부하 보호 장치를 생략할 수 있다.
 - ① 정격 출력이 0.2[kW] 이하인 전동기
 - ② 단상전동기로서 전원측 전로에 시설하는 과전류 차단기의 정격전류가 16[A] (배선차단기는 20[A])인 경우

Cheatkey

23 누전차단기**1. 교통신호등**

- 사용전압이 150[V]를 넘는 경우 전로에 지락이 생겼을 경우 자동적으로 차단하는 누전차단기를 시설할 것

2. 금속제 외함

- 사용전압이 50[V]를 초과하는 금속제 외함을 갖는 저압의 기계기구로서 사람이 쉽게 접촉되어 위험의 우려가 있는 곳에 시설하는 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 설치하여야 한다.

3. 욕실용 콘센트

- ① 콘센트는 접지극이 있는 방적형 콘센트를 사용하여 접지
- ② 인체 감전 보호용 누전차단기(정격감도전류 15mA 이하, 동작시간 0.03초 이하의 전류 동작형의 것에 한함)를 사용한다.

Cheatkey

24 조상설비와 변압기 보호장치**1. 조상설비(무효전력 보상설비)의 보호장치**

설비종별	뱅크용량의 구분	자동적으로 전로로부터 차단하는 장치
전력용 커패시터 및 분로리액터	500kVA 초과 15,000kVA 미만	내부에 고장이 생긴 경우 과전류가 생긴 경우
	15,000kVA 이상★	내부에 고장이 생긴 경우 과전류가 생긴 경우 과전압이 생긴 경우
조상기 (무효전력 보상장치)	15,000kVA 이상★	내부에 고장이 생긴 경우

2. 변압기의 보호장치

뱅크용량의 구분	동작조건	장치의 종류
5000kVA 이상 10,000kVA 미만	변압기 내부고장	자동차단장치 or 경보장치
10,000kVA 이상	변압기 내부고장	자동차단장치

3. 탕냉식 변압기의 보호장치

	동작조건	장치의 종류
탕냉식 변압기	냉각장치에 고장이 생긴 경우 변압기의 온도가 현저히 상승한 경우	경보장치

Cheatkey

25 발전소 계측장치**1. 계측장치**

- ① 발전기의 베어링 및 고정자의 온도
- ② 전압 및 전류 또는 전력
- ③ 주요 변압기의 전압 및 전류 또는 전력
- ④ 특고압용 변압기의 온도
- ⑤ 태양 전지 모듈의 전압 및 전류 또는 전력

2. 오답유형

- | | |
|--------------|-----------|
| ❶ 회전자 온도 (×) | ❸ 주파수 (×) |
| ❷ 회전수 (×) | ❹ 역률 (×) |

Cheatkey

26 수소냉각식 발전기**1. 수소냉각장치 시설 기준**

- 1) 순도
 - 수소의 순도가 85[%]★ 이하로 저하한 경우에 이를 경보하는 장치를 시설할 것
- 2) 계측장치
 - 수소의 순도, 압력, 온도를 계측하는 장치를 시설할 것

Cheatkey

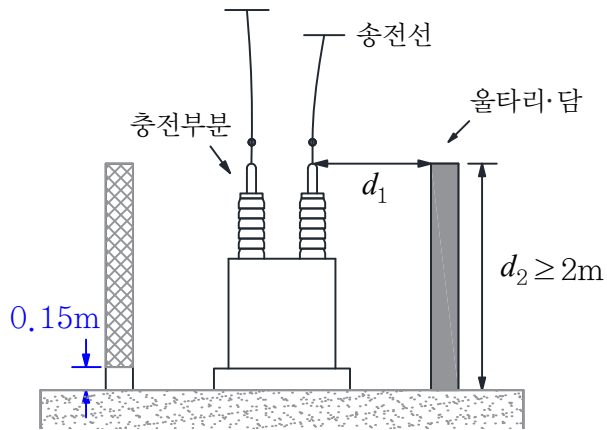
27 태양광설비**1. 태양광설비의 시설 기준**

- 1) 계측장치
 - 전압 및 전류 또는 전력을 계측하는 장치를 시설한다.
- 2) 시설
 - ① 충전부분은 노출되지 않도록 시설한다.
 - ② 출력배선은 극성별로 확인할 수 있도록 표시한다.
 - ③ 전선은 2.5[mm²] 이상의 연동선으로 한다.
 - ④ 옥측 및 옥외는 '합금금케'공사로 시설한다.
(합성수지관, 금속관공사, 금속제가요전선관, 케이블공사)

Cheatkey

28

발·변전소 울타리



- ① 발전소 등의 울타리·담의 높이는 2[m] 이상으로 한다.
- ② 지표면과 울타리·담의 하단 사이의 간격은 0.15[m] 이하로 한다.
- ③ 충전부분의 지표상 높이

사용전압	울타리의 높이와 울타리로부터 충전부분까지의 거리의 합계 또는 지표상의 높이
35 kV 이하	5 [m]
35 kV 초과 160 kV 이하	6 [m]
160 kV 초과	6 [m] + 단수 × 0.12 [m]

Cheatkey

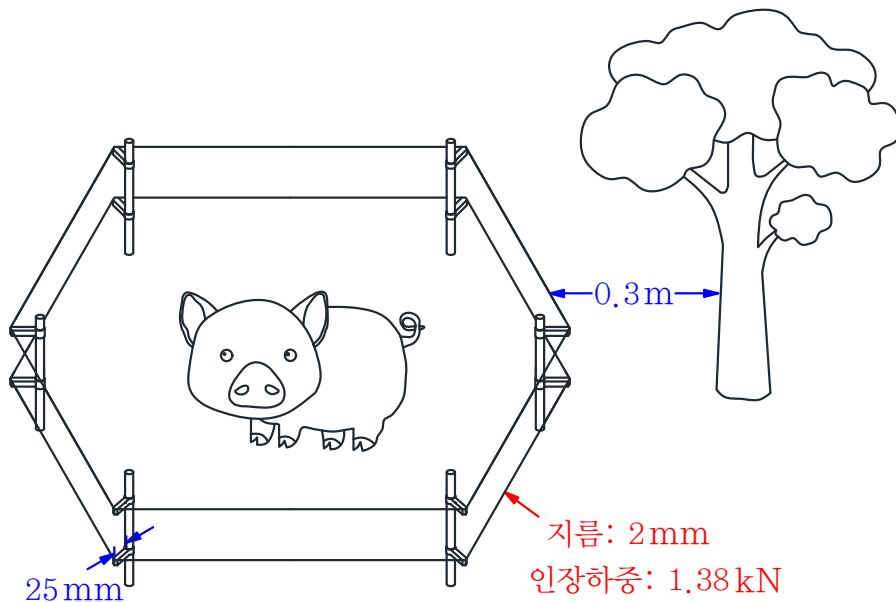
29 센서등

■ 다음의 경우에는 센서등(타임스위치포함)을 시설한다.

- ① 숙박업에 이용되는 객실의 입구등은 1분 이내에 소등되는 것
- ② 일반주택 및 아파트 각 호실의 현관등은 3분 이내에 소등되는 것

Cheatkey

30 전기 울타리



1. 시설조건

- ① 수목과의 이격거리는 0.3[m] 이상일 것
- ② 전선과 이를 지지하는 기둥 사이의 이격거리는 25[mm] 이상일 것
- ③ 전선의 인장강도는 1.38[kN] 이상일 것
- ④ 전원장치에 전기를 공급하는 전로의 사용전압은 250[V] 이하일 것
- ⑤ 전선의 지름은 2[mm] 이상의 경동선 일 것

Cheatkey

31 전력보안통신설비**1. 전력보안통신설비의 시설장소**

- ① 66, 154, 345, 765[kV] 계통 **송전선로** 구간
 - ② 22.9[kV] 계통 **배전선로** 구간, 분산전원형 발전소
 - ③ 원격감시제어가 되지 않는 '발전소', '변전소' 등의 설비와 이들을 운용하는 '급전소(또는 급전분소)' 사이
- 1) 오답유형
- ❶ 원격감시제어가 되지 않는 발전소와 변전소 간 (×)
 - ❷ 배전선로 154[kV] 계통의 지중선로 구간 (×)
 - ❸ 배전선로 154[kV] 계통에 연결되는 분산전원형 발전소 (×)

2. 전력보안통신선의 조가선 시설기준

- 조가선은 설비 안전을 위하여 전주와 전주 경간 중에 접촉하지 말 것.
- 오답유형 : 전주와 전주 경간 중에 **접속할 것** (×)

Cheatkey

32 도체의 단면적**1. 도체(전선, 케이블 등)의 단면적 0.75[mm²] 이상을 사용해야 하는 경우**

- ① 옥내 저압 이동전선 캡타이어 케이블
- ② 저압 이동기구 외함 접지 다심 캡타이어 케이블
- ③ 전광표시장치 다심케이블
- ④ 건조한 상태로 사용하는 진열장 내부 배선

2. 도체(전선, 케이블 등)의 단면적 16[mm²] 이상을 사용해야 하는 경우

- ① 중성점 접지용 접지도체
- ② 공통접지공사 적용 시 선도체의 단면적이 16[mm²]인 보호도체

3. 도체(전선, 케이블 등)의 단면적 6[mm²] 이상을 사용해야 하는 경우

- ① 큰 고장전류가 흐르지 않는 접지도체
- ② 지락 발생시 2초 이내 자동 차단 장치가 되어있는 25[kV] 이하 특고압 가공전선 중성점 접지용 접지도체

Cheatkey

33 주택용 배선차단기**1. 저압전로에 사용하는 주택용 배선차단기의 순시트립에 따른 구분**

차단기유형	순시트립 범위
B	$3I_n$ 초과 $\sim 5I_n$ 이하
C	$5I_n$ 초과 $\sim 10I_n$ 이하
D	$10I_n$ 초과 $\sim 20I_n$ 이하

Cheatkey

34 피뢰기 설치 장소

- ① 고압 및 특고압 가공전선로부터 공급을 받는 수용장소의 인입구
- ② 특고압 가공전선로와 지중전선로가 접속되는 곳

Cheatkey

35 풍력터빈의 피뢰설비**1. 풍력터빈의 피뢰설비 시설기준**

- 수뢰부를 풍력터빈 선단부분 및 가장자리 부분에 배치하되 뇌격전류에 의한 발열에 용손*(溶損)되지 않도록 재질, 크기, 두께 및 형상 등을 고려할 것
→ 오답유형 : 수뢰부를 풍력터빈 중앙부분에 배치

*용손(溶損) : 녹아서 손상되다.

Cheatkey

36 전기철도**1. 급전용 변압기**

- ① 교류 전기철도 : 3상 스코트 결선 변압기
- ② 직류 전기철도 : 3상 정류기용 변압기

2. 주행레일 이격거리

- 누설전류를 피하기 위해 주행레일과 매설 배관 또는 케이블 : 1[m] 이상

3. 충전부와 식물 사이의 이격거리

- 교류 전차선 등 충전부와 식물 사이의 이격거리 : 5[m] 이상