

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	

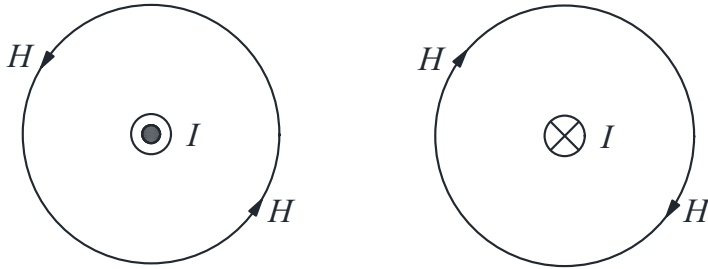
Cheatkey

1

전기기기 기초이론

1. 앙페르의 오른나사 법칙

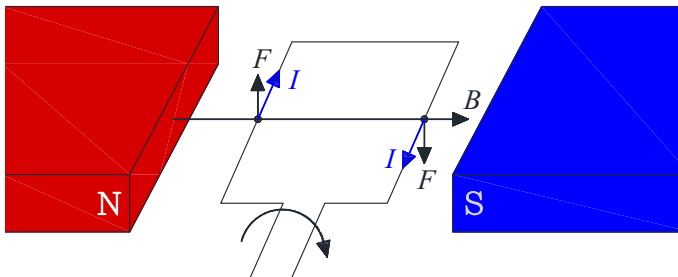
- 전류(I)에 의한 자속(ϕ)의 방향을 결정하는 법칙



2. 플레밍의 오른손 법칙(발전기)

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

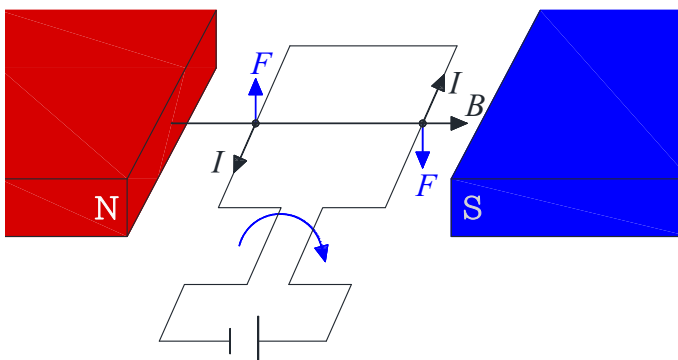
→ 도체가 운동하여 자속을 끊으면 유기기전력이 발생



※ $B \& F \rightarrow E$: 발전기

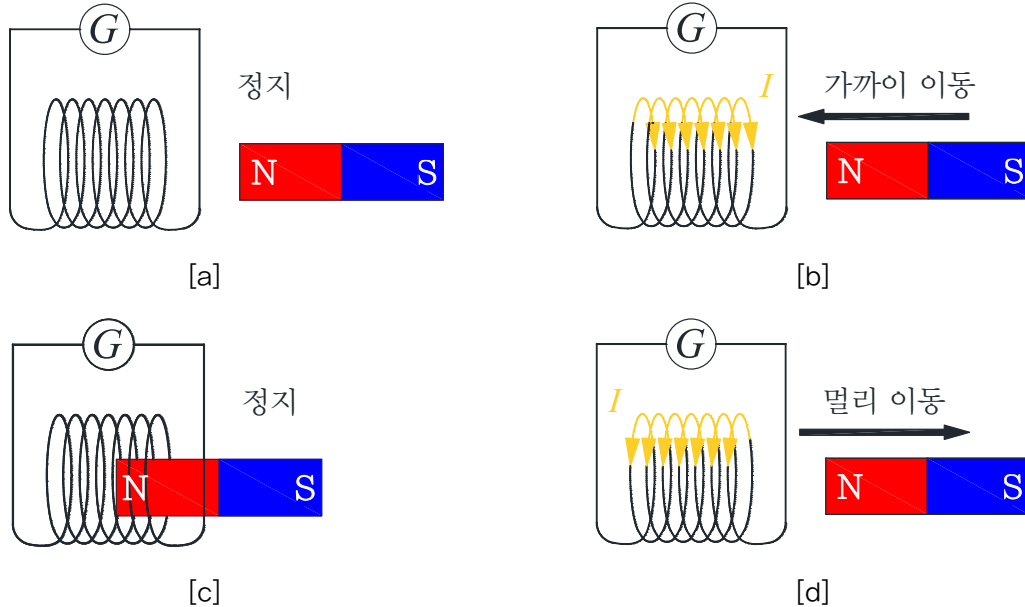
3. 플레밍의 왼손 법칙(전동기)

- 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

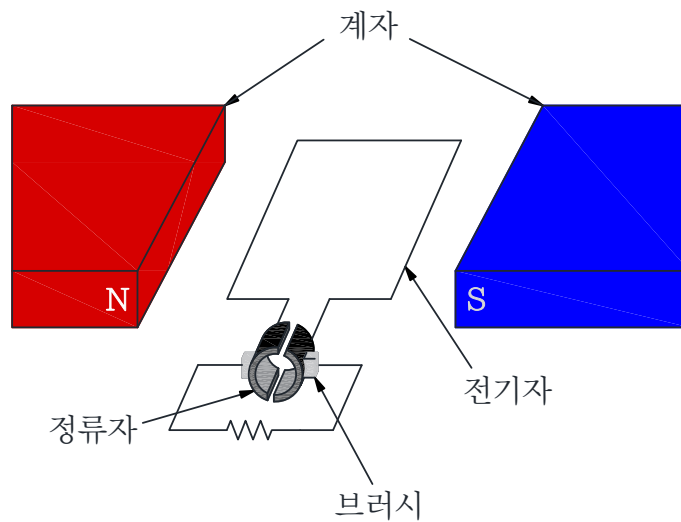


- 1) 전자기 유도 : 코일 내부에서 자속의 변화에 의하여 도체에 기전력이 발생하는 현상
- 2) 유도기전력 : 전자기 유도 현상에 의해 발생한 기전력
- 3) 패러데이의 법칙 : 유도기전력의 크기는 자속의 시간적인 변화에 비례 ($E = N \frac{d\phi}{dt}$)
- 4) 렌츠의 법칙 : 전자기 유도에 의해 발생하는 유도기전력은 코일 내부 자속의 증감을 방해하는 방향으로 발생
- 5) 패러데이-렌츠의 전자기 유도 법칙 : $E = -N \frac{d\phi}{dt}$

Cheatkey

2 [직류기] 구조 및 원리

1. 직류기의 구조

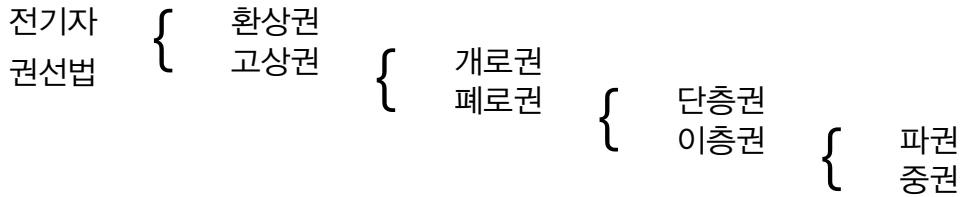


- 1) 계자 : 자속을 발생하는 부분(자석)
- 2) 전기자 : 자속을 끊어 기전력을 유기시키는 도체
 - ① 철심에 규소를 함유 → 히스테리시스손(P_h) 감소
 - ② 성층철심 사용 → 와류손(P_e) 감소
- 3) 정류자 : 발생한 교류를 직류로 변환하는 부분
- 4) 브러시 : 전기자와 외부 부하를 연결하는 부분, 각 극에 1개씩 부착

Cheatkey

3 [직류기] 전기자 권선법

- 슬롯에 전기자 권선(코일)을 감는 방법

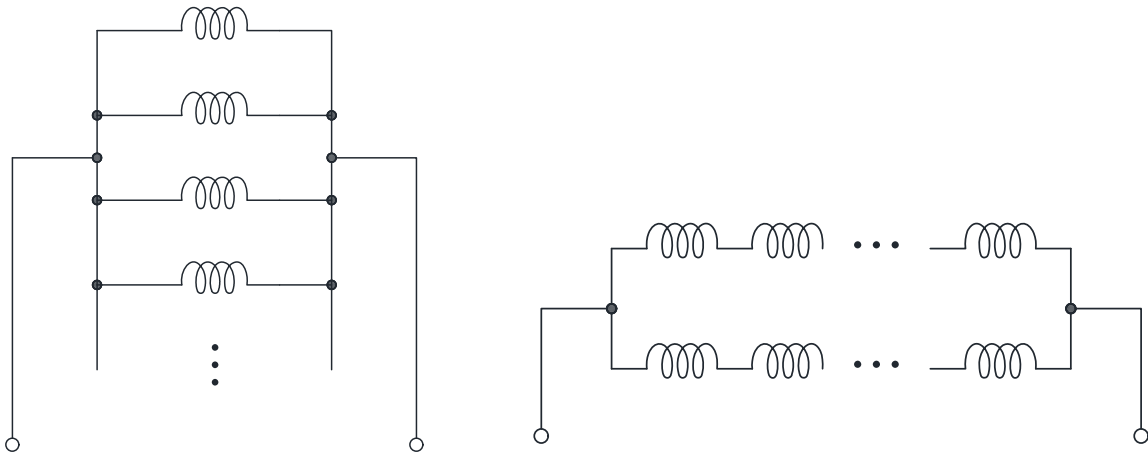


1. 단층권과 이층권

- 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)

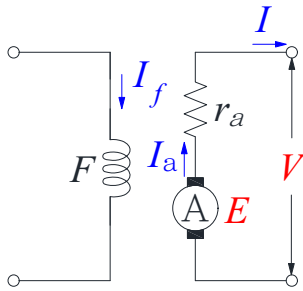
- ① 직류발전기 정류 초기에 전류변화가 크면 발생하는 불꽃정류
- ② 불꽃 없는 정류를 위해 평균 리액턴스 전압(A)과 브러시 접촉면 전압강하(B) 사이에 필요한 조건 = $A < B$

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 $I = I_a$

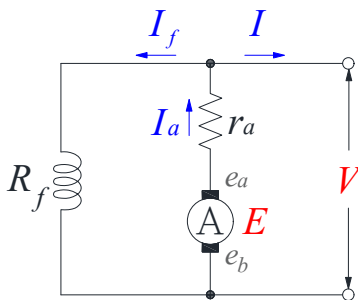
무부하시

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 $V = I_f R_f$

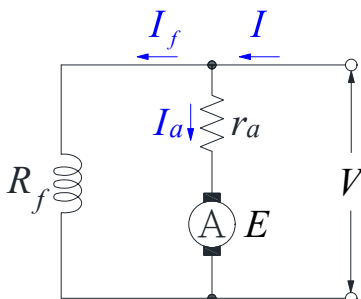
③ $V = E - I_a r_a + (-e_a - e_b)$

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

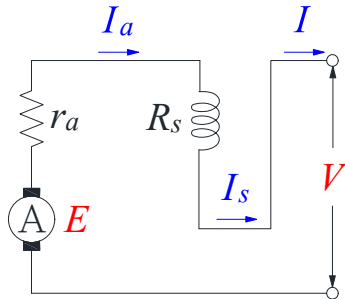
① $I = I_a + (I_f)$

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

$$\textcircled{1} I = I_a = I_f$$

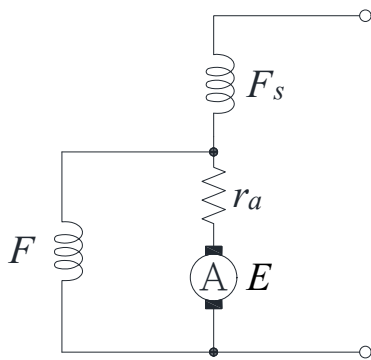
$$\textcircled{2} V = E - I_a(r_a + R_f)$$

무부하시

$$\textcircled{1} I = I_a = I_f = 0$$

$$\textcircled{2} E = 0$$

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

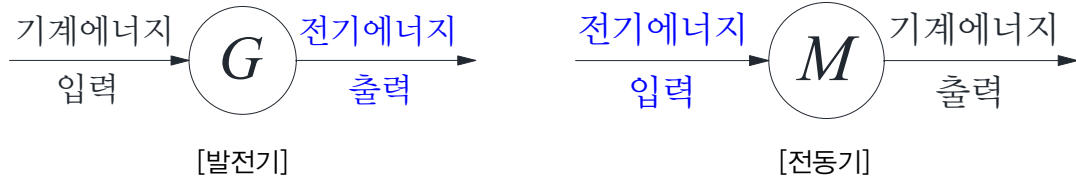
10 [직류기] 효율

- 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



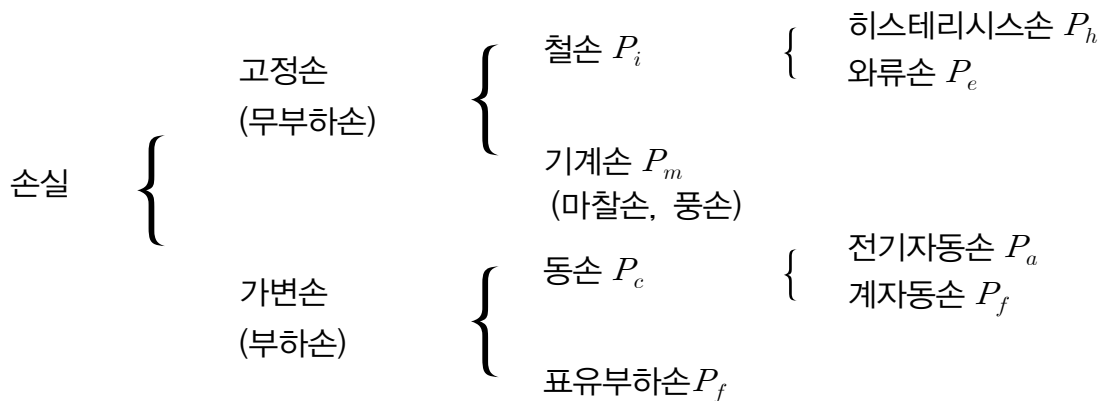
(1) 발전기 규약효율

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

(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

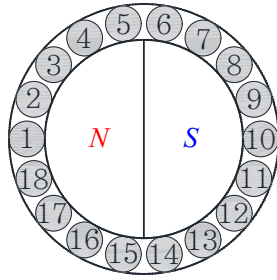
$$\bullet P_i = m^2 P_c$$

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

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]

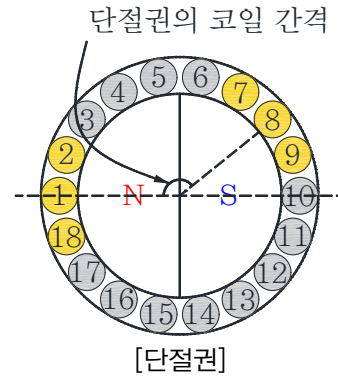
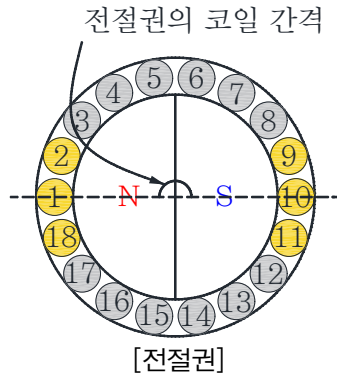
- ① 집중권 : 매극 매상의 코일을 1개의 슬롯에 집중
- ② 분포권 : 매극 매상의 코일을 2개 이상의 슬롯에 분산

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

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

- ③ $\delta = 90^\circ$ 에서 최대 출력을 발생

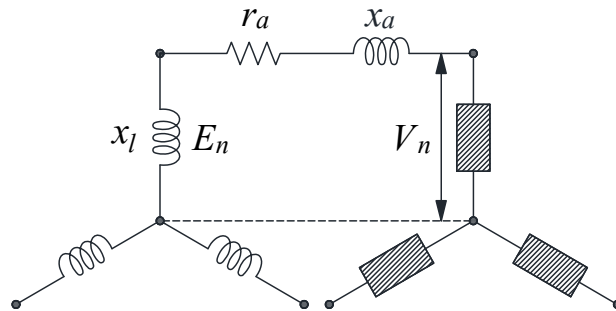
E : 유기기전력 V : 단자전압

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

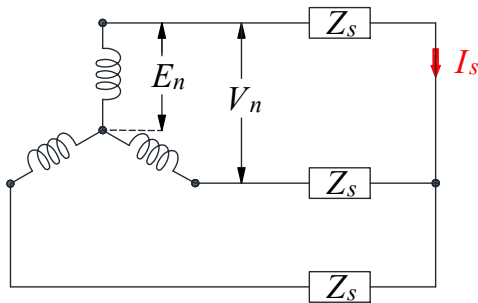
$$\textcircled{1} \%Z_s = \frac{I_n Z_s}{E_n} \times 100 [\%]$$

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

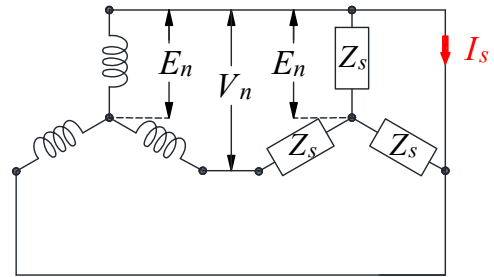
Cheatkey

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

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

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

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

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

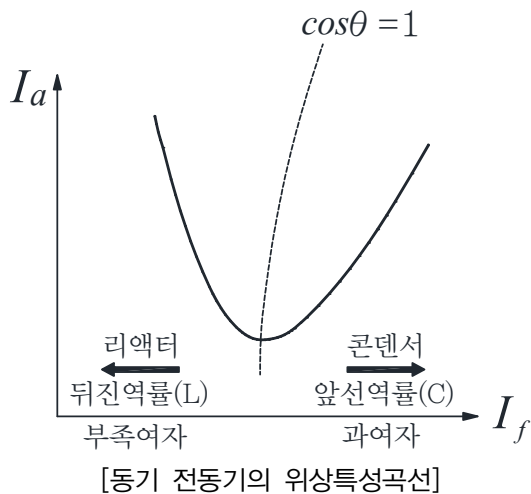
5) 3상일 경우 상회전이 같을 것

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

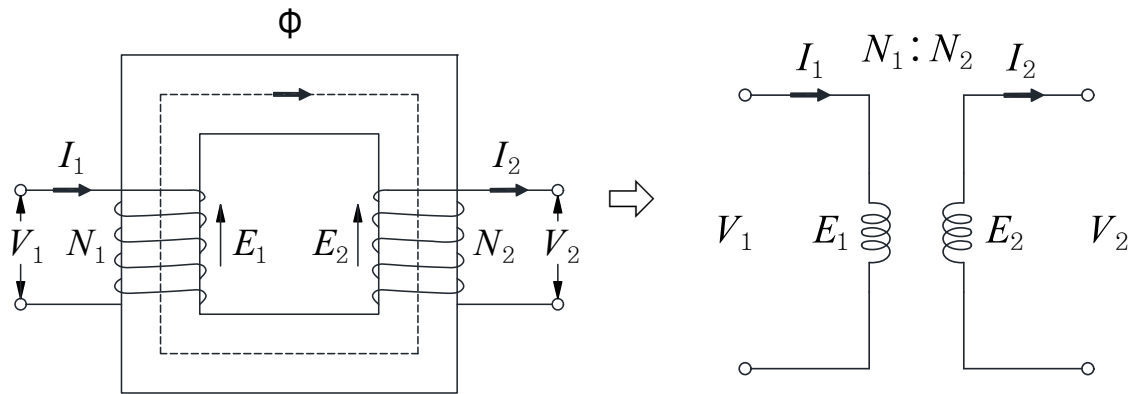
3) 동기 발전기의 위상특성곡선

- 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

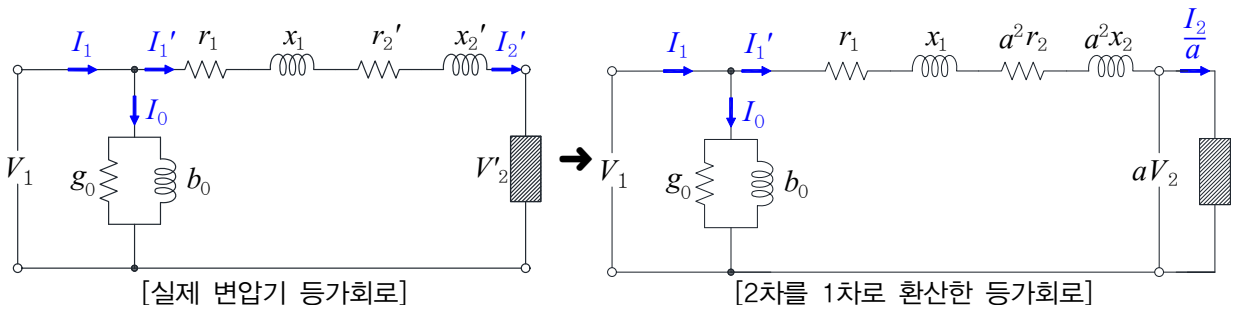
$$\textcircled{1} E = 4.44fN\phi_m [\text{V}]$$

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

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

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

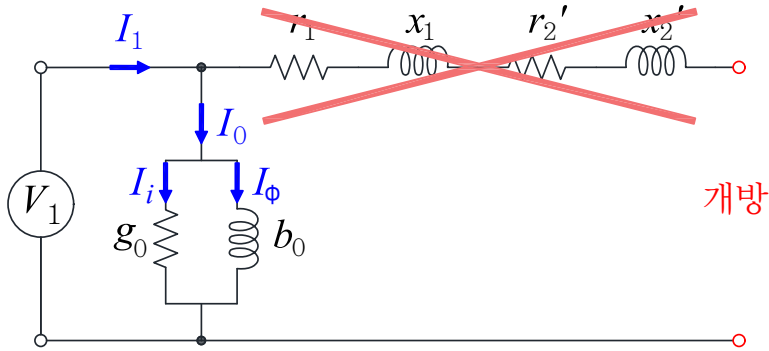
4. 변압기 등가회로 구성에 필요한 시험

- 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 : $I_1 = I_0 = \dot{I}_i + \dot{I}_\phi = \sqrt{I_i^2 + I_\phi^2}$

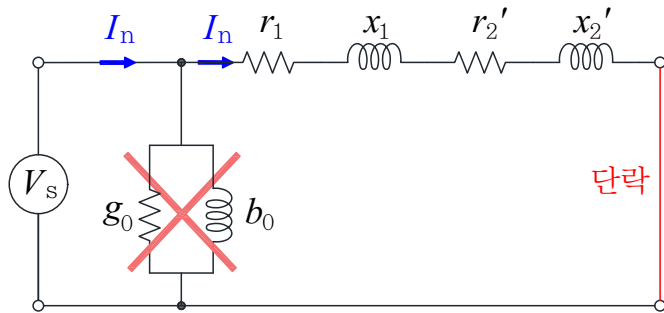
3) 무부하(개방) 시험을 통해 구할 수 있는 것

- 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]

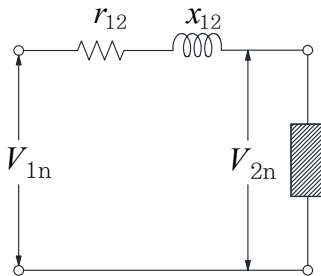
3) 단락시험을 통해 구할 수 있는 것

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

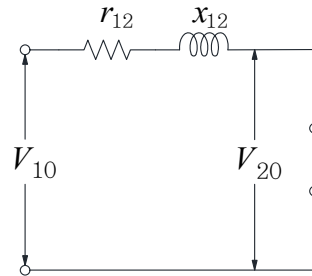
Cheatkey

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

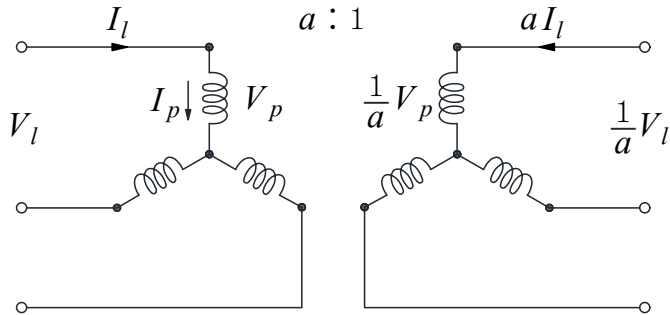
$$\bullet \varepsilon_{\max} = \sqrt{p^2 + q^2}$$

Cheatkey

25 [변압기] 3상 결선

1. Y-Y결선, Δ-Δ결선

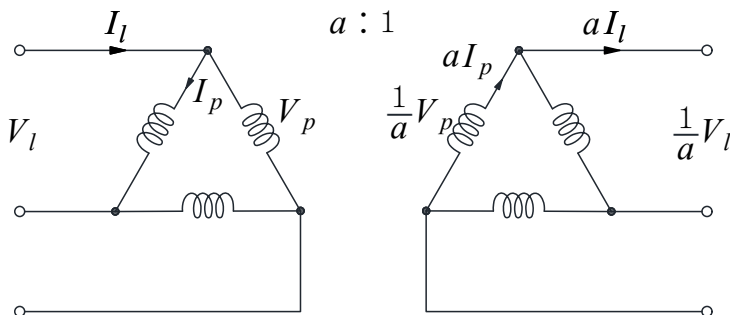
1) Y-Y결선



① $I_l = I_p$

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

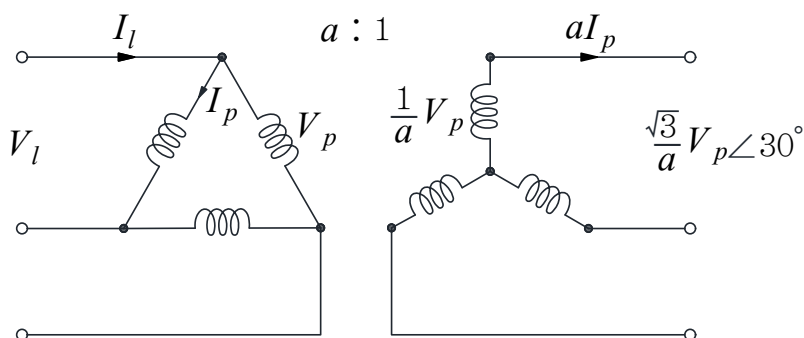
2) Δ-Δ 결선



① $V_l = V_p$

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

2. Δ-Y결선(Y-Δ 결선)

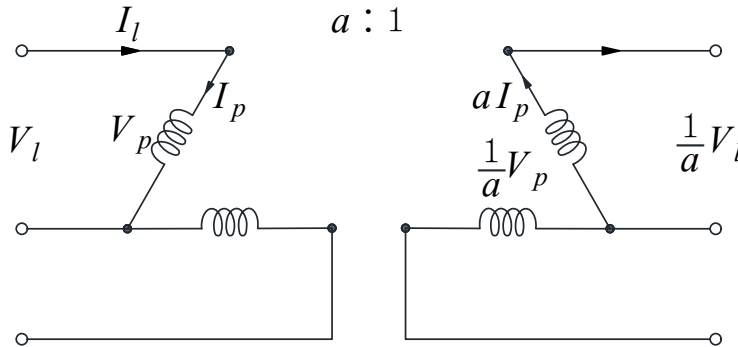


※ 3상 변압기군의 병렬운전에서 홀수 조합으로 이루어지면, 위상차가 발생하여 운전이 불가능

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)

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

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

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

2) 동손(부하손)

$$\bullet \text{ 동손 : } P_c = I^2 r$$

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.

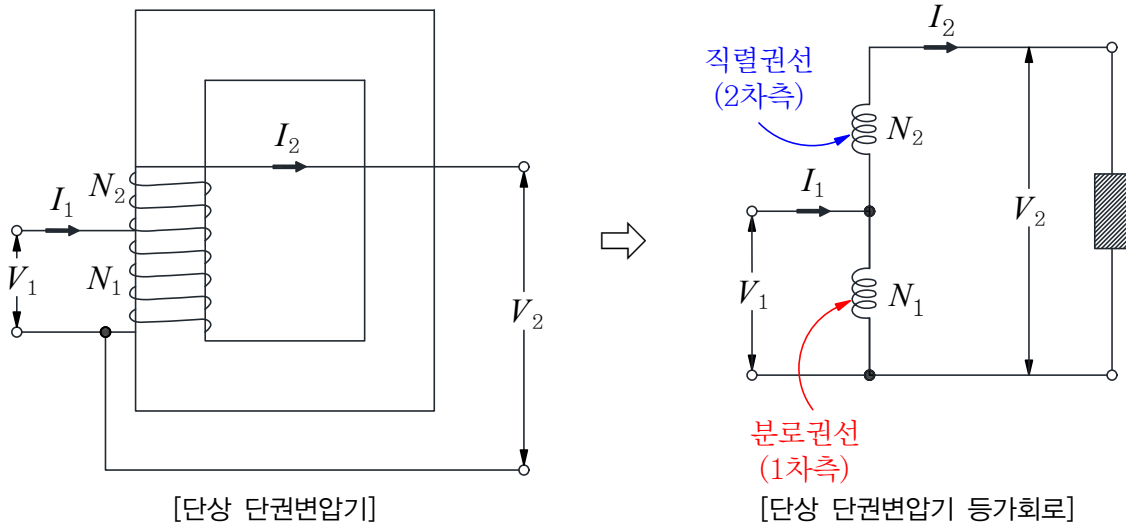
즉, 수학적인 연산이 아니라 부하율을 표현하는 두 가지 방법입니다.

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~)

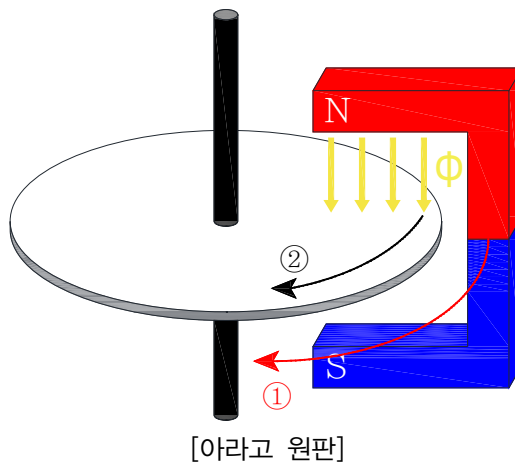
- ① 부흐홀츠 계전기 → 가스와 압력등에 의해 동작
- ② 온도계전기
- ③ 차동 계전기
- ④ 비율차동계전기 → 변압기 상간 단락 보호

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

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

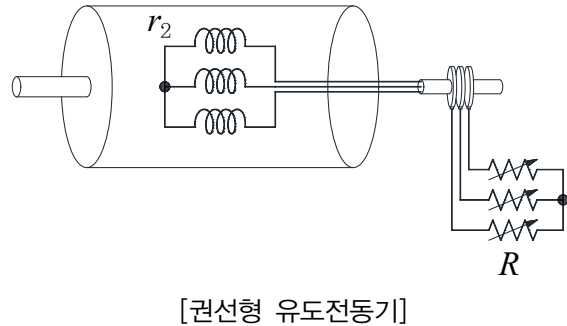
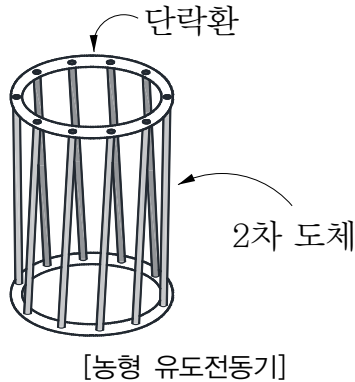
- ② 전동기 슬립의 범위 : $0 < s < 1$ (발 : $s < 0$)

- 정지시(기동시) 슬립 $s = 1$

- ③ 유도 전동기로 동기 전동기를 기동하는 경우

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

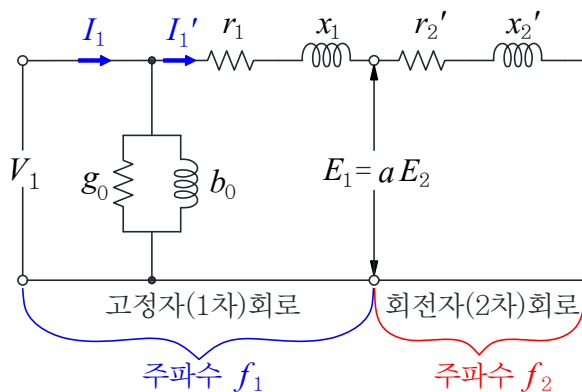
3. 회전자의 종류(농형, 권선형)



- 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

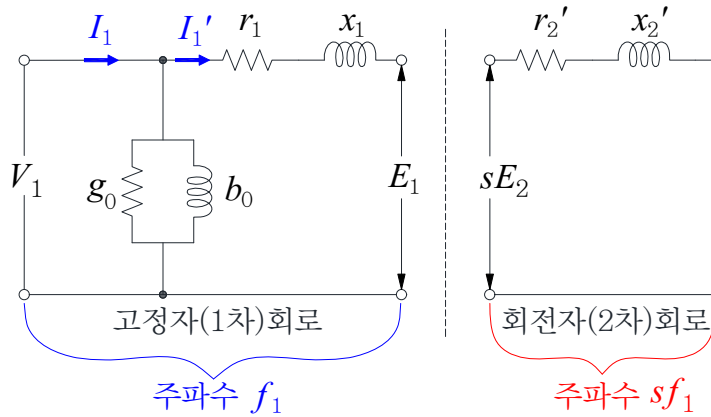
- ① 1차 $E_1 = 4.44K_{\omega 1}f_1N_1\phi_1$
- ② 2차 $E_2 = 4.44K_{\omega 2}f_2N_2\phi_2$

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 : $s = \frac{E_{2s}}{E_2}$

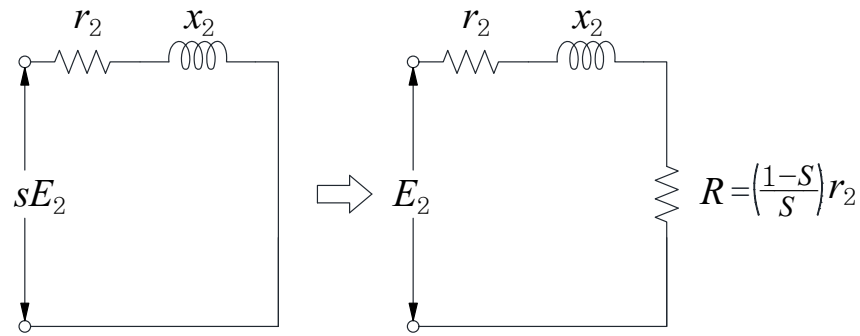
3) 회전 시 권수비

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

Cheatkey

32

[유도기] 권선형 유도전동기 전력변환

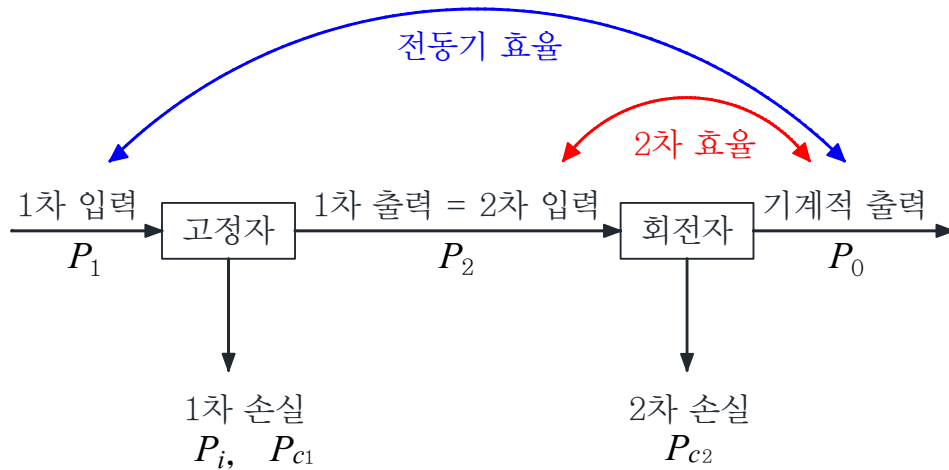


[운전 시 2차측 등가회로]

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'

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

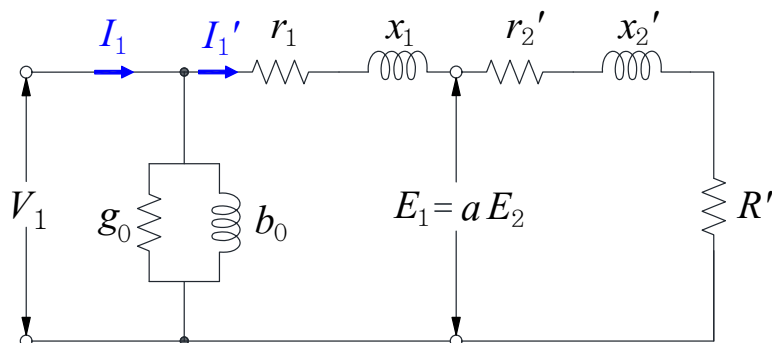
2차 입력(P_2)	:	2차 동손(P_{c2})	:	기계적 출력(P_0)
$\left(\frac{1}{s}\right) I^2 r_2$	:	$I^2 r_2$	:	$\left(\frac{1-s}{s}\right) I^2 r_2$
P_2	:	$s P_2$	:	$(1-s) P_2$
1	:	s	:	$1-s$
동기속도(N_s)	:	상대속도	:	속도(N)
N_s	:	$s N_s$	:	$(1-s) N_s$
1	:	s	:	$1-s$

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

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

2) 토크와 전압의 비례관계

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

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

② 기동시 최대토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항

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

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

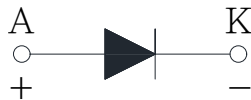
2. 역회전

- 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)



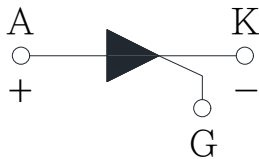
① A : 애노드 (+)

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 trun off 조건

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

3. 기타 사이리스터

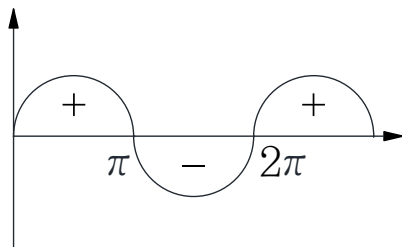
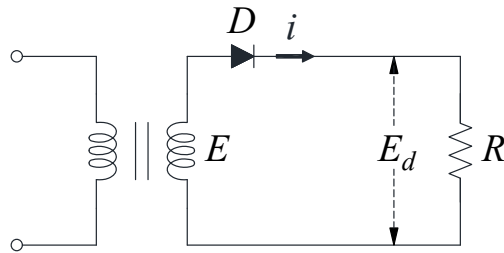
- ① TRIAC : 2방향성 3단자 사이리스터
- ② SCS : 4단자 사이리스터

→ Q. 3단자 사이리스터가 아닌 것은? A. SCS

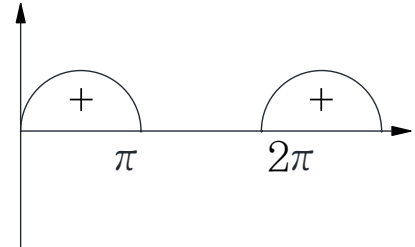
Cheatkey

38 [정류기] 다이오드 정류회로

1. 단상 반파 정류회로



[입력파형]



[출력파형]

1) 전압 평균값(직류출력)

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

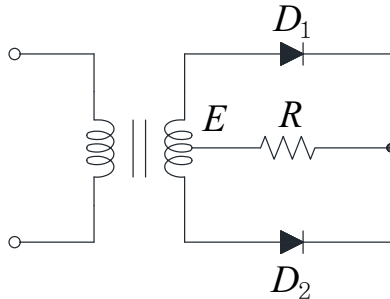
2) PIV(첨두역전압)

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

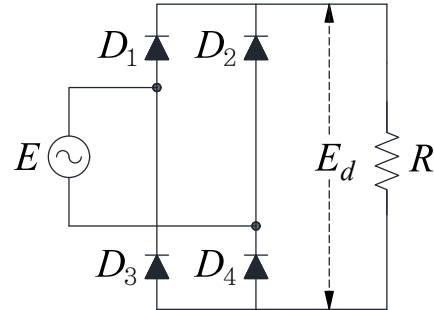
3) 맥동률

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

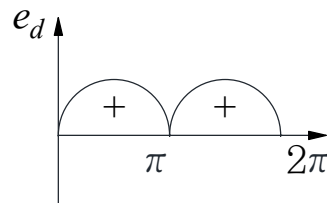
2. 단상 전파 정류회로



[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

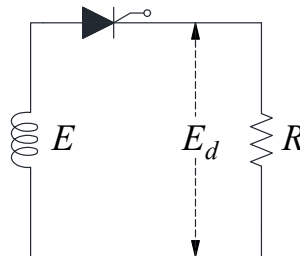
(2) 다이오드의 직렬 연결

- 과전압으로 인한 다이오드 소손 방지

Cheatkey

39 [정류기] SCR 사이리스터 위상제어

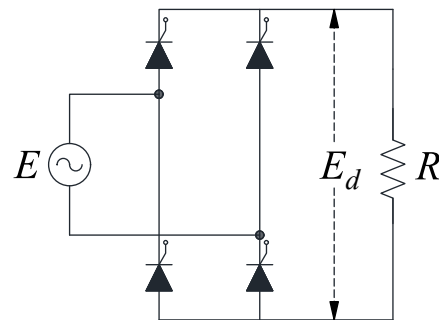
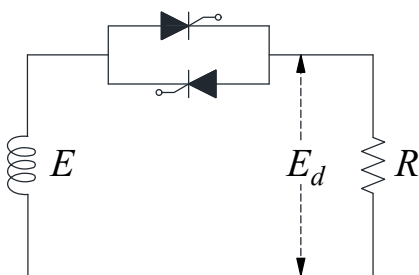
1. 단상 반파 정류회로



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