

제4장

전동기의 특성

- 4. 1 동기속도와 슬립
- 4. 2 회전력
- 4. 3 역률
- 4. 4 손실 및 효율
- 4. 5 전압, 주파수의 영향
- 4. 6 기동계급
- 4. 7 온도상승
- 4. 8 End Play
- 4. 9 전동기의 기동방법
- 4. 10 기동방법의 비교

4. 전동기의 특성

4.1 동기속도 (Synchronous speed)와 슬립(Slip)

전동기의 극수는 N과 S를 1조(2극)로 해서 2의 배수이고, 회전속도는 극수와 주파수에 의해 결정된다. 동기속도란 전동기회전자계의 회전속도로서 1분당 회전수(rpm)로 표시한다.

$$\text{동기속도} = \frac{\text{주파수}}{(\text{극수}/2)} \times 60 = \frac{120 \times \text{주파수}}{\text{극수}} \text{ (rpm)}$$

〈표 4-1〉은 극수와 주파수에 따른 동기속도를 나타낸 것이다. 유도전동기의 회전자가 회전자계의 속도와 동일하게 회전한다면, 회전자도체와 쇄교하는 자속의 시간당 변화량은 0이 되어 전압을 유기하지 못하고, 회전력은 발생되지 않는다. 따라서 회전을 발생시키기 위해서 회전자의 속도는 항상 회전자계의 속도보다 느리다. 매분당 회전자계의 동기속도를 N_0 , 회전자의 속도를 N 이라 하면, 자속을 끊는 속도는 $(N_0 - N)$ 이 되고, N_0 에 대한 비를 슬립이라 한다.

표 4-1 동기속도표

(단위 : rpm)

극 수(P)	50Hz	60Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900
10	600	720
12	500	600
16	375	450
20	300	360

$$S = \frac{N_0 - N}{N_0} \quad \text{또는} \quad N = N_0(1 - S).$$

슬립은 부하의 크기에 따라 변하고, 무부하에서는 거의 0, 정격부하에서는 2 ~ 8 %수준이다. 유도전동기에서 부하측 출력이 커지면 슬립이 커지는 이유는 다음과 같다. 전동기의 출력이 커지기 위해서는 회전자에서 발생하는 회전력이 커져야 한다. 회전력이 커지려면 회전자의 유기전압이 커져야 하고, 유기전압이 커지기 위해서는 회전자계와 회전자의 속도차(자속의 변화량)가 커져야 하는 것이다. 이런 이유로 슬립이 클수록 회전자에 높은 전압이 유기되어 전동기의 출력이 커지게 된다.

4.2 회전력(Torque)

힘은 선형운동에, 회전력은 회전운동에 사용되는 일의 양이다.

전동기에서 회전력이란 회전을 회전을 시키는 힘으로, 회전자의 반경 $r(m)$ 과 회전자 외경에 작용하는 접선방향의 힘 $F(N)$ 의 곱이다.

$$T = F \times r (N \cdot m)$$

$T(N \cdot m)$ 의 회전력을 내면서 전동기가 1회전 한다면, 반경 1m인 점에서 $T(N)$ 의 힘으로 $2\pi(m)$ 움직인 것이 되고 $2\pi T(J)$ 의 일을 하게된다. 전동기의 회전수가 $n(rpm)$ 이면 1초간 $n/60$ 회전하고, 1초당 일의 양 즉, 출력은

$$P = 2\pi T \cdot \frac{n}{60} (J/S) = \frac{2\pi}{60} Tn = 0.1047 Tn (W)$$

$$T = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P}{n} = 9.55 \frac{P}{n} (N \cdot m)$$

또 $1(kg \cdot m) = 9.8(N \cdot m)$ 이므로

$$P = 0.1047 Tn = 0.1047 (9.8T')n = 1.026 T'n (W)$$

$$T' = \frac{P}{1.026n} (kg \cdot m)$$

〈그림 4-1〉은 3상유도전동기의 속도·회전력 곡선 (Speed-Torque Curve : S-T Curve)으로, 전동기가 회전을 시작해서 정격속도를 거쳐 동기속도에 이르기까지 각 회전수에서의 회전력을 나타낸 것이다.

전동기에서 사용되는 회전력의 종류는 다음과 같다.

(1) 기동회전력(Starting Torque)

전동기가 기동할 때 발생하는 회전력으로 회전자 구속회전력(Locked Rotor Torque), 출발회전력(Breakaway Torque)라고도 한다. 이 회전력보다 큰 회전력을 전동기에 가하면 전동기는 기동되지 않는다.

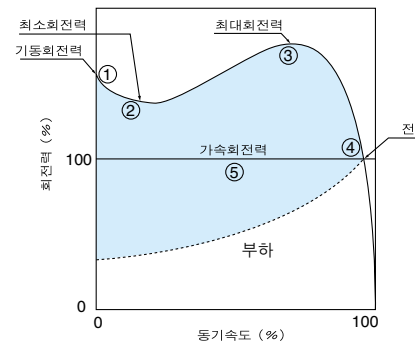


그림 4-1 유도전동기의
속도·회전력 특성

(2) 최소회전력 (Pull-Up Torque)

전동기는 기동시 나타나는 최소회전력으로, 농형유도전동기에서는 대부분 발생한다.

(3) 최대회전력 (Breakdown, Maximum Torque)

전동기가 낼 수 있는 회전력의 최대치로서 탈출회전력(Pull-Out Torque), 정동(停同) 회전력이라고도 하며, 동기속도의 80~90%에서 발생한다. 운전중 최대회전력 이상의 부하가 걸리면, 전동기는 정지하든가 기동과 가속을 반복하는 사이클링(Cycling)현상을 일으켜 사용할 수 없게 된다.

(4) 전부하회전력 (Full-Load Torque)

정격속도에서의 회전력으로 정격회전력(Rated Torque)이라고 한다.

표 4-2 3상유도전동기의 회전자 종류별 특성

종류 및 기호		특 징	기동전류 (%)	기동회전력 (%)	적용출력 (kW)	용 도
농 형	보 통 농 형(C)	기동전류는 크지만, 효율·역률, 최대회전력은 우수.	600~780	125이상	0.2~3.7	소용량 일반
	특수농형1종(K1) (심구형)	효율·역률·최대회전력은 보통농형보다 다소 나쁨.	600~750	100이상	5.5이상	펌프, 송풍기, 압축기, 일반동력
	특수농형2종(K2) (2중 농형)	효율·역률·최대회전력은 C,K1에 비해 나쁘지만, 기동특성은 우수	500~700	150이상	5.5이상	컨베이어, 공작기계, 일반동력
	고 저 항 농 형(D)	운전특성은 나쁘지만, 기동특성은 우수하므로 고빈도 기동에 적합	400~450	250이상		엘리베이터등의 전압제어용으로 사용
권 선 형(W)		비례추이에 의해 회전을 높이고, 기동전류를 낮출 수 있음	기동저항에 의해 120%까지 줄일 수 있음			펌프, 송풍기 최대회전력 175% 이상인 압축기, 일반동력. 최대회전력 250% 이상의 크레인

(5) 가속회전력 (Accelerating Torque)

각 회전수에서 전동기의 회전력과 부하에 필요한 회전력의 차를 말하고, 가속회전력이 크면 기동도 빨라진다.

〈그림 4-1〉에서 빗금친 부분이 가속회전력으로, 전동기의 회전력과 부하의 회전력이 일치하면 가속회전력은 0이 되어, 전동기는 일정한 속도로 회전하게 된다.

유도전동기의 회전력특성은 회전자의 구조, 저항에 따라 변하며, KS 규격에는 속도·회전력 특성에 관해 구체적으로 규정하지 않고 회전자구조에 따른 기동회전력에 대해서만 규정하고 있다. 〈표 4-2, 그림 4-2〉

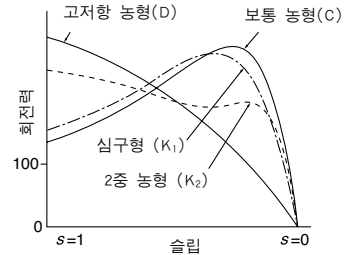


그림 4-2 농형회전자의 종류별 속도·회전력 특성

4.3 역률

전동기의 역률은 전압이나 주파수뿐만 아니고, 출력의 크기, 극수, 회전자 구조에 따라서도 변한다.

(1) 극수가 같고, 출력이 다른 경우

무부하전류는 출력에 비례하지 않기 때문에 출력이 커지면 역률은 좋아진다. 개방형농형 4극인 정격출력 0.4kW 전동기의 역률은 66.5%이고, 3.7kW이면 80%수준이다.

(2) 동일출력이고, 극수가 다른 경우

극수가 증가하면 무부하 전류도 증가하므로 역률이 나빠진다. 개방형농형 0.75kW인 2극 전동기의 역률은 80.5%이고, 4극은 73%이다.

(3) 회전자구조가 다른 경우

농형보다 권선형이, 보통농형보다 특수농형이 회전자의 리액턴스가 크기 때문에 무부하 전류가 커서 역률이 나빠진다. 이 현상은 회전력을 크게 할수록 심해진다. 일반적으로 3상유도전동기의 역률은 70~90%, 단상유도전동기는 60~80%, 컨덴서운전형단상유도전동기는 80~100%이고, 전동기의 역률은 다음과 같이 계산된다.

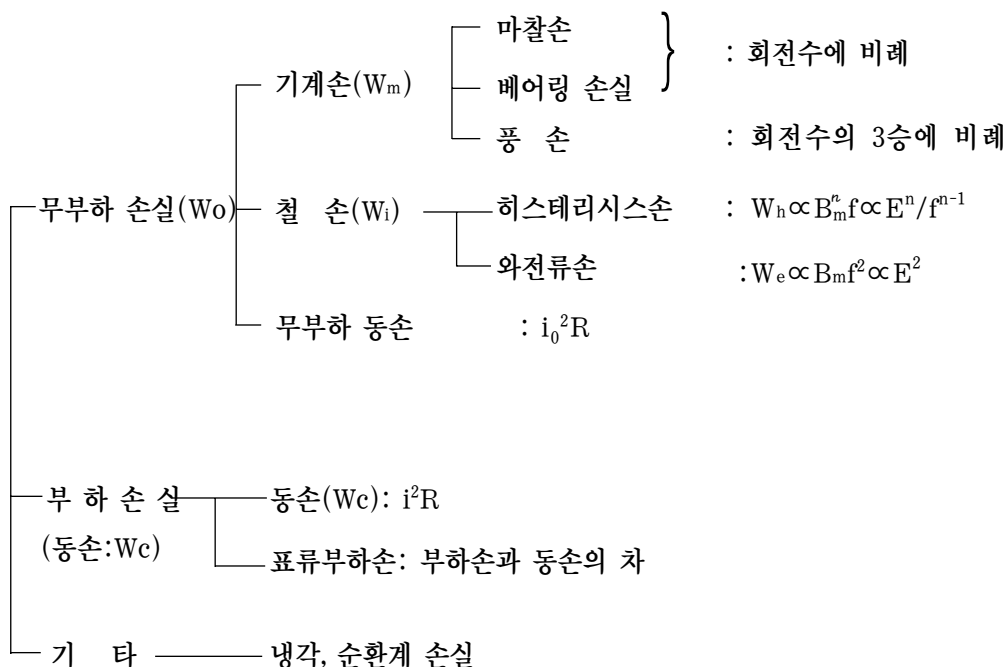
$$\text{단상} : \cos \theta = \frac{W}{EI} = \frac{P}{EI\eta}$$

$$\text{3상} : \cos \theta = \frac{W}{\sqrt{3}EI} = \frac{P}{\sqrt{3}EI\eta}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I : \text{전류} \\ E : \text{전압} \\ W : \text{입력} \\ P : \text{출력} \\ \eta : \text{효율} \end{array} \right.$$

4.4 손실 및 효율

전동기의 손실은 다음과 같이 분류된다.



이들 손실은 열, 진동, 소음으로 변하고, 전동기 온도상승의 원인이 된다.

출력은 입력에서 손실을 뺀 것이고, 출력의 입력에 대한 비율을 효율이라 한다.

$$\text{효율}(\%) = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}} \times 100$$

4.5 전압 · 주파수의 영향

- 전압 $\pm 5\%$, 주파수 $\pm 2\%$: 연속으로 움직여서 실용상 지장이 없을 것
- 전압 $\pm 10\%$, 주파수 $-5\% \sim +3\%$: 운전해서 실용상 지장이 없을 것

장시간 운전하는 것은 바람직 하지 않다.

전압과 주파수의 변동은 전동기특성에 영향을 미치는데 KSC 4202에서 다음과 같이 규정하고 있다.

* “실용상 지장없이”란 수명이 현저히 단축될 정도에 이르지 않음을 말하며 특성 및 온도 상승등은 반드시 정격상태의 규정에 따르지 않아도 좋다.

〈표 4-3, 4-4와 그림 4-3〉은 전동기특성에 대한 전압과 주파수변동의 영향을 나타낸 것이다.

표4-3 전압 · 주파수 변동의 영향

	전 압 변 동	주 파 수 변 동
동 기 속 도	변화없음	비례
무 부 하 전 류	2~3승에 비례	2~3승에 반비례
무 부 하 손	2~3승에 비례	2~3승에 반비례 (풍손이 큰 것은 영향이 적다)
1차전류(정격전류)	전압이 감소하면 증가	대략 반비례
기 동 전 류	비례	대략 2승보다 크게 반비례
최 대 출 력	2승에 비례	대략 2승에 반비례
최 대 회 전 력	2승에 비례	대략 2승에 반비례
기 동 회 전 력	2승에 비례	대략 2승에 반비례
효 율	전압이 감소하면 저하	대략 비례
역 률	전압이 증가하면 저하	대략 비례
슬 립	2승에 반비례	비례
온 도 상 승	전압이 약간 상승해서는 그다지 변하지 않 지만 대폭적인 상승이나 저 전압에서는 증가	출력이 일정한 경우, 주파수가 상승하면 온도상승은 저하
비 고	주 파 수 일 정	전 압 일 정

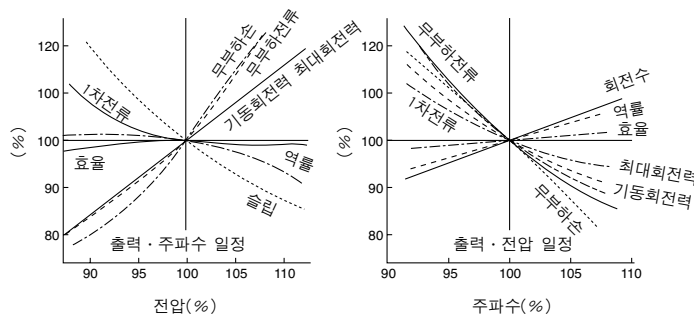


그림4-3 전압 · 주파수변동의 영향

회전력은 전압의 2승에 비례하므로 전압이 낮아지면 전동기의 기동시간이 길어지고 가속되지 못하면 전동기가 소손할 수도 있다. 3상 전원에서 각 상 전압이 불평형되면 전류 불평형비율이 전압불평형비율보다 현저하게 커지기 때문에 출력이 감소되고 온도상승이 높아진다. 주파수가 증가하면 자속수가 감소하므로 여자전류가 감소하여 역율이 좋아지고 전부하전류는 감소한다. 또한 주파수증가에 따라 임피던스도 감소하기 때문에 효율이 향상되고 온도상승은 낮아진다. 주파수가 감소하면 주파수증가와 반대현상이 생긴다.

표4-4 실용상 지장이 없는 범위에서의 전압·주파수 변동의 영향

	전 압		주 파 수	
	+ 10 %	- 10 %	+ 5 %	- 5 %
동 기 속 도	변화없음	변화없음	+ 5%	- 5%
무 부 하 전 류	거의 변하지 않음	거의 변하지 않음	- 5%	+ 5 ~ 10%
정 격 전 류	- 7%	+ 11%	약간감소	약간증가
기 동 전 류	+ 10 ~ 12%	- 10 ~ 12%	- 5 ~ 6%	+ 5 ~ 6%
최 대 출 력	+ 21%	- 19%	약간감소	약간증가
최 대 회 전 력	+ 21%	- 19%	- 10%	+ 11%
기 동 회 전 력	+ 21%	- 19%	- 10%	+ 11%
효 율	+ 0.5 ~ 1	- 2	약간증가	약간감소
역 율	- 3	+ 1	약간증가	약간감소
슬 립	- 17%	+ 23%	거의 변하지 않음	거의 변하지 않음
온 도 상 승	- 3 ~ 4℃	+ 6 ~ 7℃	약간감소	약간증가
자 기 소 음	약간증가	약간감소	약간감소	약간증가

4.6 기동계급

전동기가 회전하는 순간, 전등이 어두워졌다가 밝아지는 것은 정격전류의 300~800% 되는 기동전류에 의해 배전선에 전압강하가 발생한 때문이다. 기동전류가 흐르는 시간은 1초이하 또는 수초정도의 짧은시간이지만 배전선이나 다른 부하에 영향을 미친다. 기동계급은 기동입력에 대한 정격출력의 비를 나타낸 것으로 수전단 회로의 보호를 위해 변압기용량, 배전선차단기나 퓨즈 선정시 이용된다. 기동계급은 정격전압, 정격주파수에서 기동장치를 사용하지 않고, 출력1kW당 기동입력(KVA)이다. <표 4-5> 다단(多段) 속도, 이중전압이면 최고 기동입력, 50Hz와 60Hz 겸용정격을 가진 것은 60Hz, Y-Δ 기동인 것은 Y결선시의 값이다.

표 4-5 유도전동기의 기동계급 (KS C4205)

기 동 계 급	1kW당 기동입력(KVA)		기 동 계 급	1kW당 기동입력(KVA)	
A	—	4.2미 만	L	12.1 이 상	13.4미 만
B	4.2이 상	4.8 "	M	13.4 "	15.0 "
C	4.8 "	5.4 "	N	15.0 "	16.8 "
D	5.4 "	6.0 "	P	16.8 "	18.8 "
E	6.0 "	6.7 "	R	18.8 "	21.5 "
F	6.7 "	7.5 "	S	21.5 "	24.1 "
G	7.5 "	8.4 "	T	24.1 "	26.8 "
H	8.4 "	9.5 "	U	26.8 "	30.0 "
J	9.5 "	10.7 "	V	30.0 "	—
K	10.7 "	12.1 "			

주) 1. 1kW당 기동입력

$$\text{단상: } \frac{E I_{st}}{1000 \times \text{정격출력}}$$

$$\text{3상: } \frac{\sqrt{3} E' I'_{st}}{1000 \times E_s \times \text{정격출력}}$$

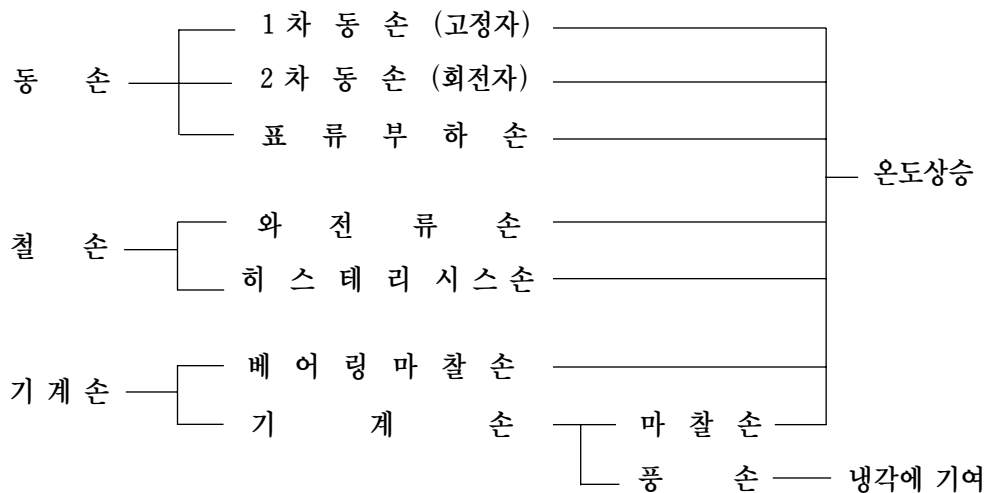
$$\left\{ \begin{array}{l} E : \text{정격전압} \\ I'_{st} : \text{전부하전류에 가까운 구속전류} \\ E'_s : \text{임피던스 전압} \\ I_{st} : \text{기동전류} \end{array} \right.$$

2. 0.2kW 이상 37kW 이하의 저압 3상유도전동기 또는 단상유도전동기의 명판에는 기동계급을 기재하는 것으로 한다.

4.7 온도상승

4.7.1 손실의 종류

전동기가 운전되면 아래와 같이 손실이 발생한다.



일정부하로 전동기를 운전하면 위의 손실이 모두 열로 되어 온도가 상승한다. 전동기는 발열과 방열이 평형되면 일정온도로 되고, 그 후 계속해서 동일부하로 장시간 운전해도 주위온도가 변하지 않는 한 전동기의 온도는 그 이상 상승하지 않는다.

전동기의 온도상승은 시간에 대해 지수함수적으로 변하고 이것을 나타낸 것이 <그림 4-4>이다. 그림에서 T 는 열 시정수, θ 는 열용량이다. 전동기는 열 시정수 (T)에 따라 온도상승속도가 달라지는데 열 시정수가 크면 온도상승속도가 늦어진다. <그림 4-5>

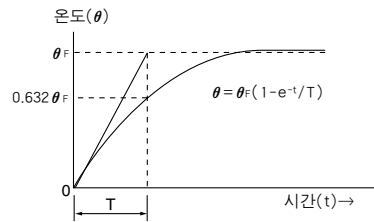


그림 4-4 유도전동기의 온도상승 곡선

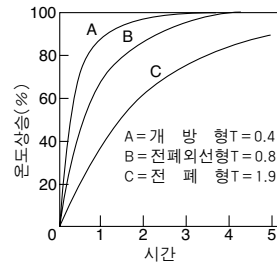


그림 4-5 유도전동기의 열 시정수별 온도상승

4. 7. 2 절연의 종류

전동기에 사용되는 절연재료는 내열성(耐熱性)에 따라 절연구분이 정해져 있다. 각 절연종류별 허용최고온도는 <표 4-6>과 같다.

절 연 종 류	허 용 최 고 온 도 (°C)
Y	90
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180
C	180 이상

표4-6 절연 종류별 허용 최고 온도

4. 7. 3 온도상승의 한도

연속정격 전동기인 경우 정격부하에서 장시간 운전하여 전동기 각부의 온도가 평형되었을 때 또는 단시간정격 전동기이면 규정시간 전동기를 운전한 후 전동기 각부의 온도와 주위온도와의 차를 전동기의 온도상승이라 한다.

전동기의 온도상승 허용한도는 사용된 절연재료의 종류에 따라 <표 4-7>과 같이 KS에 규정되어 있다. 표에서 저항법과 온도계법에 따라 온도차이가 있는 이유는 다음과 같다. 저항법은 권선도체의 평균온도를 나타내는 것이고 온도계법은 권선의 표면온도를 측정하는 것이므로, 권선도체와 권선표면의 온도차, 권선의 절연물에 의한 온도강하를 고려한 때문이다.

표4-7 회전기기의 허용 온도상승(deg)

열분류		A			E			B			F			H		
측정방법 Th=온도계, R=저항, ETD=매입온도계		Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K	Th K	R K	ETD K
항목	회전기기의 부분															
1 (a)	출력이 5000kW(또는 kVA)나 그 이상인 회전기기의 교류	-	60	65 (1)	-	-	-	-	80	85 (1)	-	100	105 (1)	-	125	130 (1)
1 (b)	출력이 200kW(또는 kVA)초과 5000kW(또는 kVA)미만인 회전 기기의 교류 권선	-	60	65 (1)	-	75	-	-	80	90 (1)	-	105	110 (1)	-	125	130 (1)
1 (c)	출력이 200kW(또는 kVA)이하인 회전 기기의 교류 권선중 1d) 또는 1e)의 것을 제외한 것(2)	-	60	-	-	75	-	-	80	-	-	105	-	-	125	-
1 (d)	출력이 600W(또는 VA)미만인 회전기기의 교류 권선(2)	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
1 (e)	송풍기 없이 그리고(또는) 밀폐된 권선을 가진 자기 냉각방식의 교류권선(2)	-	65	-	-	75	-	-	85	-	-	110	-	-	130	-
2	정류자를 가진 전기자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	-	85	105	-	105	125	-
3	항목 4의 것을 제외한 교류기 및 직류기의 계자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	-	85	105	-	105	125	-
4 (a)	동기 유도 전동기를 제외한 슬롯 내에 매입된 직류 여자 권선을 가진 원통형 회전자동기기의 계자 권선	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	110	-	-	135	-
4 (b)	2층권 이상인 직류기의 절연된 정지 계자 권선	50	60	-	65	75	-	70	80	90	85	105	110	105	125	135
4 (c)	2층권 이상인 교류 및 직류기의 저저항 계자 권선과 직류기의 보상 권선	60	60	-	75	75	-	80	80	-	100	100	-	125	125	-
4 (d)	교류 및 직류기의 노출된 나도체 또는 바나시칠이 되어 있는 단층 권선(3)	65	65	-	80	80	-	90	90	-	110	110	-	135	135	-
주(1) 고전압 교류 권선에 대한 보정이 이러한 항목들에 적용될 수 있다(표 8의 항목 4참조).																
(2) 내열 등급 A,B,E와 F의 정격이 200kW(또는 kVA) 이하인 정격을 갖는 회전기기의 권선에 대해 중첩 시험법을 적용하는 경우는, 저항법에 대한 온도 상승의 한도를 5K까지 초과할 수 있다.																
(3) 만일, 하층 권선들이 각각 순환하는 1차 냉각제와 접촉하고 있다면, 다층 구조의 권선도 포함된다.																

4.8 엔드 플레이 (End Play)

전동기의 회전자가 축방향으로 움직이는 것으로 조립과정에서 발생한다. <그림 4-6>에서 X의 치수는 베어링이 축에 압입될 때 결정되고 Y의 치수는 양 브라켓이 프레임에 조립될 때 결정된다. 이 두 치수의 차에 의해 엔드플레이 양이 결정되는 것이다. 엔드플레이는 회전자와 축이 가열될 때 발생하는 팽창을 허용하기 위해 어느 정도 필요하고 미끄럼 베어링(Sleeve Bearing) 사용시 베어링에 대한 내부응력(Internal Thrust)을 방지하기 위해 꼭 필요하다.

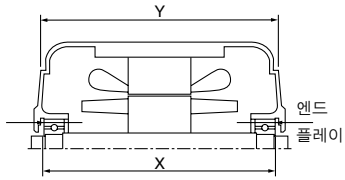


그림 4-6 엔드플레이

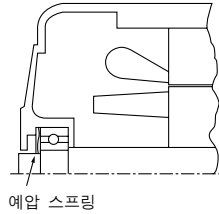


그림 4-7 엔드플레이를 조정하는 프리로딩

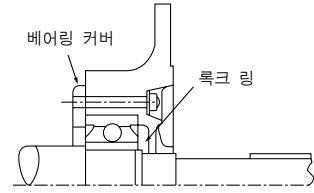


그림 4-8 베어링의 고정

4. 8. 1 예압스프링을 사용하지 않는 경우 0.1mm를 초과 0.6mm이하로 한다.
4. 8. 2 예압스프링을 편측만 사용하는 경우는 예압스프링을 넣지 않은 상태의 엔드플레이를 하기 치수로 조정하여 예압스프링을 삽입하는 것으로 한다.
(단, 베어링 외경 47mm이하는 제외)

베어링외경 (mm)	엔드플레이 (mm)	비 고
100미만	1.2 ~ 2.0	예압스프링이 없는 상태
100이상 160미만	1.7 ~ 2.5	
160이상	2.2 ~ 3.0	
47이하	0.5 ~ 1.0	예압스프링이 있는 상태

4. 8. 3 예압스프링을 양측에 사용하는 경우는 예압스프링을 넣지 않은 상태의 엔드플레이를 하기 치수로 조정하여 예압스프링을 삽입하는 것으로 한다.
(단, 베어링 외경 47mm이하는 제외)

베어링외경 (mm)	엔드플레이 (mm)	비 고
100미만	1.7 ~ 2.5	예압스프링이 없는 상태
100이상 160미만	2.2 ~ 3.0	
160이상	2.7 ~ 3.5	
47이하	0.5 ~ 1.0	예압스프링이 있는 상태

4.9 전동기의 기동방법

전동기를 기동하면 기동순간에 큰 전류가 흐르나, 최대기동전류를 제한 할 필요의 유무에 따라 감전압기동과 직입기동의 2가지 방법이 사용되고 있다.

4. 9. 1 감전압 기동을 하는 경우

이것은 변압기 또는 케이블의 용량이 적어 최초부터 정격전압을 가하여 기동하면 전압강하가 크게 되어 타 기기에 나쁜 영향을 준다는지, 전동기가 기동이 되지 않는지 하므로 여러가지의 기동기를 사용해서 기동시 전동기에 가해지는 전압을 낮추어 기동전류를 최대한 억제하는 기동방법을 말한다. 이때 전압을 낮춘만큼 전동기의 회전력도 작아지기 때문에 기동시간이 길어지므로 전원용량에 추가하여 전동기의 가속성능이나 열적으로 관계되는 GD^2 등도 함께 검토하여야 한다.

4. 9. 2 직입기동을 하는 경우

이것은 수동개폐기나 전자개폐기에 의해 전동기에 정격전압을 가해 기동하는 방법으로 소형전동기나 기동전류를 억제할 필요가 없는 경우에 쓰인다. 이들 각종 기동방식의 주된점을 비교해서 <표 4-8>에 나타낸다. 또 전술한 바와 같이 검토하여 기동조건을 만족시키지 못한 경우는 2차 저항기에 의해 기동시의 전류나 회전력을 조정할 수 있는 권선형 전동기의 적용을 검토하면 좋다.

표 4-8 3상능형유도전동기의 기동방법

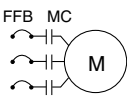
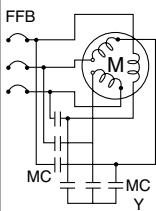
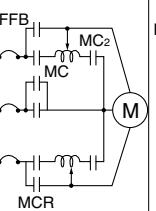
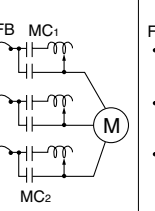
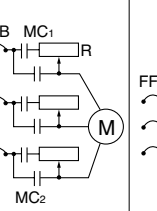
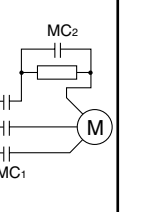
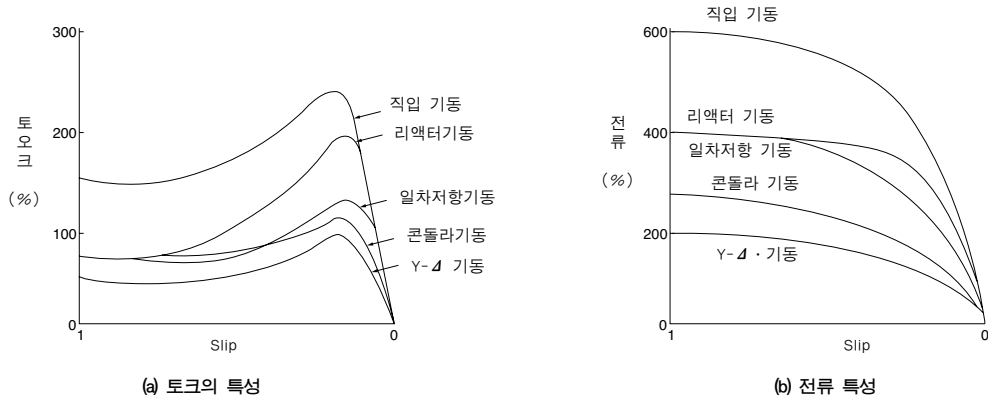
기동법	전 전 압 (全電壓) 직입기동	감 전 압 기 동				
		Y-Δ 기동	콘돌라 기동	리액터 기동	1차저항 기동	구 자 기 동
회로구성						
개 요	전동기에 처음부터 전전압을 인가하여 기동	Δ결선으로 운전하는 전동기를 기동시만 Y결선으로 기동. 최대 기동전류, 최소 기동토크는 전전압의 1/3	V결선으로 단권 변압기를 사용해서 전동기의 인가전압을 낮추어서 기동	전동기의 1차측에 리액터를 넣어 기동시 전동기의 전압을 리액터의 전압강하분 만큼 낮추어서 기동	리액터기동의 리액터대신 저항기를 넣은 것.	3상중 1상만 리액터 또는 저항기를 넣은 것. 리액터기동의 일종

표 4-9 기동방법별 주요특성과 차이점

기동방법		회로구성(가격)	기동특성	가속특성	적용대상
직입기동		<p>매우 간단 (아주 저가)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 기동전류, 기동토크 모두 크다. · 전원에 주는 영향이 크다. · 기동시의 쇼크가 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 충분한 가속토크를 얻을 수 있기 때문에 기동시간이 아주 짧다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 일반
감전압기동	Y-Δ기동	<p>간단 (저가)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 기동전류, 기동토크 모두 작다. · 기동전류를 조정할 수 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 토크의 증가가 적다. · 최대토크가 작다. · 도중에 주회로를 일단 개방하기 때문에 전원에 쇼크를 줄 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 무부하 또는 경부하에서 기동 가능한 것 · 공작기계 등
	리액터기동	<p>조금 복잡 (고가)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 기동전류를 작게 제한하는 만큼 기동토크는 현저하게 작아진다. · 기동전류는 리액터 탭으로 조정할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 토크의 증가가 현저히 크다. · 최대토크가 감전압기동법 중에서 가장 크다. · 원활하게 가속할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 펌프, 팬 등 · Y-Δ 기동에서는 가속이 곤란한 것 · 기동시의 쇼크를 방지하고 싶을 때
	콘돌라기동	<p>아주 복잡 (아주 고가)</p>	<ul style="list-style-type: none"> · 기동전류를 작게 제한해도 기동토크는 그만큼 작아지지 않는다. · 기동전류는 단권 변압기의 탭으로 조정할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 토크 증가가 조금 적다. (Y-Δ 기동보다 크다.) · 최대토크도 조금 작다. · 원활하게 가속할 수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 특별히 기동전류를 제한하고 싶을 때 · 펌프, 팬 등

4. 10 기동 방법의 비교

지금까지 설명한 기동방법에 대한 기동특성을 정리하면 다음과 같다.



- 콘돌라 기동은 단권 변압기 접속
- Y-Δ 기동은 Y접속
- 기타는 65% 탭

그림 4-9 기동방법에 대한 토크 및 전류특성

표 4-10 기동방법에 따른 기동전류 및 기동토크 비교

기동방법	직입 기동	감 전압 기동									
		Y-Δ 기동	리액터 기동			일차 저항 기동			콘돌라 기동		
기동시에 있어서 전동기 단자전압	V	0.58V (상전압)	0.5V (50%탭)	0.65V (65%탭)	0.8V (80%탭)	0.5V (50%탭)	0.65V (65%탭)	0.8V (80%탭)	0.5V (50%탭)	0.65V (65%탭)	0.8V (80%탭)
기동시의 전동기전류	I _s	0.33I _s	0.5I _s	0.65I _s	0.8I _s	0.5I _s	0.65I _s	0.8I _s	0.5I _s	0.65I _s	0.8I _s
기동시의 선로전류	I _s	0.33I _s	0.5I _s	0.65I _s	0.8I _s	0.5I _s	0.65I _s	0.8I _s	0.25I _s	0.42I _s	0.64I _s
기동토크	T _s	0.33T _s	0.25T _s	0.42T _s	0.64T _s	0.25T _s	0.42T _s	0.64T _s	0.25T _s	0.42T _s	0.64T _s
기동토크/선로전류	100%로 한다.	100%	50%	65%	80%	50%	65%	80%	100%	100%	100%
기동중의 전동기 단자전압	일 정	일 정	가속과 함께 증대			가속과 함께 증대			일 정		

