

## EOMJI WORLD

발전기 회전력 → 전기  
전동기 전기 → 회전력

# [ 전기기기 ] 요점 정리 2

1장. 직류기

2장. 동기기

3장. 변압기

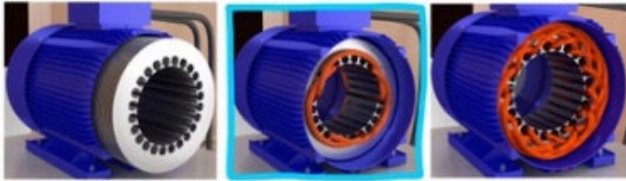
4장. 유도기 = 전동기

5장. 정류기 = 전력변환장치 (AC → DC)

[blog.naver.com/thumb\\_jw](https://blog.naver.com/thumb_jw) 

# EOMJI WORLD

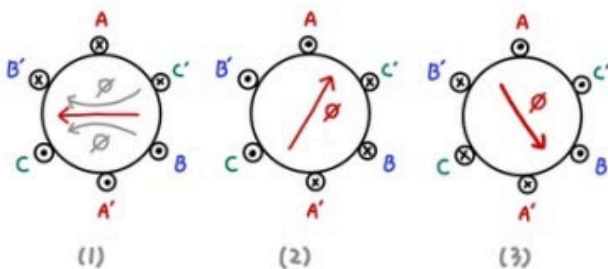
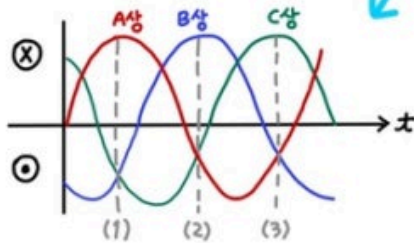
## ① 유도전동기의 원리 및 구조



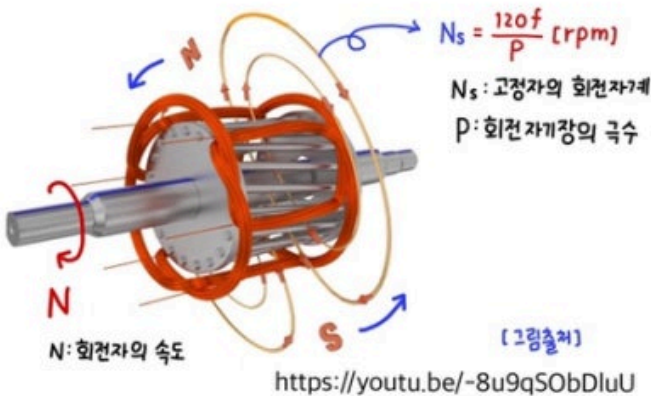
성형되어 만들어진 고정자에 → 코일을 감고 → 또 감고 나서  
이 코일에 3φ 전류를 위상차를 두고 흘려줌

### (1) 회전원리

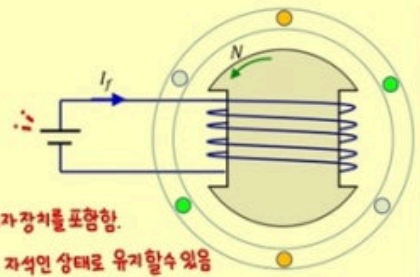
- 전자기유도 법칙(아라고 원판) : 자석의 방향대로 원판이 회전!
- 회전자기장의 발생
  - 3상 유도 전동기 : 회전 자기장 발생
  - 단상 유도 전동기 : 교번자기장 발생



∴ 3φ 전류 흘려주면 동기속도  $N_s$ 로 회전 하는 회전 자기장이 생긴다!  
→ 아라고 원판에서 자석 돌려주는 거랑 같은 원리  
이 회전 자기장이 유도전류를 만들게 됨



• 동기 전동기와 유도전동기의 차이점 → slip이 있는지 없는지!

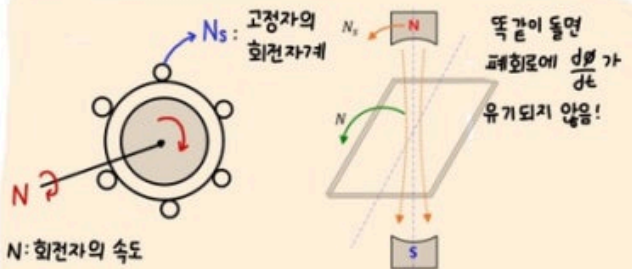


동기기는 애초부터 여자장치를 포함함.

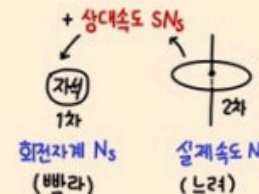
→ 회전체를 항상 자석인 상태로 유지할수 있음

∴ 고정자와 회전자가 둘다 동기속도로 회전 (slip ×)

### [유도기 preview]



그러나 유도기는 회전자에 유도 전류를 흘려주면 왼손법칙에 의해  
토크가 발생하므로, 유도전류를 위해 속도를 다르게 하여 변하는 자기장을  
만들어 주어야 함



[blog.naver.com/thumb\\_jw](http://blog.naver.com/thumb_jw)

유도전동기의 원리 및 구조

# EOMJI WORLD

고정자 { 철심 : 규소강판성층  
권선 : 동권선, 평행선 }

회전자 { 철심  
권선 : ① 농형  
          ② 권선형 }

회전자의 종류에 따라  
유도기를 구분

## ① 농형 유도전동기

대바구니 동(대바구니) 농  
부수형 (대축, 6회) : 회수22회

- 1 대바구니
- 2 대그릇(대로 만든 그릇)
- 3 새장(-鐵: 새를 넣어 기르는 장)

고정자, 회전자

여 들이 2차저항 값을 결정  
(2차저항 가감 불가)

**\* 특징 \***

1. ㉠ 구조가 간단하며 보수가 용이
2. ㉠ 전동기의 효율이 양호
3. ㉠ 속도 조절이 곤란
4. ㉠ 기동토크가 작아서 대형은 곤란

## ② 권선형 유도전동기

1차회로

(내복) 권선형으로 이루어진 회전자에 존재

슬립링 : 전선교섭방지

브러쉬

외부저항 (가변저항)

2차회로

**\* 특징 \***

- 1 기동 토크가 크다
- 2 2차회로에 저항을 삽입하여 비례속이가 가능  
→ 속도 제어가 용이
- 3 농형에 비해 구조 복잡 & 효율 나쁨

## ③ 공극 : 고정자와 회전자 사이의 공간

밀정

- 공극이 넓으면? 안전 but ↑ 자기저항이 크다 ( $N I^2 = \phi R_m$ )  
→ 여자전류 ↑, 역률 ↓ (∴ 자화전류 증가)

- 공극이 좁으면? 진동과 소음의 원인  
↑ 누설 리액턴스 증가 ↓  $p = \frac{E_s E_r}{X_s} \sin \delta$   
→ 최대 출력 감소 → 효율 증가

- 적절한 공극 : 0.3 ~ 2.5 [mm]

### [ 변압기 ]

1차측(전원), 2차측(부하)

유도전류

### [ 유도기 ]

1차측(고정자), 2차측(회전자)

유도전류

회전자

원리는 같아!

### [ 변압기 등가회로 ]

### [ 유도기 등가회로 ]

**\* 다른 점 \***

- ① 유도기는 1차측과 2차측이 공극에 의해 끊어져 있음  
→  $X_1$  (누설) 이 변압기에 비해 커진다  
→  $X_m$  (자화) 이 변압기에 비해 작아진다  
→ 여자전류 ( $I_1$ ) 가 정격전류의 30 ~ 50% 정도로 상당히 크다
- ② 유도기의 2차측은 항상 단락되어 있다  
(∴  $I_2$  가 있어야 토크를 얻으므로)
- ③ 유도기는 슬립 S에 따라 1차측, 2차측 주파수가 달라진다
- ④ 변압기는 여자전류  $I_0$  가 매우 작아서 여자 회로를  $R_1, X_1$  앞으로 보내서 근사등가회로를 쓰지만, 유도기는 여자전류  $I_0$  도 크고 누설자속  $X_1$  도 크므로 근사등가회로를 쓰지 않음  
(대신 보통  $R_i$  값은 무시하고 해석함)

blog.naver.com/thumb\_jw

유도전동기의 종류  
농형 유도전동기 권선형 유도전동기



# EOMJI WORLD

## ② 유도전동기의 이론

$N$ : 회전자가 회전하는 것 (실제 기계의 회전속도)

$N_s$ : 고정자 회전 자계가 회전하는 것 (동기속도)

→ 고정자에서만, 3φ 전류를 흘려주니까 회전자계가 생겨!

### (1) 슬립 :

고정자 회전자계와 회전자의 회전 속도의 상대속도

$$\textcircled{1} \text{ 슬립 } S = \frac{\text{동기속도} - \text{회전자속도}}{\text{동기속도}} = \frac{N_s - N}{N_s}$$

- 정지상태 :  $S=1$  ( $N=0$ )

- 동기속도로 회전 :  $S=0$  ( $N=N_s$ )

- 역회전시 슬립  $S = \frac{N_s - (-N)}{N_s}$

$$\textcircled{2} \text{ 동기속도 } N_s = \frac{120f}{P} \text{ [rpm]} \quad f: 1\text{차 주파수 (고정자 주파수)}$$

$$\textcircled{3} \text{ 회전속도 } N = N_s(1-S) = \frac{120f}{P} (1-S) \text{ [rpm]}$$

### ④ 슬립의 범위

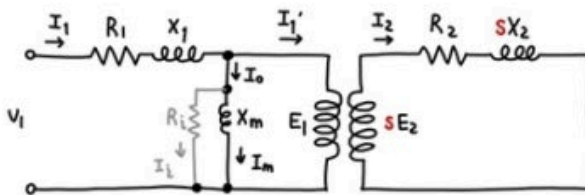
#### 1. 정회전 $S$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{정지 } N=0 \rightarrow S=1 \\ \text{회전 } N=N_s \rightarrow S=0 \end{array} \right. \therefore 0 < S < 1$$

#### 2. 역회전 $S'$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{정지 } N=0 \rightarrow S'=1 \\ \text{회전 } N=-N_s \rightarrow S'=2 \end{array} \right. \therefore 1 < S' < 2$$

## (2) 유도기 전력



$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 \Phi_m$$

$$E_2 = 4.44 f_2 N_2 \Phi_m$$

### ① 전동기 정지시 ( $N=0$ )

$$f_2 = f_1 \Rightarrow E_2 = E_1$$

### ② 전동기가 슬립 $S$ 로 운전시

$$f_{2s} = S f_1 \Rightarrow E_{2s} = S E_2$$

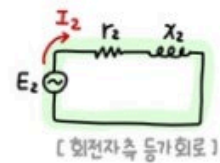
$E_{2s}$ : 운전시 2차유기전압

$E_2$ : 정지시 2차유기전압

blog.naver.com/thumb\_jw

### (3) 2차전류

$$\textcircled{1} \text{ 정지시 } I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{r_2^2 + X_2^2}}$$



[ 회전자속 동기회로 ]

### ② 회전시 (운전시) $E_{2s} = S E_2$

$$I_2 = \frac{S E_2}{r_2 + j S X_2} \rightarrow S E_2 \sim$$

분모-분자 ÷ S

$$= \frac{E_2}{\frac{r_2}{S} + j X_2} \rightarrow$$

$\frac{r_2}{S} = r_2 + R$

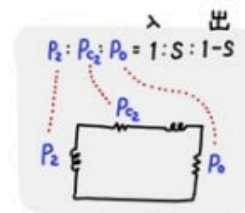
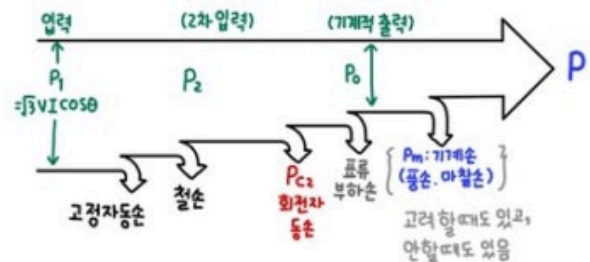
$$= \frac{E_2}{r_2 + R + j X_2} \rightarrow$$

왜 이렇게 바꿨?

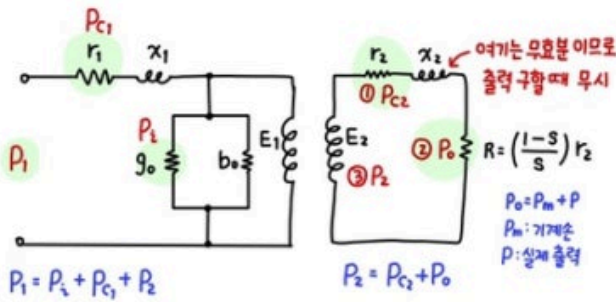
저항에서만 슬립을 해석 할 수 있으면 편하니까!

기계적 출력을 등가 한 저항!

### (4) 전력의 변환



# EOMJI WORLD



①  $P_{c2}$ : 2차 동손 ( $= sP_2$ )

$$P_{c2} = I_2^2 r_2$$

②  $P_o$ : 기계적 출력 (2차 권선에서 나오는 출력)

$$P_o = I_2^2 R = I_2^2 \frac{1-s}{s} r_2 = \left( \frac{1-s}{s} \right) P_{c2} = (1-s) P_2$$

\* 실제로  $P_o = P + P_m$  \*  $P_m$ : 기계손 (베어링에 의한 마찰손, 풍손 등)  
 고려 하라 하면 고려 하기  $P$ : 실제 기계에 가해지는 출력

③  $P_2$ : 2차 입력 (회전자로 전달되는 한 상당 전력)

$$P_2 = P_{c2} + P_o = I_2^2 r_2 + I_2^2 \frac{1-s}{s} r_2 = \frac{I_2^2 r_2}{s} = \frac{P_{c2}}{s}$$

∴ 전력의 관계

- 동손  $P_{c2} = sP_2$
  - 기계적 출력  $P_o = P_2 - P_{c2} = P_2 - sP_2 = (1-s)P_2$
  - 2차 (회전자) 효율  $\eta_2 = \frac{P_o}{P_2} = \frac{(1-s)P_2}{P_2} = 1-s = \frac{N}{N_s}$
  - 전체 효율  $\eta_o = \frac{P}{P_1} = \frac{P_o}{P_1}$
- if, 기계손 무시

유도전동기의 토크특성(토크 곡선)을 바꿀수 있는 변수

첫번째는 "고정자의 공급전압"

두번째는 "회전자 권선의 저항" (권선형·비례추어)

## ③ 3상유도전동기의특성

(1) 3상유도 전동기의 토크

<BASIS>

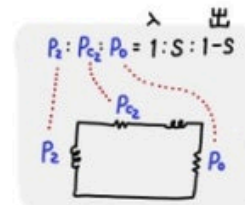
$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{P}{\frac{2\pi N}{60}} = \frac{60P}{2\pi N} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

$$T = \begin{cases} 9.55 \frac{P}{N} \text{ [N} \cdot \text{m]} \\ 0.975 \frac{P}{N} \text{ [kg} \cdot \text{m]} \end{cases} \quad \left. \vphantom{\frac{P}{N}} \right\} 9.8 \text{ [N]} = 1 \text{ [kg]}$$



$$T = 9.55 \frac{P_o}{N}$$

$$= 9.55 \frac{P_2(1-s)}{N_s(1-s)} = 9.55 \frac{P_2}{N_s}$$



$$\therefore T = \begin{cases} 9.55 \frac{P_o}{N} = 9.55 \frac{P_2}{N_s} \text{ [N} \cdot \text{m]} \\ 0.975 \frac{P_o}{N} = 0.975 \frac{P_2}{N_s} \text{ [kg} \cdot \text{m]} \end{cases}$$

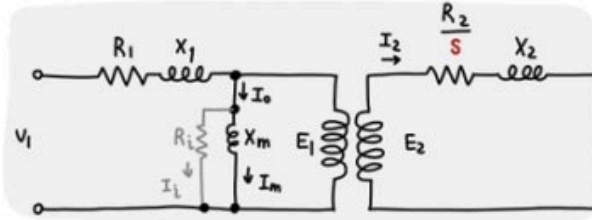
① 2차 입력  $P_2$ 와 토크는 동기속도 하에서 비례한다  $T \propto P_2$   
 $N_s$ : 일정

② 동기 와트: 동기속도 하에서의 2차입력  $P_2 = 1.026 N_s T$

# EOMJI WORLD

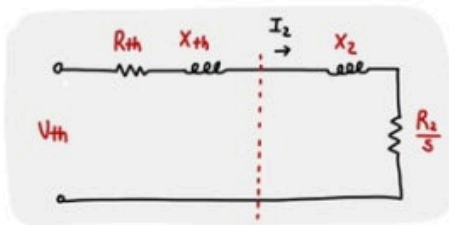
## ③ 토크와 공급전압의 관계 ( $T \propto V^2$ )

\* 유도전동기의 등가회로



$R_i$  무시하고 1차측 테브난 변환

$$V_{th} = V_1 \times \frac{jX_m}{R_1 + j(X_1 + X_m)} \quad Z_{th} = \frac{jX_m(R_1 + jX_1)}{R_1 + j(X_1 + X_m)}$$



\* 유도전류  $I_2 = \frac{V_{th}}{\sqrt{(R_{th} + \frac{R_2}{s})^2 + (X_{th} + X_2)^2}}$

\* 토크는  $P_2$ 에 비례하고  $P_2 = I_2^2 \cdot \frac{R_2}{s}$  이므로

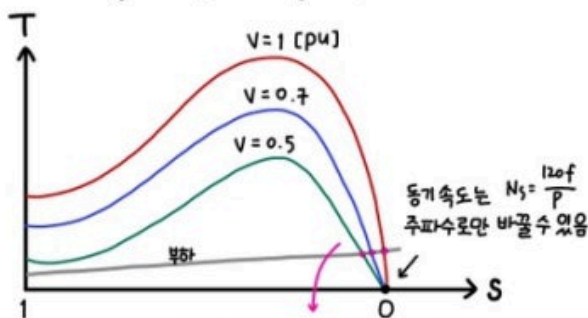
∴ 1상당 토크  $T$

$$T = \frac{V_{th}^2}{(R_{th} + \frac{R_2}{s})^2 + (X_{th} + X_2)^2} \times \frac{R_2}{s} \times \frac{1}{\omega_s} \quad (\because T = \frac{P}{\omega})$$

→ 유도전동기의 토크  $T$ 는

$V_{th}$ (공급전압, 고정자전압)의 제곱에 비례함

(c.f. 동기에서는  $T \propto V$  정비례)

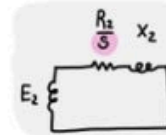


고정자 전압제어로 부하속도조정  
but, 범위가 매우 작고 역률도 나빠져서  
잘 사용하지 않음

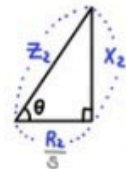
blog.naver.com/thumb\_jw

## (2) 전류, 역률 특성

$S$  (슬립) 1 (거동) → 0 (동기속도) 가 될 때



$$I_2 = \frac{E_2}{\frac{R_2}{s} + jX_2}$$



동기속도일때  $S=0$  이므로  $\frac{R_2}{s} = \infty$

[ $S=1$ , 정지]

[ $S=0$ , 동기속도]

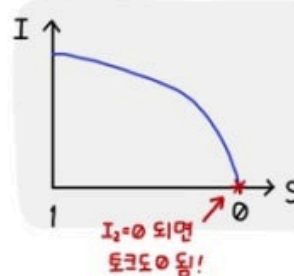
\* 해석 \*

회전 속도가 증가 할수록 ( $S$ 이 작아질 수록)

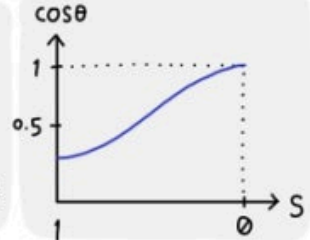
1. 임피던스도 증가 하고, 동기속도에 도달하면  $\infty$  이 된다.
2. 역률  $\cos \theta$  값은 커진다, 동기속도에 도달하면 역률은 1이 된다.

3. 전류는 점점 감소한다 ( $\because I_2 = \frac{E_2}{\frac{R_2}{s} + jX_2}$ ) 동기속도에서  $I_2 = 0$   
↳ 기동시점 임피던스가 가장 낮아서 기동전류가 큰 거임!

### ① 전류 그래프



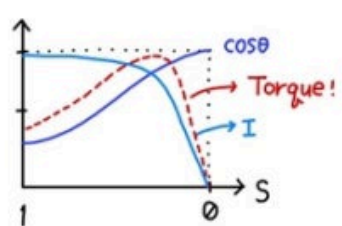
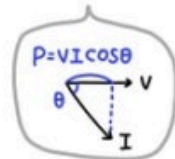
### ② 역률 그래프



## (3) 토크 특성 및 토크곡선

토크 특성도 전류 x 역률로  
나타낼 수 있음

전계적 E → 기계적 E  
유효전력( $P$ )  $\propto I \cdot \cos \theta$  → 유효한 일( $T$ )  $\propto I \cdot \cos \theta$



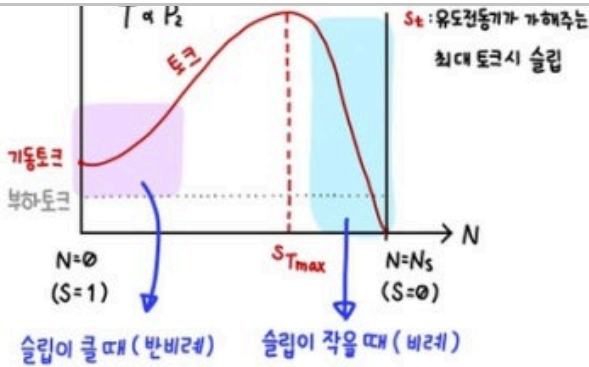
## EOMJI WORLD

---

토크 곡선



# EOMJI WORLD



$$T = \frac{V_{th}^2}{(R_{th} + \frac{R_2}{S})^2 + (X_{th} + X_2)^2} \times \frac{R_2}{S} \times \frac{1}{\omega_s} \quad \text{에서}$$

## ① 슬립이 작을 때 ( $S \approx 0$ )

$$R_{th} + \frac{R_2}{S} \gg X_{th} + X_2 \quad \text{이고} \quad \frac{R_2}{S} \gg R_{th} \quad \text{이므로}$$

$$T = \frac{V_{th}^2}{(\cancel{R_{th} + \frac{R_2}{S}})^2 + (\cancel{X_{th} + X_2})^2} \times \frac{R_2}{S} \times \frac{1}{\omega_s} = \frac{V_{th}^2}{R_2} \times \frac{S}{\omega_s}$$

토크는 슬립에 비례

## ② 슬립이 클 때 ( $S \approx 1$ )

$$R_{th} + \frac{R_2}{S} \ll X_{th} + X_2 \quad \text{이므로}$$

$$T = \frac{V_{th}^2}{(\cancel{R_{th} + \frac{R_2}{S}})^2 + (X_{th} + X_2)^2} \times \frac{R_2}{S} \times \frac{1}{\omega_s} = \frac{V_{th}^2}{(X_{th} + X_2)^2} \times \frac{R_2}{S} \times \frac{1}{\omega_s}$$

토크는 슬립에 반비례

## ③ 최대토크일때

$$\frac{dT(S)}{dS} = 0 \quad \text{으로 하는 } S \text{ 값을 } S_{Tmax} \text{ 라 하면 (유도생략)}$$

$$S_{Tmax} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}} \quad \text{이고, } T(S_{Tmax})$$

$$S_{Tmax} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}} \rightarrow T = \frac{V_{th}^2}{(R_{th} + \frac{R_2}{S})^2 + (X_{th} + X_2)^2} \times \frac{R_2}{S} \times \frac{1}{\omega_s}$$

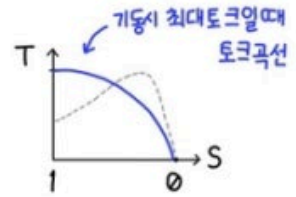
$$T_{max} = \frac{V_{th}^2}{(R_{th} + \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2})^2 + (X_{th} + X_2)^2} \times \frac{1}{\omega_s}$$

최대토크는 2차저항  $R_2$ 의 크기와 무관함!

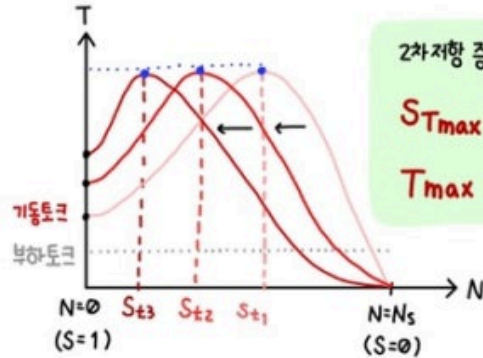
이게 중요!

$$S_{Tmax} = \frac{R_2}{\sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}} = 1 \quad \text{이되면 됨}$$

$$\therefore R_2 = \sqrt{R_{th}^2 + (X_{th} + X_2)^2}$$



## ④ 저항을 통한 토크제어



2차저항 증가 시키면

$$S_{Tmax} \propto R_2$$

$T_{max}$  : 일정

## (4) 주파수 변화에 따른 전동기의 특성변화

$$① N \propto \frac{1}{f} \quad (\because N_s = \frac{120}{P} f)$$

$$② \phi \propto \frac{1}{f} \quad (\text{단, 전압이 일정할 경우} \because E = 4.44 f N \phi)$$

$$③ \cos \theta \propto f$$

$$④ T_{max} \propto \frac{1}{f} \quad (\because T_{max} = k_2 \frac{E_1^2}{2X_2} \text{ 에서 } X_2 \propto f)$$

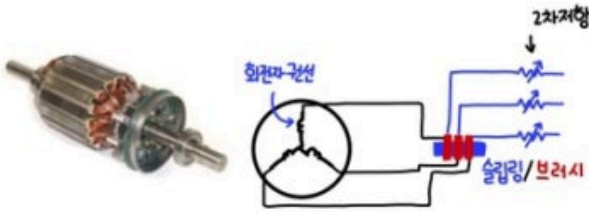
$$⑤ \text{히스테리시스손, 온도} \propto \frac{1}{f}$$

blog.naver.com/thumb\_jw

슬립 최대토크 기동시 최대토크 토크제어

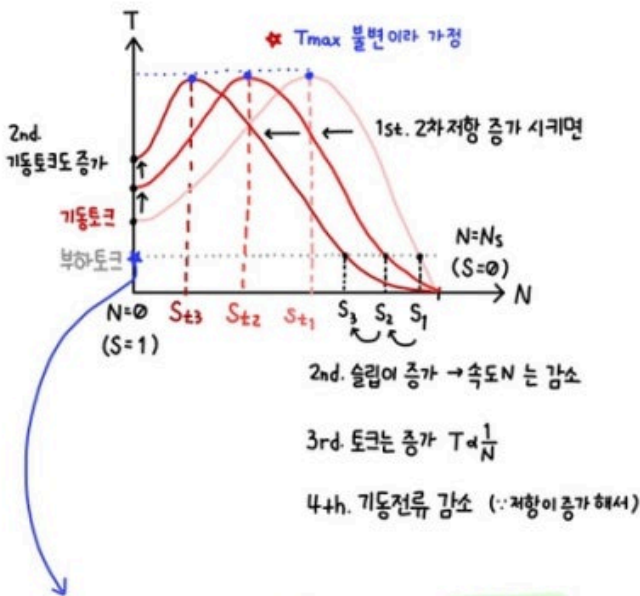


# EOMJI WORLD



권선형 유도전동기에서는 2차저항을 증가시키면 이에 비례하여 최대 토크값이 일정한 상태에서  $S_{Tmax}$ 가 증가한다.  
이에 따라 슬립도 증가하게 되고, 속도/기동토크 제어가 가능해진다.

$$\frac{R_2}{S} = \frac{R_2 + R_{ext}}{S'} = \frac{2R_2}{2S} = \frac{3R_2}{3S} = \frac{kR_2}{kS}$$



기동토크를 부하 토크로 하기 위한 2차 저항값  $R = \frac{1-S}{S} R_2$

∴ S와  $R_2$ 가 관계된 식은 비례추이가 가능

① 可 : 1차전류, 2차전류, 토크, 역률, 1차입력

② 不可 : 출효동동  
력율기손  
속도

blog.naver.com/thumb\_jw

유도 전동기의 실 부하 시험을 하지 않고, 유도 전동기에 대한 간단한 시험의 결과로부터 전동기의 특성을 쉽게 구할수 있는 방법

## ① 원선도 작성을 위해 꼭 해야 하는 시험 3가지

### 1. 무부하시험

전동기를 무부하로 두고 (S=0) (→ 2차저항  $\frac{R_2}{S} = \infty$ )

정격전압과 정격주파수를 가해준 후 무부하전류와 무부하 입력을 측정

### 2. 구속시험 (=단락시험)

2차권선을 슬립링에서 단락 후, 1차측에 정격주파수 전압을 인가

이때, 권선형 회전자에는 정격 1차전류에 가까운 전류

(I<sub>s</sub>: 구속전류, 고정자전류)를 흘려줌

이때의 전압과 1차 입력을 측정

출력이 0 이므로 이때의 1차입력은  $P_{C1} + P_{C2}$

회전자를 고정시켜서 전동기가 못 돌게 막아 버리는 거!  
(N=0, S=1, 출력 0)

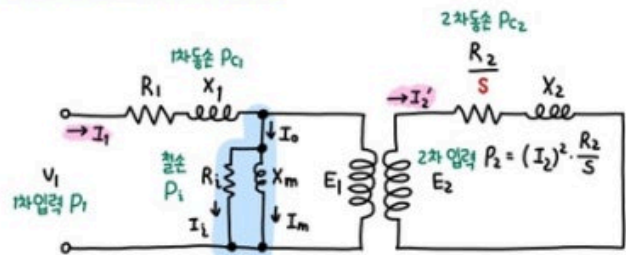
### 3. 권선 저항측정 시험

(75°C 에서 DC 전압 인가)

구속시험을 통해 얻은 값과 권선 저항 측정 시험에서 얻은

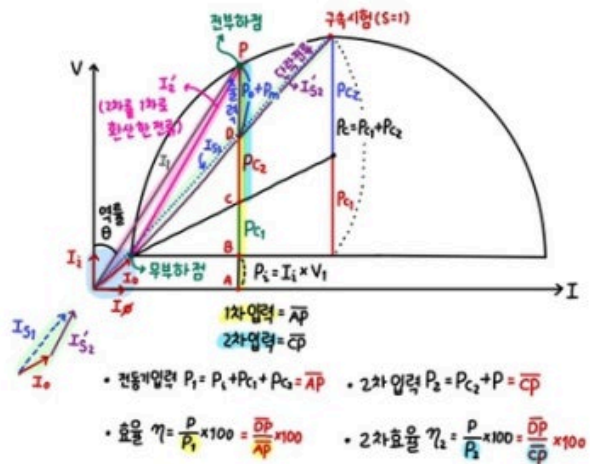
저항값으로 정지시 회전자 등가 저항 등을 구할 수 있음.

## ② 원선도에서 알 수 있는 것



1차, 2차 입력 / 1차, 2차 동손 / 철손 / 슬립 / 역률 / 원선도의 지름

\* 알 수 없는 것 \* 기계손, 기계적 출력 (2차 출력)



heyland 원선도

비례추이 특성

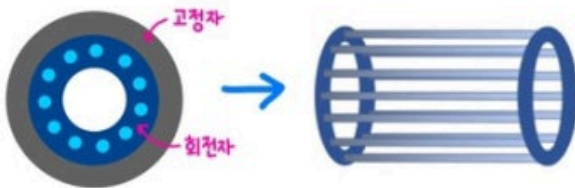
# EOMJI WORLD

## (1) 농형 유도전동기의 기동

\* 특징 \*

- ① 구조가 간단하며 보수가 용이
- ② 전동기의 효율이 양호
- ③ 속도 조절이 곤란
- ④ 기동 토크가 작아서 대형은 곤란

- ① 전전압기동(직압기동)
- ★ ② Y-Δ 기동 ★
- ③ 리액터 기동
- ④ 기동보상기법
- ⑤ 콘돌퍼 기동



\* 농형 유도전동기의 기동

① 전전압기동(직압기동)

\* 감전압기동을 하지 않으므로 5[kw] 이하 소형

★ ② Y-Δ 기동 : Y 기동, Δ 운전

\* 5~15[kw]

\*  $V_Y = \frac{1}{\sqrt{3}} V_{\Delta}$ ,  $V_Y = \frac{1}{3} V_{\Delta}$ ,  $T_Y = \frac{1}{3} T_{\Delta} (\because T \propto V^2)$

③ 리액터 기동 \*

\* 리액터로 전압강하를 발생시켜 전압을 낮추어 기동

④ 기동보상기법 \*

\* 15[kw] 정도의 대용량

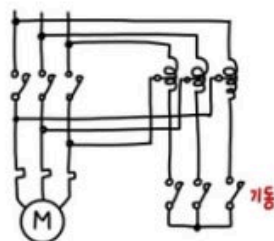
\* 3상단권변압기로 전압을 낮추어 기동

합친거

⑤ 콘돌퍼 기동



[ 리액터 기동 ]



[ 기동보상기법 ]

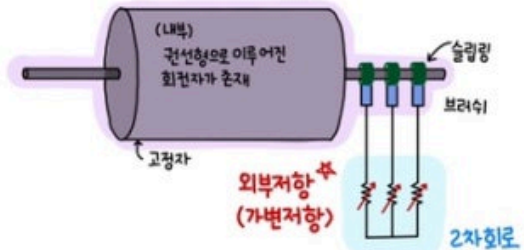
## (2) 권선형 유도전동기의 기동

\* 특징 \*

- ① 기동 토크가 크다
- ② 2차회로에 저항을 삽입하여 비례축이 가능 → 속도 제어가 용이
- ③ 농형에 비해 구조복잡 & 효율나쁨

- ① 2차저항기동법
- ② 2차임피던스기동법

1차회로



\* 권선형 유도전동기의 기동

① 2차저항기동법 (= 기동저항기법)

\* 비례축이 이용

\* 슬립링에 '가변저항' → 기동 전류 감소 / 기동토크 증가

\* 저항(유효분) 덕에 역률도 개선!

② 2차 임피던스 기동법

\* 회전자 각 상에 리액터를 병렬 연결 하여 기동

blog.naver.com/thumb\_jw

## EOMJI WORLD

### (1) 농형 유도 전동기의 속도제어

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

$f$ : 주파수 제어  
 $P$ : 극수 제어  
 $s$ : 전압제어 (슬립제어)

#### ① 주파수 제어

\* 이용: 안전방사기의 포트 모터, 선박용 추진기

인전: 팔프에서 인위적으로 가늘게 뽑아낸 실

방사기: Cotton - Spinning machine 실 뽑는 기계

\* VVVF 방식 사용 (가변전압, 가변주파수 전원공급장치)  
Variable Voltage Variable frequency

#### ② 극수제어

\* 극수  $P$ 는 정수값을 가지므로 계단적 속도제어가 가능

\* 이용: 목공 기계, 공작 기계, 엘리베이터, 송풍기, 펌프

→ 단계적 제어가 필요한 곳

#### ③ 슬립 제어 → 전압제어

\*  $s \propto \frac{1}{V^2}$  을 이용하여 제어

\* 이용: 선풍기에 주로 사용

\*\*\* 슬립은 전압의 제곱에 반비례  
토크 ∝ 전압<sup>2</sup>

### (2) 권선형 유도 전동기의 속도제어

#### ① 2차저항법

: 2차 외부저항을 이용한 비례추이를 응용한 방법

→ 구조간단, 조작이 용이

\* 2차 동손이 증가 하므로 효율이 나쁘고 가격이 비쌈

\* 가감변속도 특성을 나타냄

2차 저항 조절하여 속도 가장 가능~!

#### ② 2차 여자법

: 권선형회전자 슬립링 외부에서 슬립주파수 전압을

인가시켜 속도를 제어하는 방식

\* 세르비우스 방식, 크래머 방식이 있음

↳ 정토크

↳ 정출력

#### ③ 종속법

: 극수가 다른 2대의 권선형유도 전동기를 서로 종속시켜

극수 변환

### (1) 유도 전동기의 시험

#### ① 부하시험 (실부하법)

: 전기동력계법, 프로니 브레이크법

손실을 알고 있는 직류 발전기를 사용하는 방법

#### ② 슬립의 측정

- 회전계법: 회전계로 직접 회전수를 측정

- 직류 밀리볼트계 법: 권선형 유도전동기에 사용

- 속회계법, 스트로보법

### (2) 유도 전동기의 이상현상

#### ① 크로잉 현상 (차동기 운전)

- 원인: 농형 전동기에서 고정자와 회전자의 슬롯 수가 같지 않을 때  
(잘못 제작된 거임!)

- 현상: 유도 전동기의 공극이 일정하지 않거나 제자에 고조파가  
유기되어 전동기가 정격속도보다 낮은 속도에서 안정되어버림  
14.1% 정도의 수준밖에 못매침

- 방지 대책: 경사슬롯 (skewed slot) 을 채용

#### ② 게르게스 현상

- 원인: 3상 권선형 유도전동기의 2차 회로중 1상이 고장 단선되었을 때

- 현상: 2차 회로에 단상전류가 지속적으로 흐르게 되어,  
이 때 만들어진 정방향 / 역방향 토크로 인해  
 $s = 0.5$  지점에서 더 이상 가속 되지 않는 현상

### 3상 유도전동기의 속도제어법