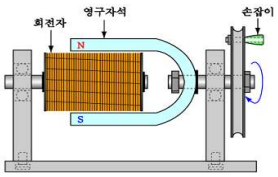
제4장 유도 전동기

1. 유도 전동기의 종류

1) 상수 : 단상, 3상
2) 회전자 구조 : 농형, 권선형
3) 겉모양 : 개방형, 반밀폐형
4) 보호방식 : 방진형, 방적형, 방수형, 방폭형
5) 통풍방법 : 자기 통풍식, 타력 통풍식
6) 절연재료 : A종, E종, B종

2. 유도 전동기의 구조



1) 유도 전동기의 원리 : 회전자기장

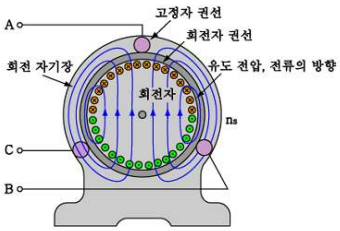
2) 고정자(1차권선) : 회전자계 발생
고정자 권선법 : 2층권(분포권, 단절권)
회전자(2차권선): 유도 전류 발생
권선형 : 슬립링이 있는 유도전동기

3) 공극을 작게 하는 이유 : 역율 증대

4) 매극매상당 슬롯수

$$S_{sp} = \frac{\text{총슬롯수}}{\text{극수} \times \text{상수}}$$

3. 동기 속도 N_s와 슬립(slip) s



1) 동기 속도 : N_s

$$N_s = \frac{120f}{P}[rpm]$$

P : 극수 $f[Hz]$: 주파수

2) 슬립(Slip)

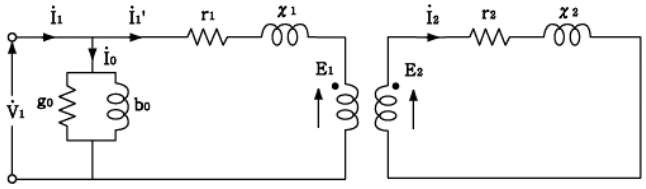
$$s = \frac{N_s - N}{N_s}$$

$$N = (1-s)N_s = (1-s)\frac{120f}{P}$$

N_s : 동기속도 N : 회전자 회전속도

① 정지시($N=0$) : $s=1$
② 동기 속도 회전($N=N_s$) : $s=0$
③ 슬립의 범위 : $0<s<1$
전부하 운전상태 $s=2.5\sim5[\%]$

4. 유도 기전력 및 등가 회로

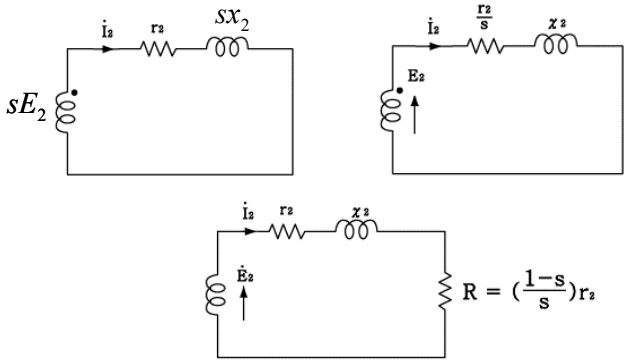


$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \phi k_{w1}[V]$$
$$E_1 = 4.44 f_2 N_2 \phi k_{w2}[V]$$

1) 정지시($s=1$) : $f_2 = f_1$

2) 회전시 : $f_2 = sf_1$

5. 2차 입력과 기계적 출력



$$P_2 = P_0 + P_{c2}$$

1) 2차 등가부하저항
기계적인 2차 출력을 발생시키는 등가부하저항
전부하 토크와 같은 토크로 기동하기 위한 저항

$$R = \frac{1-s}{s} r_2$$

2) 2차 동손

$$P_{c2} = sP_2$$

3) 2차 출력

$$P_o = (1-s)P_2$$

4) 2차 효율

$$\eta_2 = \frac{P_0}{P_2} = \frac{(1-s)P_2}{P_2} = 1-s = \frac{N}{N_s}$$

$$P_2 : P_{c2} : P_o = 1 : s : 1-s$$

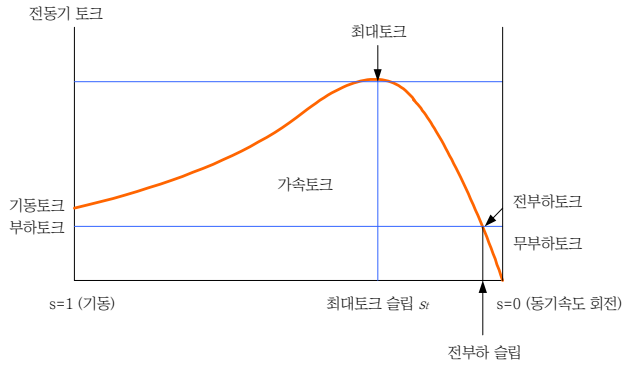
6. 3상 유도 전동기의 특성

$$P_0 = \omega\tau = \frac{2\pi N}{60}\tau$$

$$\tau = \frac{60}{2\pi}\frac{P_0}{N} = 9.55\frac{P_0}{N} = 9.55\frac{P_2}{N_s}\ [N\cdot m]$$

$$\tau = \frac{60}{2\pi}\frac{1}{9.8}\frac{P_0}{N} = 0.975\frac{P_0}{N} = 0.975\frac{P_2}{N_s}\ [kg\cdot m]$$

1) 토크와 슬립의 관계



① $\tau \propto V^2$

② 최대 토크 슬립

$$s_t = \frac{r_2'}{\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2}} \fallingdotseq \frac{r_2'}{x_2'} = \frac{r_2}{x_2}$$

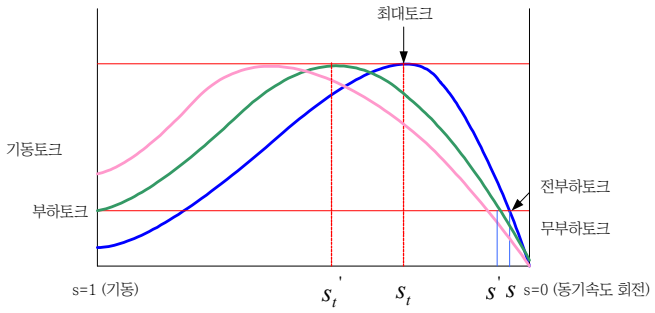
③ 최대 토크

$$\tau_t = K_0\frac{V_1^2}{2x_2} = K\frac{E_2^2}{2x_2} = [\mathrm{N\cdot m}]$$

최대토크의 크기는 2차 저항 r_2 및 슬립에 관계없이 일정하다.

2) 비례 추이

권선형 유도전동기에 기동시 2차에 외부저항을 삽입하여 2차 저항을 2배, 3배로 증가시키면 슬립도 2배, 3배로 비례하여 증가하기 때문에 기동시 속도는 작아지고 토크는 증가한다. 이때 2차 저항이 증가하는 만큼 비례해서 슬립이 증가하기 때문에 최대 토크 τ_{max} 는 항상 일정하다.



① 기동시 전부하 토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항

$$R = \frac{1-s}{s}r_2$$

② 기동시 최대토크와 같은 토크로 기동하기 위한 외부저항

$$R = \frac{1-s_t}{s_t}r_2 = \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} - r_2'$$
$$\fallingdotseq (x_1 + x_2') - r_2'$$

③ 비례 추이 할 수 있는 것 : 1차 전류, 역률, 1차 입력
[참고] 비례 추이 할 수 없는 것 : 출력, 효율, 동손

3) 원선도(Heyland)

① 저항 측정 : 1차 저항, 1차 동손
② 무부하 시험 : 여자전류, 철손
③ 구속 시험(단락시험) : 2차 동손

7. 3상 유도 전동기의 기동

1) 농형 유도전동기 기동법

① 직입 기동(전전압기동)
5[kW] 이하의 농형유도전동기
기동전류가 정격전류의 5~6배

② Y-△ 기동
5~15[kW] 정도의 농형 유도전동기

기동전류 $I_Y = \frac{1}{3}I_\Delta$ 기동토크 $\tau_Y = \frac{1}{3}\tau_\Delta$

기동전류 I_Y 는 전부하 전류의 2배

③ 리액터 기동법, 1차 저항 기동법

④ 기동보상기법
15[kW] 이상의 농형유도전동기
3상 단권변압기(탭변압기)

2) 권선형 유도전동기 기동법
① 저항 기동법(기동저항기법) : 비례추이
② 괴르게스법

8. 유도전동기의 속도 제어법

1) 농형 유도전동기

$$N=(1-s)N_s=(1-s)\frac{120f}{P}$$

① 주파수 제어
② 극수 변환법
③ 전압 제어 : $\tau \propto V^2$

2) 권선형 유도전동기
① 2차 저항법 : "비례추이" 원리
② 2차 여자법 : "슬립 주파수의 전압 공급"
③ 종속법

9. 유도 전동기의 제동

1) 역제동(Plugging) : 역토크를 이용하여 전동기를 급제동 시키는 방법.

2) 발전 제동 : 역 기전력을 외부 저항에서 열로 소비하여 제동하는 방법

3) 회생 제동 : 유기된 기전력을 전원 전압보다 크게하여, 이때 발생하는 전력을 전원측에 반환하여 제동하는 방법

10. 유도 전동기의 이상현상

크로우링 현상 : 유도전동기 속도가 정격속도이전에서 안정이 되어버리는 현상
방지대책 : 사구 채용

11. 단상 유도 전동기

1) 단상유도 전동기의 종류
① 분상 기동형
② 콘덴서 기동형 : 기동토크가 크다
영구 콘덴서 기동형
③ 반발 기동형
④ 셰이딩 코일형
- 회전방향을 바꿀 수 없다.
- 기동토크가 가장 작다.

2) 기동 토크의 순서
반발기동형 〉 콘덴서기동형 〉 분상기동형 〉 셰이딩코일형

3) 영구 콘덴서 기동형의 용도
역률이 좋고, 선풍기, 세탁기, 냉장고 등에 사용

12. 유도전동기의 용도

1) 3상 유도전동기:승강기용, 컨베어이에 주로 사용

2) 단상유도전동기:선풍기, 드릴, 믹서, 재봉틀에 주로 사용

13. 유도 전압 조정기

1) 단상 유도 전압 조정기
① 조정 정격 용량

$$P_2 = E_2 I_2 \times 10^{-3}[kVA]$$

② 단락권선
직렬 권선에 부하 전류가 흐를 때 누설 리액턴스 발생에 의한 전압강하 상쇄 (전압강하 경감)

2) 3상 유도 전압 조정기
① 정격 용량

$$P_2 = \sqrt{3}\, E_2 I_2 \times 10^{-3}[kVA]$$

14. 유도 전동기 측정 및 시험

1) 슬립의 측정

① 직류 밀리볼트계 법

② 스트로보코프법