

# 1. 직류기

## 제1장 직류기발전기의원리 및 구조

1. 전기자의 3요소 : 계자, 전기자, 정류자

- 계자 : 자속을 발생
- 전기자 : 자속을 끊어 기전력을 유기한다.
- 정류자 : AC를 DC로 변환

2. 전기자 철심은 규소강판으로 성층한다.

- 철심 : 두께 0.35-0.5mm,  
규소함유량: 1-1.4(%)
- 이유 : 철손(히스테리시스손, 와류손)감소

## 제2장 전기자 권선법과 유도 기전력

3. 유도기전력:  $E = \frac{PZ\Phi N}{60a} [V]$

- 총도체수 :  $Z = 2 \times \text{권수} \times \text{코일수} = 2wN_a$
- 직렬도체수 :  $\frac{Z}{a}$

4. 전기자 권선법: 고상권, 페로권, 이층권

5. 중권과 파권의 비교

	중권	파권
a	P (mp)	2 (2m)
b	P	2
용도	대전류	고전압
균압접속	4극이상	x

## 제3장 전기자 반작용

6. 전기자 반작용이란: 전기자권선의 자속이 계자권선의 자속에 영향을 주는 현상이다.

7. 전기자 반작용의 영향

- 발전기: · 주자속이 감소한다. ⇨ 유기기전력의 감소  
 · 중성축이 이동한다. ⇨ 회전방향과 같다.  
 · 정류자편과 브러시 사이에 불꽃이 발생한다. ⇨ 정류불량
- 전동기: · 주자속이 감소한다. ⇨ 토크감소, 속도증가  
 · 중성축이 이동한다. ⇨ 회전방향과 반대  
 · 정류자편과 브러시 사이에 불꽃이 발생한다. ⇨ 정류불량

※ 보극이 없는 직류발전기는 브러시를 회전방향으로 이동시킨다. 정류를 양호하게 하기 위함

8. 전기자 반작용의 방지대책

- 보극과 보상권선을 설치한다.

- 보극 ⇨ 중성축 부근의 전기자 반작용을 상쇄시킨다
- 보상권선 ⇨ 대부분의 전기자 반작용을 상쇄시킨다. 가장 유효한방법

9. 전기자 기자력

- 감자 기자력(직축기자력):  $AT_d = \frac{I_a Z}{2aP} \cdot \frac{2a}{\pi} = \frac{\alpha}{\pi} \cdot \frac{ZI_a}{aP} [AT/극]$
- 교차기자력:  $AT_c = \frac{I_a Z}{2aP} \cdot \frac{\pi - 2\alpha}{\pi} = \frac{I_a Z}{2aP} \cdot \frac{\beta}{\pi} [AT/극]$

제4장 정류

10. 양호한 정류를 얻는조건 :
- 리액턴스전압을 작게한다.
  - 정류주기를 길게한다.
  - 코일의 자기인덕턴스를 줄인다.(단절권)
  - 전압정류 - 보극설치
  - 저항정류 - 탄소브러시 설치.(접촉저항이 크기 때문에)

11. 리액턴스전압 :  $e = -L \frac{di}{dt} \rightarrow e_L = L \frac{2I_c}{T_c} [V]$  ※ 리액턴스 전압은 무조건 작을수록 좋다.

5장 직류발전기의 종류와 특성

12. 발전기와 전동기의 비교

종류	발전기	전동기
타 여 자	· 잔류자기가 없어도 발전이가능 · 운전중 회전 방향반대 · +, - 극성이 반대로 되어 발전	· +, - 극성을 반대로 하면 ⇨ 회전 방향이 반대 · 정속도 전동기
분 권	· 잔류자기 없으면 발전불가능 · 운전중 회전 방향반대 ⇨ 발전불가능 · 운전중 계자회로를 갑자기열면 ⇨ 고압이 발생된다.	· 정속도 특성의 전동기 · 운전중 계자회로 가 단선이 되면 ⇨ 회전속도가 갑자기 고속이 된다. · 위험상태 ⇨ 정격전압, 무여자상태 · +, - 극성을 반대로 하면 ⇨ 회전 방향이 불변
직 권	· 운전중 회전 방향반대 ⇨ 발전불가능 · 무부하시 자기여자로 전압을 확립할 수 없다.	· 변속도 전동기 · 부하에 따라 속도가 심하게 변한다. · 운전중 무부하 상태가 되면 갑자기 고속이 된다. · +, - 극성을 반대로 하면 ⇨ 회전 방향이 불변 · 직류전차용 전동기 ⇨ 토오크가 클 때 속도가 작고 속도가 클 때 토오크가 작다. · 벨트부하를 갈수 없다. ⇨ 벨트가 벗겨지면 갑자기 고속이 된다. · 위험상태 ⇨ 정격전압 무부하상태

13. 발전기의 기본식

$$E = R_a I_a + V + e_a + e_b = V + R_a I_a [V]$$

14. 자여자 발전기의 전압확립 조건: ① 무부하 곡선이 자기포화곡선이 있을 것  
② 잔류자기가 있을 것

③임계저항 > 계자저항

④회전방향이 잔류자기를 강화하는 방향 일 것

※ 회전방향이 반대이면 잔류자기가 소멸하여 발전하지 않는다.

15. 전압변동률

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

+	$V_0 > V_n$	타여자, 분권, 부족복권, 차동복권
-	$V_0 < V_n$	직권, 과복권

다

제6장 직류발전기의 운전 및 병렬운전

16. 병렬운전조건 : ① 정격전압과 극성이 같을 것

② 외부특성곡선이 어느 정도 수하특성 일 것

③ 용량이 다른 경우 %부하전류로 나타낸 외부특성곡선이 일치할 것

④ 용량이 같은 경우 외부특성 곡선이 일치할 것

※ 달라도 되는 것 : 절연저항, 손실, 용량

17. 부하의 분담: ① 유기기전력이 크면 부하분담을 많이 한다.

② 유기기전력이 같으면 전기자 저항에 반비례한다.

③ 용량이 다르고 , 나머지가 같으면 용량에 비례한다.

18. 병렬운전을 안정히 하기 위해서는 직권계자가 있는곳에 균압선을 접속한다.

직권발전기, 복권발전기는 균압선을 접속한다.

제  
기

제7장 직류전동기의 구조 및 원리

19. 토크(Torque) :  $T = \frac{P}{\omega} = \frac{PZ\phi I_a}{2\pi a} = K\phi I_a$  [N·m]  $\Rightarrow T = 0.975 \frac{P}{N}$  [kg·m]

· 직권은 전기자 전류의 제공에 비례한다.(자기포화 무시한다.)

· 분권은 전기자 전류에 비례한다.

하

20. 속도

· 직권전동기의  $N = K \frac{V - I_a(R_f + R_a)}{I_a}$  [rps]

원

## 제8장 직류전동기의 특성

### 21. 직류전동기의 특성

종류	전동기
타여자	<ul style="list-style-type: none"> <li>· +, - 극성을 반대로 하면 ⇒ 회전 방향이 반대로 된다..</li> <li>· 정속도 전동기</li> </ul>
분권	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정속도 특성의 전동기</li> <li>· 운전중 계자회로 가 단선이 되면 ⇒ 회전속도가 갑자기 고속이 된다.</li> <li>· 위험상태 ⇒ 정격전압 , 무여자상태</li> <li>· +, - 극성을 반대로 하면 ⇒ 회전 방향이 불변이다.</li> </ul>

직권	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 변속도 전동기</li> <li>· 부하에 따라 속도가 심하게 변한다.</li> <li>· 운전중 무부하 상태가 되면 갑자기 고속이 된다.</li> <li>· +, - 극성을 반대로 하면 ⇒ 회전 방향이 불변이다.</li> <li>· 직류전차용 전동기 ⇒ 토오크가 클 때 속도가 작고 속도가 클 때 토오크가 작다.</li> <li>· 벨트부하를 걸수 없다. ⇒ 벨트가 벗겨지면 갑자기 고속이 된다.</li> <li>· 위험상태 ⇒ 정격전압 무부하상태</li> </ul>
----	--

22. 역기전력:  $E_C = V - R_a I_a$  [V]

## 제9장 직류전동기의 운전

### 23. 속도제어

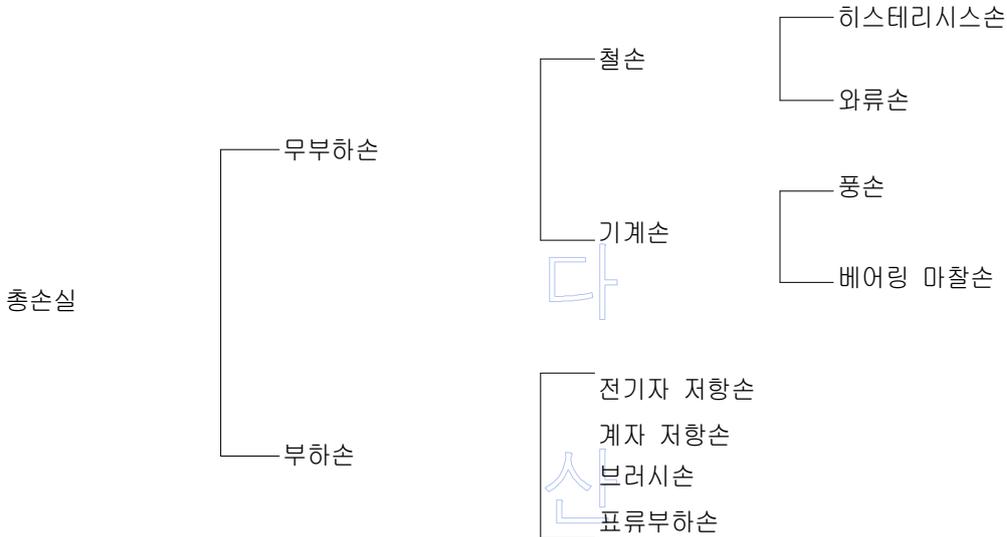
$$N = K \frac{E_C}{\Phi} = K \frac{V - I_a R_a}{\phi} \quad [ \text{ rps } ]$$

전압제어	효율좋다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 광범위 속도제어</li> <li>· 일그너방식 (부하가 급변하는곳)</li> <li>· 워어드레어너드 방식</li> <li>· 정토크 제어</li> </ul>
계자제어	효율좋다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 세밀하고 안정된속도제어</li> <li>· 속도조정범위 좁다.</li> <li>· 정출력 구동방식</li> </ul>
저항제어	효율나쁘다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 속도조정범위 좁다.</li> </ul>

23. 속도변동률

$$\epsilon = \frac{N_0 - N}{N} \times 100 \text{ [%]}$$

제10장 손실 및 효율



24. 손실

25. 효율

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

$$\eta_{\text{전동기}} = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100 \text{ [%]}$$

$$\eta_{\text{발전기}} = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100 \text{ [%]}$$

26. 최대효율조건

$$\text{무부하손(고정손)} = \text{부하손(가변손)}$$

제11장 직류기의 시험법

27. 온도시험법

① 실부하법

- 발전기 ⇨ 수저항 또는 전구
- 전동기 ⇨ 전기동력계, 기계적브레이크, 발전기

② 반환부하법

- 카프 ⇨ 전기적 손실공급
- 흡킨즈 ⇨ 기계적 손실
- 브론델 ⇨ 전기적 + 기계적 손실

28. 절연물의 허용온도

전  
기  
학  
원

Y	A	E	B	F	H	C
90	105	120	130	155	180	180초과

## 제12장 특수직류기

29. 정전압 발전기: · 로젠베르크 발전기  
· 베르그만 발전기  
· 제3브러시 발전기
30. 증폭발전기: · 앰플라다인 발전기  
· 로토틀 발전기  
· HT다이아모 발전기

다  
산  
전  
기  
학  
원

## 2. 동기기

### 제1장 동기발전기의 원리

31. 동기발전기를 회전자형으로 하는 이유:
- 계자는 기계적으로 튼튼하다.
  - 계자는 소요전력이 작다. 절연이 용이하다.
  - 전기자는 Y결선으로 복잡하다.
  - 전기자는 고압을 유지한다.
32. 동기 발전기를 Y결선으로 하는 이유:
- 중성점을 접지할수 있어 이상전압의 대책 용이
  - 코일의 유기전압이  $1/\sqrt{3}$  배 감소하므로 절연용이
  - 순환전류가 흐르지 않아 열이 발생하지 않는다
33. 터빈 발전기의 특징
- 직축형, 원통형 회전자를 가지는 고속발전기로 극수는 2극 또는 4극이다.
  - 전기자는 고규소 강판을 사용하여 철손을 적게 설계했다.
  - 냉각방식은 소가스를 기내에 순환시키는 수소냉각 방식을 채용했다.
34. 수소냉각방식의 특징:
- 풍손이 공기의 1./10로 격감
  - 열전도도가 좋고 비열이 커서 냉각효과가 크다.
  - 절연물의 산화가 없으므로 절연물의 수명이 길어진다.
  - 소음이 적고 코로나 발생이 적다.
  - 수소가스는 공기와 혼합하면 폭발한다.

### 제2장 동기발전기의 구조

35. 동기속도 :  $N_s = \frac{120f}{P}$  [rpm]
36. 코일의 유기기전력 :  $E = 4.44K_w f W \phi$
37. 전기자 주변속도 :  $v = \pi D \frac{N}{60}$  [m/sec]

### 제3장 전기자 권선법

38. 기전력을 정현파로 하기 위한 방법:
- ① 매극매상의 슬롯수  $q$ 를 크게한다(전압에의해좌우)
  - ② 단절권 및 분포권으로 한다
  - ③ 반폐슬롯 채용
  - ④ 전기자철심을 스쿼우슬롯(사구)로 한다  
(큰기계 사용 곤란)
  - ⑤ 공극의 길이를 크게한다.
  - ⑥ Y결선으로 한다

39. 분포권

- ① 분포권의 잇점 및 단점: · 파형을 개선한다  
· 냉각효과가 있다.  
· 누설리액턴스를 감소시킨다.  
· 기전력을 감소 시킨다.

② 분포권계수 : 
$$K_d = \frac{\sin \frac{\pi}{2m}}{q \sin \frac{\pi}{2mq}}$$

40. 단절권

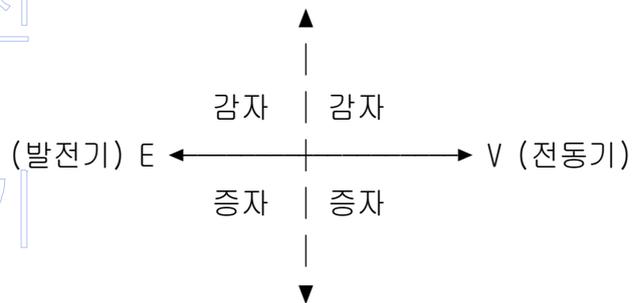
- ① 단절권의 잇점 및 단점: · 파형을 개선한다.  
· 코일의 길이 동량이 절역된다.  
· 자기인덕턴스가 감소한다.  
· 기전력을 감소시킨다.(단점)

② 단절권계수 : 
$$K_p = \sin \frac{\beta\pi}{2}$$

다산

제4장 전기자반작용 및 동기임피던스

전기



40. 전기자 반작용: ① 횡축반작용 (교차자화 작용)

- 전압과 전류가 동상이다

② 직축반작용

41. 동기임피던스 : 
$$Z_s = r_a + jx_a + jx_l = r_a + j(x_a + x_l) = x_a + x_l \doteq x_s$$

- 동기임피던스는 실용상 동기리액턴스와 같다.

학원

제5장 동기발전기의 특성

42. %동기임피던스: 
$$\%Z = \frac{I_n Z_s}{V_n} \times 100 = \frac{PZ}{10V^2} [\%]$$

43. 단락비 : 
$$K_s = \frac{100}{\%Z} = \frac{1}{[PU]Z_s}$$

44. 단락비가 큰 기계

- 동기임피던스가 작아져 전압변동률이 작으며 송전용량 충전용량이 증가한다.
- 기계의 형태 중량이 커지며 철손, 기계손이 증가하고 가격도 비싸다.
- 과부하 내량이 크고 안정도도 좋다.
- 철기계라 불린다.
- 단락비를 구하는 시험은 3상단락시험과 무부하 포화시험이다.

45. 동기발전기의 자기여자 현상

- 동기발전기에는 유도부하가 걸리면 뒤진 전류가 흘러 전기자 반작용은 계자를 약화시켜 단자전압이 강하나, 용량부하가 걸리면 앞선전류가 흘러 전기자 반작용 때문에 계자가 강해져서 단자전압을 상승 시킨다
- 동기발전기를 무부하 장거리 송전선에 접속할때와 같이 그단자에 용량 C가 큰 일정 정전용량이 접속되는 경우에는 계자가 무여자 일지라도 스스로 전압이 유지되어 C 의 크기에 따라서는 정격전압보다 큰 전압 상승을 하여 기기의 절연을 위협하는 경우, 이것을 동기발전기의 용량부하에 대한 자기여자 현상이라 한다.
- 방지법 ⇨ 장거리 고립송전선을 무부하로 충전하는 발전기는 전기자 반작용이 작고 단락비가 큰 발전기를 사용하거나, 발전기를 여러대 병렬로 연결한다. 그렇지 않으면 송전선 말단에 뒤진 전류를 취할 수 있도록 변압기나 동기 조상기, 리액터를 접속하여 충전 전류를 감소 시킨다

※ 단락비는 무조건 큰 것이 좋고, 리액턴스는 무조건 작은 것이 좋다.

46. 전압변동률:  $\epsilon = \frac{E - V}{V} \times 100 [\%]$

- 용량부하의 경우 (-) :  $E < V$
- 유도부하의 경우 (+) :  $E > V$

제6장 단락현상

47. 단락현상

- 3상 동기 발전기를 운전중 갑자기 단락하면 전류는 처음은 크나, 점차 감소한다.
- 돌발단락전류의 제한 ⇨ 누설리액턴스
- 영구단락전류의 제한 ⇨ 동기리액턴스

48. 단락전류 :  $I_s = \frac{E}{Z_s} = \frac{100}{\%Z} I_N [A]$

제7장 동기발전기의 동기 병렬운전

49. 병렬운전조건

조 건	다른...원	계산식
기전력의 크기 같을것	무효순환전류 흐름	$I_C = \frac{E_C}{2Z_S} [A]$
기전력의 위상 같을것	동기화전류 흐름 수수전력 동기화력	$P = \frac{E^2}{2Z_S} \sin\delta [W]$ $P = \frac{E^2}{2Z_S} \cos\delta [W]$
기전력의 파형 같을것	동기화전류 흐름	-
기전력의 주파수 같을것	고주파 무효 횡류 흐름	-

50.부하의 분담

① 무효전력의 분담

- 여자를 조정한다. ⇨ 무효순환전류 흐름 ⇨ 여자가 증가되면 뒤진무효전류 흐름 ⇨ 역률이 저하된다.
- A,B두대의 동기발전기 병렬 운전중 A기의 여자를 증가 시키면 B기의 역률이 향상된다.

② 유효전력의 조정

- 조속기조정 ⇨ 원동기 입력을증가 ⇨ 수수전력 발생 ⇨ 입력이 증가된쪽이 부하를 많이 갖는다.

51.난조 ⇨ 부하에 따른 속도변화

- 방지책 : 제동권선을 설치한다.

제8장 안정도

52.정태 안정도: 여자를 일정하게 유지하고 부하를 서서히 증가하는 경우 탈조하지 않고, 어느범위 까지 안정하게 운전 할수 있는정도

53. 동태안정도 : 발전기를 송전 선로에 접속하고 자동 전압 조정기로 여자 전류를 제어하여 발전기 단자 전압이 정전압 으로 안정하게 운전할 수 있는정도

54.과도안정도

- 부하의 급변 선로의 개폐, 접지, 단락 등의 고장 또는 기타의 원인에 의해서 운전상태가 급변하여도, 그과도 상태가 경과한 후에도 안정하게 운전할 수 있는 정도

55.안정도 향상대책

- 정상 과도리액턴스를 작게하고, 단락비를 크게한다.
- 영상임피던스와 역상임피던스를 크게한다.
- 회전자 관성을 크게 한다. (플라이휠 효과의 선정)
- 속응여자 방식을 채용한다.
- 조속기 동작을 신속히 한다.

제9장 동기전동기

56.동기전동기의 특성

- 항상 동기속도로 회전하는 전동기
- 동기속도 이외의 속도에서는 토오크를 낼수없다.
- 기동토오크가 없다. ⇨ 기동장치 또는 기동법 필요 ⇨ 고가
- 역률 1로 운전할 수 있으며 앞선역률도 가능하다. ⇨ 동기조상기원리
- 저속도 대용량의 전동기 ⇨ 대형송풍기, 압축기, 압연기, 분쇄기

57. 토오크:  $T = 0.975 \frac{P}{N}$  [kg·m]

58.위상특성곡선

- 여자전류를 변환시키면 전기자 전류와 역률이 변한다.

59.동기조상기

- 무부하 운전중인 동기 전동기를 과여자 운전하면 콘덴서로 작용한다.

· 무부하 운전중인 동기 전동기를 부족여자 운전하면 리액터로 작용한다.

60. 동기전동기의 운전

1. 기동토포크 는 0이다.

2. 인입토포크

· 동기속도에 95[%] 에 들어가는 토포크를 말함

3. 탈출토포크

· 정격전압으로 운전하고 있을 때, 그 여자를 일정하게 유지하고 서서히 부하를 증가하는 경우, 전동기에 부하할 수 있는 최대토포크

4. 유도전동기의 기동법:

- 자기기동법
- 기동전동기법
- 초동기전동기법

다

### 3. 변압기

산

제1장 변압기의 원리

61.유도기전력:  $E = 4.44 f W \phi$  [V]

62.50[hz]용 변압기를 60[hz]에 사용하면

전

여자전류	자속	자속밀도	철손	리액턴스
반비례 5/6	반비례 5/6	반비례 5/6	반비례 5/6	비례 6/5

63. 권수비:  $a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} = \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}}$

64. 여자전류:  $I_0 = \sqrt{I_\phi^2 + I_i^2}$  [A]

기

- 무부하시 흐르는 전류
- 정현파 기전력을 유기하기 위하여 어떤 왜형파라도 가능하다.
- 가장 많이 포함된 고조파는 제3고조파이다.

학

65. 철손:  $P_I = g V_1^2$  [W]

제2장 변압기의 등가회로

위

66. 2차를 1차로 변환:  $Z_{12} = Z_1 + a^2 Z_2 = (r_1 + a^2 r_2) + j(x_1 + a^2 x_2)$

67. 1차를 2차로 변환:  $Z_{21} = \frac{Z_1}{a^2} + Z_2 = \left(\frac{r_1}{a^2} + r_2\right) + j\left(\frac{x_1}{a^2} + x_2\right)$

### 제3장 변압기의 구조

68. 변압기유의 구비조건: · 점도가 작고 비열이 커서 냉각효과가 클 것  
 · 절연내력이 클 것  
 · 인화점이 높고, 응고점이 낮을 것  
 · 고온에서 석출물에 생기지 말 것  
 · 절연물과 화학작용이 없을 것

69. 변압기유의 열화

- 원인 ⇨ 변압기의 호흡작용
- 방지책 ⇨ 콘서어베이터 (질소봉입)

70. 권선의 누설리액턴스를 줄이는 효과적인 방법

- 권선을 분할 조립한다.

다

### 제4장 백분률 전압강하와 전압변동률

71. 임피던스전압과 임피던스[W]

- 변압기 2차를 단락하고 1차에 저전압을 가하여 1차단락전류를 1차정격전류와 같이 흐를 때 그 때 전압을 임피던스 전압이라하고, 그 때 입력을 임피던스 와트라 한다.

72. 백분율 전압강하

- %저항강하 :  $\%R = \frac{I_N R}{V_N} \times 100 = \frac{PR}{10V^2} = \frac{P_C}{P_N} \times 100$  [%]
- %리액턴스 강하 :  $\%X = \frac{I_N X}{V_N} \times 100 = \frac{PX}{10V^2}$  [%]
- %임피던스 강하:  $\%Z = \frac{I_N Z}{V_N} \times 100 = \frac{PZ}{10V^2} = \frac{100}{K_S} = \frac{I_N}{I_S} \times 100$   
 $\%Z = \sqrt{p^2 + q^2} = \frac{I_N Z_{21}}{V_{1N}} \times 100 = \frac{V_S}{V_{1N}} \times 100$

73. 전압변동률 : ·  $\epsilon = p \cos \theta + q \sin \theta$  (지상)

·  $\epsilon = p \cos \theta - q \sin \theta$  (진상)

74. 최대전압 변동률 과 그때역률 : ·  $\epsilon_m = \sqrt{p^2 + q^2}$

·  $\cos \theta = \frac{p}{\sqrt{p^2 + q^2}}$

### 제5장 변압기의 손실 및 정격

75. 손실

1. 철손:  $P_i = K \frac{V^2}{f}$
2. 와류손 (전압이 일정하면 주파수와 무관하다.):  $P_e = KV^2$
3. 히스테리시스손:  $P_h = K \frac{V^2}{f}$

## 제6장 변압기의 효율

76. 전부하 효율 :  $\eta = \frac{P_{\cos\theta}}{P_{\cos\theta} + P_i + P_c} \times 100$  [%]

77. 1/m 부하시 효율 :  $\eta_{\frac{1}{m}} = \frac{\frac{1}{m} P_{\cos\theta}}{\frac{1}{m} P_{\cos\theta} + P_i + \left(\frac{1}{m}\right)^2 P_c} \times 100$  [%]

78. 최대효율이 나타나는부하:  $P_i = \left(\frac{1}{m}\right)^2 P_c$  에서  $\frac{1}{m} = \sqrt{\frac{P_i}{P_c}}$

79. 전일효율; 전부하 시간일 짧을수록 전일효율을 작게 설계해야 전일효율이 좋아진다.

## 제7장 단상 변압기의 3상 결선

80. 변압기의 3상결선

1.  $\Delta-\Delta$ 결선

- V-V결선의 변경
- 고조파 전류가 생기지 않는다.
- 중성점 접지를 할 수 있다.
- 상전압 = 선간전압

2. Y-Y결선

- 중성점을 접지할 수 있다.
- 상전압 = 선간전압 /  $\sqrt{3}$
- 제3고조파가 발생하여 통신선 유도장해를 일으킨다.

3.  $\Delta$ -Y결선, Y- $\Delta$ 결선

- Y결선으로 중성점을 접지할 수 있다.
- $\Delta$ 결선으로 제3고조파가 생기지 않는다.
- $\Delta$ -Y는 송전단에 Y- $\Delta$ 는 수전단에 설치한다.
- 1차와 2차의 전압사이에 30°의 변위가 발생한다.

81. V-V결선

- 출력  $P_V = \sqrt{3} P_1$
- 이용률 86.6[%]
- 출력비 57.7[%]

## 제8장 상수의 변환

82. 3상에서 2상으로의 변환 : 스코트 결선 (T), 메이어결선, 우드브리지 결선

- T결선 변압기의 T좌변압기 권수비  $\Rightarrow a_T = a_M \times 0.866$

다  
산  
전  
기  
학  
원

## 제9장 변압기의 병렬운전

### 83. 변압기 병렬운전조건

· 정격전압	· 순화전류가 흘러 권선이 가열.
· 극성	· 큰순환전류가 흘러 권선이 소손
· 내부저항과 누설리액턴스비	· 위상차가 생겨 동손이 증가.
· %저항강하	· 부하분담의 균형을 이룰수 없다.

### 84. 부하분담비

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\%Z_B \cdot P_A'}{\%Z_A \cdot P_B'} \Rightarrow \text{부하분담은 누설임피던스에 역비례한다.}$$

## 제10장 특수변압기

### 85. 3상변압기

- 사용 철량이 작아 철손이 작아지므로 효율이 좋다.
- 전반적으로 사용 재료가 경감되고, 중량이 감소되며 값이 싸지고, 설치면적이 절약된다.
- $\Delta$  또는 Y결선을 내부에서 행하므로 부싱이 절약된다.
- 내철형 3상 변압기는 단상변압기로 사용할수 없다.  $\Rightarrow$  독립된 자기회로가 없기 때문에

### 86. 3권선변압기

- Y-Y결선에서 제3고조파를 제거하기위해 설치한다.
- 2종의 전원을 얻을수 있어 변전소내용 전원을 공급하는데 사용된다.

### 87. 누설변압기

- 2차 정전류 변압기 (전압변동이 심하다.)
- 아크등 , 아크용접기 , 방전 등에 사용

### 88. 단권 변압기

	단상	Y	$\Delta$	V
$\frac{\omega}{W}$	$\frac{V_h - V_L}{V_h}$	$\frac{V_h - V_L}{V_h}$	$\frac{V_h^2 - V_L^2}{\sqrt{3} V_h V_L}$	$\frac{1}{0.866} \frac{V_h - V_L}{V_h}$

### 89. 계기용 변성기

- 고전압 대전류의 변성  $\Rightarrow$  전력량의 측정
- CT 와 PT를 한 탱크내에 수용한 것
- CT(변류기)  $\Rightarrow$  2차측개방 불가  $\Rightarrow$  2차측절연보호
- PT(계기용 변압기)

### 90. 단상 유도 전압 조정기

- 용량  $P_S = \sqrt{3} E_2 I_2 = \frac{V_h - V_L}{V_h} [kVA]$
- 전압조정범위  $V_2 = V_1 \pm E_2 = V_1 + E_2 \cos \alpha [V]$
- 단락권선  $\Rightarrow$  1차 누설리액턴스에 의한 전압강하를 보상한다.

## 제11장 변압기의 시험

91. 정수측정시험 (등가회로 작성시험)

- 권선의 저항측정 시험
- 단락시험 ⇨ 임피던스전압, 임피던스와트(동손)측정
- 무부하시험 ⇨ 여자전류

92. 절연내력시험: · 가압시험

- 유도시험
- 충격전압시험

93. 층간절연내력 시험 : 1단접지 충격전압시험

94. 변압기 내부고장 보호: 차동계전기, 비율차동계전기, 브흐홀쯔계전기, 전류차동계전기

95. 변압기건조상태. 열화정도측정 :  $\tan \delta$  법

다

## 4. 유도기

### 제1장 유도전동기의 원리

96. 동기속도:  $N_s = \frac{120f}{P}$  [rpm]

97. 슬립:  $S = \frac{N_s - N}{N_s}$

산

전

### 제2장 유도전동기의 구조

98. 권선형 회전자와 농형회전자의 비교

농형	권선형
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구조가 간단하고 튼튼하다.</li> <li>· 취급이 쉽다.</li> <li>· 효율이 좋다.</li> <li>· 보수도 용이한 잇점이 있다.</li> <li>· 속도조정이 곤란하다.</li> <li>· 기동토크가 작아 대형이 되면 기동이 곤란하다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 증형과 대형에 많이 사용된다.</li> </ul>

기

학

99. 유도전동기가 널리사용되는 이유· 전원을 쉽게 얻을수 있다.

- 구조가 간단하고, 값이 싸며, 튼튼하다.
- 취급이 용이하며, 전기 지식이 없는 사람도 쉽게 운전할 수 있다.
- 부하 변화에 대하여 거의 정속도 특성이다.

권

### 제3장 유기전압 전류 및 전력과 토오크

정지시	슬립 S로 회전시
$\cdot f = \frac{N_s P}{120} [\text{Hz}]$	$\cdot f' = \frac{SN_s P}{120} = S f [\text{Hz}]$
$\cdot E_2 = 4.44 K_W f N_2 \phi [\text{V}]$	$\cdot E_2 = 4.44 K_W S f N_2 \phi = S E_2 [\text{V}]$
$\cdot a = \frac{K_{W1} N_1}{K_{W2} N_2}$	$\cdot a' = \frac{K_{W1} N_1}{S K_{W2} N_2} = \frac{a}{S}$

100. 2차를 1차로 환산:  $\cdot I_1 = \frac{I_2}{\alpha\beta}$      $\cdot Z_1 = \alpha^2\beta \cdot Z_2$

101. 토오크 :  $T = 0.975 \frac{P_2}{N_s} [\text{kgm}] \Leftrightarrow P_2$  : 동기와트

$$T = K \frac{SE_2^2 r_2}{r_2^2 + (Sx_2)^2} = K \frac{E_2^2 \frac{r_2}{S}}{\left(\frac{r_2}{S}\right)^2 + x_2^2} \Leftrightarrow T = KV^2, \quad S = K \frac{1}{V^2}$$

102. 최대 토오크 :  $\cdot T_m = K \frac{E_2^2}{2x_2}$

103. 최대 토오크 발생 조건:  $\frac{r_2}{S_t} = x_2 \Leftrightarrow S_t = \frac{r_2}{x_2} = \frac{r_2}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2)^2}}$

### 제4장 3상 유도전동기의 전력의 변환

104. 비례식  $P_2 : P_{C2} : P_0 = 1 : S : (1 - S)$

105. 2차 효율:  $\eta_2 = \frac{P_0}{P_2} = 1 - S = \frac{N}{N_s} = \frac{\omega}{\omega_0}$

### 제5장 유도전동기의 특성산정

106. 60[Hz] 의 유도전동기를 50[Hz] 에 사용하면

- 속도가 5/6 로 떨어진다.  $\Leftrightarrow$  슬립의 변화는 매우 작고, 도이속도는 5/6으로 된다.
- 여자 전류가 증가하고 역률이 떨어진다  $\Leftrightarrow$  자속이 6/5배로 증가하나 자기포화 때문에 이보다 약간 더 증가하므로 역률이 더 떨어진다. 속도는 강하 때문에 부하가 감소하는 경우에는 경우에는 유효전류가 감소해서 더욱 역률이 떨어진다. 역률이 나빠지므로 선로의 전압강하는 증가한다.
- 온도상승이 증가한다.  $\Leftrightarrow$  철손이 6/5배로 증가하고 냉각 공기의 속도(팬에 의한냉각)가 5/6배로 감소하여 온도가 상승하게 된다.
- 최대토오크는 증가한다.  $\Leftrightarrow$  누설리액턴스가 5/6배로 감소하므로 그만큼의 최대토오크 증가
- 기동전류가 증가한다.

## 제6장 비례추이

107. 비례추이의 특징:
- 최대토크는 불변, 최대토크의 발생 슬립은 변화한다.
  - 전부효율과 속도가 떨어진다.
  - 슬립이 증가한다.
  - 기동전류는 감소하고, 기동토크는 증가한다.

108. 비례추이 할수 없는 것 : 출력, 2차효율, 2차동손

109. 2차 삽입 저항의 크기:  $R' = \left( \frac{S_1}{S_2} - 1 \right) r_2 \text{ } [\Omega]$

## 제7장 유도전동기의 기동법

	농형유도전동기 기동법	권선형유도전동기 기동법
110. 기동법	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전전압기동 : 5[HP] 이하 ( 3.7[kW])</li> <li>· Y-△기동 : 토크 1/3배, 전류 1/3배 전압 1/√3 배, 15[kW] 급</li> <li>· 기동보상기법 : 단권변압기 사용 탭 : 50, 65, 80[%] 30[kW] 급</li> <li>· 변연장 △, 콘도르 파법, 리액터 기동법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2차저항기동법 ⇒ 비례추이 이용</li> </ul>

111. 2차 삽입 저항의 크기

$$\cdot R' = \left( \frac{1}{S_2} - 1 \right) r_2 \text{ } [\Omega]$$

$$\cdot R' = \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} - r_2' \text{ } [\Omega]$$

## 제8장 속도제어 및 제동

112. 속도제어

농형	권선형
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주파수 제어법</li> <li>· 극수제어법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2차저항법</li> <li>· 2차여자법</li> </ul>

113. 종속법(권선형 + 농형)

114. 직렬종속  $\Rightarrow N_s = \frac{120f}{P_1 + P_2} \text{ } [\text{rpm}]$

· 차동종속  $\Rightarrow N_s = \frac{120f}{P_1 - P_2} \text{ } [\text{rpm}]$

· 병렬종속  $\Rightarrow N_s = \frac{2 \times 120f}{P_1 + P_2} \text{ } [\text{rpm}]$

## 제9장 유도전동기의 역률제어

115. 역률개선

- 무부하 유도 전동기는 역률이 나쁘지만 부하를 증가하면 역률이 좋아지는 이유를 설명하라

[해설] 전전류에 대한 유효전류가 증가하기 때문에

- 역률개선용 콘데서 용량의 크기

$$P_r = \left( \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta_1}}{\cos \theta_1} - \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \theta_2}}{\cos \theta_2} \right) [kVA]$$

## 제10장 특수유도기

### 116. 유도발전기의 특징

- 농형회전자를 사용할 수 있어 구조가 간단하고 값이 싸다.
- 선로에 단락이생기면 여자전류가 없어지므로 단락전류는 작다.
- 동기화할 필요가 없다.
- 여자로 동기발전기가 필요하다.
- 유도발전기는 단독으로 전압을 확립할수 없다. ⇨ 여자기 필요

### 117. 3상 유도전압 조정기

- 3상 유도전동기 2차측을 구속하고 1차측에 전압을 공급하면 2차권선에 기전력이 유기된다. 여기서, 2차권선의 각상의 단자를 1차측의 각상의 단자에 각각 적당히 접속하면 3상 전압을 조정할수 있다.

$$P_s = \frac{V_H - V_L}{V_H} W = \sqrt{3} E_2 I_2 [kVA]$$

- 원리 ⇨ 3상 유도전동기
- 회전자계에 의한 유도작용
- 단락권선 없다.
- 입력전압과 출력전압 사이에 위상차가 없다.

### 118. 서어보 모터

- 기동토포크가 크다.
- 회전자 관성모우먼트가 작다.
- 제어권선전압이 0에서는 기동해서는 안되고 곧 정지해야 한다.
- 직류 서어보모터의 기동토포크가 교류 서어보모터보다 크다.

## 제11장 단상유도전동기

### 119. 종류 (기동토포크가 큰순서)

- 반발기동형 ⇨ 반발 유도형 ⇨ 콘덴서 기동형 ⇨ 콘덴서 운전형 ⇨ 분상 기동형 ⇨ 셰이딩코일형 ⇨ 모노사이클릭형

### 120. 단상유도전동기의 특징

- 2차저항의 크기가 변화하면 최대토포크를 발생하는 슬립 뿐만 아니라 최대토포크 까지도 변화한다.

### 제14장 유도전동기의 시험 및 보수

#### 121. 부하시험

- 다이나모 메터, 프로니 브레이크, 와전류 제동기

#### 122. 슬립측정

## 5. 특수기

### 제1장 회전변류기

123. 전압비 & 전류비 :

$$\cdot \frac{E_0}{E_d} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \frac{\pi}{m}$$

$$\cdot \frac{I_a}{I_d} = \frac{2\sqrt{2}}{m \cos \theta}$$

124. 회전변류기의 직류전압 조정법:
- 직렬리액턴스에 의한 방법
  - 유도전압조정기에 의한 방법
  - 부하시 탭전환 변압기에 의한 방법
  - 동기 승압기에 의한 방법

125. 회전변류기의 난조원인과 방지책:
- 브러시의 위치가 중성점 보다 낮은 위치
  - 부하의 급변
  - 주파수가 주기적으로 변동할 때
  - 역률이 몹시 나쁠 때
  - 저항이 리액턴스에 비해 클 때

126. 난조방지법:
- 제동권선을 설치한다.
  - 전기자 저항에 비해 리액턴스를 크게한다.
  - 전기각도와 기하각도의 차를 작게한다.

### 제2장 반도체 정류기

	반파정류	전파정류
다이오드	$\cdot E_d = \frac{\sqrt{2} V}{\pi} = 0.45 V$	$\cdot E_d = \frac{2\sqrt{2} V}{\pi} = 0.9 V$
SCR	$\cdot E_d = \frac{\sqrt{2} V}{2\pi} (1 + \cos \alpha)$	$\cdot E_d = \frac{\sqrt{2} V}{\pi} (1 + \cos \alpha)$
PIV	$\cdot PIV = E_d \times \pi$	

#### 127. 맥동률

$$\cdot \text{맥동률} = \sqrt{\frac{\text{실효값}^2 - \text{평균값}^2}{\text{평균값}^2}} \times 100 = \frac{\text{교류분}}{\text{직류분}} \times 100 \quad [\%]$$

- 단상전파 48[%]
- 3상반파 17[%]

#### 128. SCR 의 특징

- 아크가 생기자 않으므로 열의 발생이 적다.
- 과전압에 약하다.

- 게이트 신호를 인가할 때부터 도통할 때까지의 시간이 짧다.
- 전류가 흐르고 있을 때 양극의 전압강하가 작다.
- 정류기능을 갖는 단일방향성 3단자 소자이다.
- 브레이크오버 전압이 되면 애노우드 전류가 갑자기 커진다.
- 역률각 이하에서 는 제어가 되지 않는다.
- 다이리스터에서는 게이트 전류가 흐르면 순방향 저지 상태에서 ON 상태로 된다. 게이트 전류를 가하여 도통완료 까지의 시간을 턴온 시간이라고 한다. 시간이 길면 스위칭시의 전력손실이 많고 다이리스터 소자가 파괴될수 있다

#### 129.SCR의 특징2

- 유지전류 ⇨ 게이트를 개방한상태에서 다이리스터 도통 상태를 유지하기 위한 최소의 순전류
- 래칭전류 ⇨ 다이리스터가 턴온하기 시작하는 순전류
- SCR ⇨ 역저지 3단자
- SSS ⇨ 2방향성 2단자
- SCS ⇨ 역저지 4단자
- TRIAC ⇨ 2방향성 3단자
- 사이클로 컨버터는 AC전력을 증폭한다.
- 초퍼는 DC 전력증폭을 한다.

다

산

### 제3장 수은정류기

#### 130.수은정류기 특성

- 역호 ⇨ 밸브작용이 상실되는 현상
- 실호 ⇨ 격자전압이 임계전압보다 正의 감시 되었을때는 완전하게 아크를 점호한다. 이기능이 상실되어 양극의 점호에 실패하는 현상
- 통호 ⇨ 양극전압에 대하여 격자전압이 임계전압보다 낮은 경우 완전하게 아크를 정지시킨다. 이기능이 상실되어 억제 할 때 방전하는 현상
- 점호 ⇨ 음극과 양극사이에 불꽃이 생기고 관내에 빛나는 수은 아크가 생기는 것
- 일반적으로 전철이나 전기화학용 과 같이 비교적 용량이 큰 수은 정류기 일 때 2차측 결선방식은 6상 2중성형결선한다.
- 고전압 대전력 정류기
- 진공도 1/1000 [mm·Hg]

전

기

학

원

#### 131.수은정류기의 역호와 방지책

[역호원인]

- 내부잔조가스의 압력의 상승
- 화성의 불충분
- 전류, 전압의 과대
- 양극에 수은부착
- 증기밀도의 과대

[방지책]

- 진공도를 높고한다.
- 과열, 과냉을 피한다.
- 과부하를 피한다.
- 양극재료의 선택에 주의한다.

## 제4장 교류정류자기

### 132. 단상 직권 교류 정류자 전동기

- 직류 교류 양용 만능전동기 ⇨ 가정용미싱, 소형공구, 영상기, 믹서기
- 직권형, 보상직권형, 유도보상직권형
- 보상권선을 설치하면 역률을 좋게할수 있고,  
저항도선을 정류작용을 좋게한다.

### 133. 단상 반발전동기

- 직권형의 교류 정류자 전동기
- 애틀킨스형, 톰슨형, 데리형, 윈터아이히베르그 전동기

### 134. 3상 직권 정류자 전동기: · 중간변압기 사용 ⇨ 실효권수비의 조정

### 135. 3상 분권 정류자 전동기: 시라게 전동기 ⇨ 브러시 이동만으로 속도제어와 역률 개선

다

전

기

학

원