

전동기(Electric Motor)

목 차

1.서론

2.전동기의 분류

3.전동기 종류별 특징

4.해외공사에서의 전동기

5.각국의 전동기 규격

6.전동기 명판 (Motor Nameplate or Motor Rating Plate)

7.전동기 특성

8.농형유도전동기의 기동방법

9.기타

1.서론

건설공사에서 발주처로부터 자재승인을 적절한 시기에 받는 것은 공사의 성패와 밀접한 관련이 있습니다. 자재승인을 늦게 받아서 공사가 지연되는 경우는 자주 있는 일입니다. 2 차, 3 차가 아닌 단 한번의 submittal 로 원하는시기에 승인을 받기 위해서는, 시방서에서 요구하는 사항을 만족하는 자재라는 것을 조리있게 발주처에 설명하여 발주처를 만족시켜야 할 것입니다. 그러기 위해서 시공자측의 자재승인 담당자는 해당 자재에 대해서 해박한 지식을 갖고 있는 것이 필요합니다. 전동기(electric motor)는 전기기계라고 하여 지금까지 별 관심을 기울이지 않았던 기계 기술자에게, 전동기는 (특히 해외공사에서) 극복해야 할 산일 수도 있습니다.

더구나 전동기가 없는 기계는 거의 상상할 수도 없기 때문에 전동기의 중요성은 한층 커지게 됩니다.

여기서는 각종 냉동기, 공조기, 펌프 및 송풍기 등과 밀접한 관계가 있는 **삼상유도전동기**의 **Nameplate** 에표시되는 사항을 중심으로 알아보겠습니다. 그러나 먼저 전동기의 종류와 간단한 특징 정도는 알아보아야 되겠지요.

전동기(electric motor)는 전기적에너지를 유용한 기계적에너지로 변환하는 변환기라고 말할 수 있겠지요.

2.전동기의 분류

1)전동기 전원에 의한 분류

교류 전동기	유도 전동기(induction motor)	단상 유도 전동기(single phase induction motor)	분상 기동형 (단상 유도) 전동기(split phase motor)
			콘덴서 기동형 (단상 유도) 전동기(capacitor start motor)
			영구콘덴서형 (단상 유도) 전동기(PSC motor, permanent split capacitor motor)
			셰이딩 코일형 (단상 유도) 전동기(shaded pole motor)
			콘덴서 기동-콘덴서 운전형 (단상 유도) 전동기(capacitor start-capacitor run motor)
		삼상 유도 전동기(three phase induction motor)	농형(籠形) 유도 전동기(squirrel cage induction motor)
직류 전동기	동기 전동기(synchronous motor)	단상 동기 전동기(single phase synchronous motor)	권선형(捲線形) 유도 전동기(wound-rotor induction motor)
		삼상 동기 전동기(three phase synchronous motor)	
직류 전동기	부러쉬부착 전동기(brush d.c. motor)	Wound-field motor	직권(直捲)전동기(series-wound motor)
			분권(分捲)전동기(shunt-wound motor)
			복권(複捲)전동기(compound motor)
			타여자(他勵磁)전동기(separately excited motor)
		Permanent magnet motor	
교류 직류 전동기(universal motor)	부러쉬레스 전동기(brushless d.c. motor)		

2)외피의 형에 따른 분류

(1)개방형(open type motor)

전동기와 그 전동기가 구동하는 기기가 어떠한 형태의 단일 외피에 의해서도 폐쇄되지 않은 것.

(2)폐쇄형(enclosed type motor)

전동기와 그 전동기가 구동하는 기기가 어떠한 형태의 단일 외피에 의해서 폐쇄된 것.

"에" 밀폐형 압축기(hermetic compressor) 속의 전동기(hermetic motor)

3)전동기 마력 수에 의한 분류

(1)분수형(fractional size motor)

전동기 마력 수가 1 보다 작은 것.

(2)정수형(integral size motor)

전동기 마력 수가 1 보다 큰 것.

3.전동기 종류별 특징

1)유도 전동기(誘導電動機, induction motor)

①고정자(stator)와 회전자(rotor)로 구성되어 있으며, 고정자 권선(捲線, winding)이 삼상인 것과 단상인 것이 있다. 삼상 고정자 권선에 교류가 흐를 때 발생하는 회전자기장(rotating magnetic field)에 의해서 회전자에 토크가 발생하여 전동기가 회전하게 된다. 그러나 단상 고정자 권선에서는 교류가 흐르면 교번 자기장 (alternating magnetic field)만이 발생되어 회전자에 기동토크가 발생하지 않아서 별도의 기동장치가 필요하게 된다.

②직류 전동기가 정류를 통하여 전원에 연결되는 것과는 달리 유도전동기는 전원에 바로 연결된다.

③직류 전동기가 Brush 를 필요로 하는 것과 달리 대부분의 유도 전동기는 Brush 가 필요없다.

④세계에서 가장 많이 사용되는 전동기.

⑤구조가 간단하고 튼튼하며 영가이고 취급이 용이하다.

⑥원래 정속도(constant speed) 전동기이지만 가변속으로도 사용되고 있다.

⑦slip 이 있다.

2)동기 전동기(동기전동기, synchronous motor)

①고정자(stator)와 회전자(rotor)로 구성되어 있으며 고정자는 유도전동기의 고정자 같으나, 회전자는 자극 (poles)과 여자 권선으로 되어있으며 이 권선에 brush 와 slip ring 을 통하여 직류 전류를 공급하여 자극을 여자하게된다. 즉 고정자 권선에는 흐르는 교류에 의하여 발생하는 회전 자기장 속에서 직류 전류에 의하여 여자된 회전자에 토크가 발생하여 회전하게 된다.

②전원주파수와 극수로 결정되는 속도로 완전 동기되어, 정확히 일정한 속도로 회전한다.

③부하의 증감으로 회전속도가 변화하지 않는다. (slip 이 없다.)

④역률이 항상 1 이다.

⑤기동 토크가 작고 구조와 취급이 복잡하다.

⑥여사용 직류 전원이 필요.

⑦convey belt 용 전동기, 소형 시계 또는 timing motor 에 사용.

3)직류 전동기

①고정자와 회전자로 구성되어 있으며, 고정자는 계자극(field poles)과 Frame 으로 되어있으며 계자극은 대개 스크류나 볼트로 Frame 에 고정되어있고, 회전자는 전기자(armature)와 정류자(commutator) 및 Brush 로 구성 되어있다.

②계자극이 자기장을 형성하는 방법에 따라서 wound-field motor 와 permanent magnet motor 로 분류할 수 있다. **permanent magnet motor** 는 계자극으로 영구자석을 사용하며, **wound-field motor** 는 계자극으로 계자철심 (pole piece)과 계자권선(field winding)으로 구성된 전자석을 사용한다.

③동일 방향의 회전 토크를 계속 얻기 위해서는 외부에서 공급되는 직류 전류를 전동기 내에서 전기자가 180 도 회전할 때마다 전류의 방향을 절환시켜주어야 하며, 이 역할을 하는 것이 정류자와 브러쉬이다.

- 고정된 브러쉬에 정류자가 면접촉을 하면서 회전하게 되므로 브러쉬와 정류자에서 마모, 분진 및 소음이 발생 하며 정류자가 더러워지게 된다.
- ④전자 스위칭 기술(electronic switching technique)을 이용하여 브러쉬를 없앤 것이 브러쉬레스 전동기이다.
- ⑤속도, 토크 및 회전방향 제어가 용이.
- ⑥농형 유도전동기보다 고가
- ⑦정류기 필요.
- ⑧소형 직류전동기는 대개 저 전압(12 V)에서 작동.
- ⑨브러쉬 부착 전동기는 정기적인 보수 점검이 필요.
- ⑩정류 문제나 기계적인 강도상의 문제로 고속화에 제한이 있다.

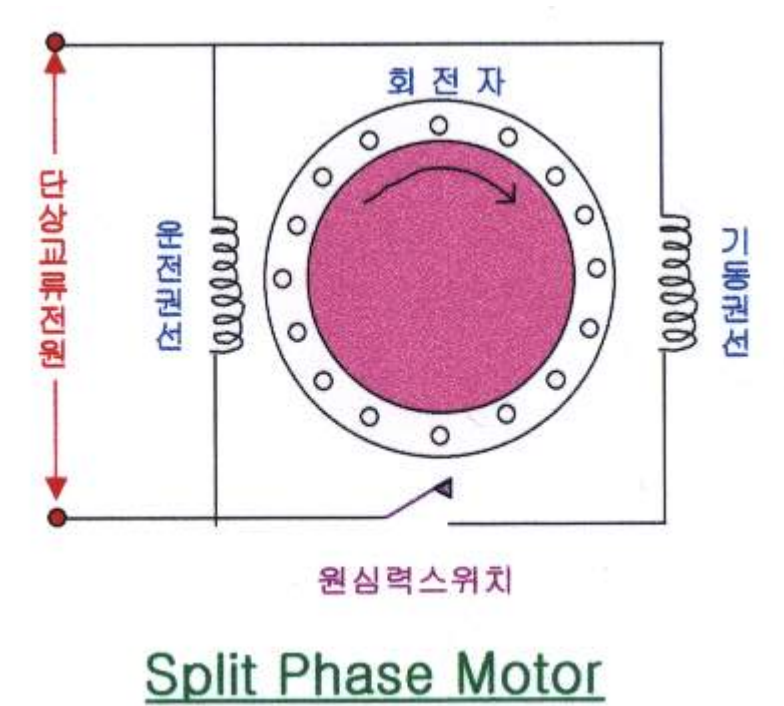
4)교류 직류 전동기 (universal motor)

- ①직류와 교류에서 운전할 수 있는 전동기로, 사용되는 교류는 대 개 단상 교류이다.
- ②교류에서도 운전할 수 있도록 특별히 설계된 직권(直捲)전동기 (series-wound motor)의 일종.
- ③대부분 분수마력 전동기로, 수동 전동공구나 목공기계와 믹서나 재봉기 같은 가전제품에 많이 사용.

5)단상 유도 전동기(single phase induction motor)

- ①단상 교류는 쉽게 구할 수 있는 전원이므로, 단상 유도 전동기는 가정용과 산업용으로 많이 사용된다.
- ②자력 기동을 할 수 없으므로, 별도의 기동권선(start winding)이 필요하다. 즉 운전권선(run winding)과 기동권선이 있다.
- ③대개 1 - 2 hp 정도의 크기.

6)분상 기동형 (단상 유도) 전동기(split phase motor)



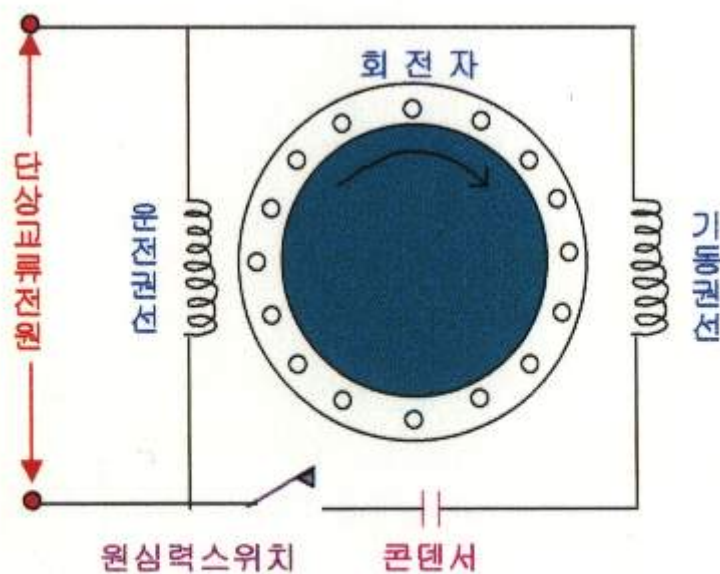
①고정자(stator), 회전자(rotor), 엔드플레이트 또는 브래킷(end plate or bracket), 원심력 스위치(centrifugal switch)의 4 가지 주요부품으로 되어있다.

②회전자는 농형권선(squirrel cage winding)으로 되어있고, 고정자는 주권선인 운전권선(running winding)과 보조권선인 기동권선(starting winding)이 병렬로 감겨져 있어서 이 병렬회로에 단상 교류전압을 가하면 운전권선과 보조권선 사이의 리액턴스 차이로 두 회로에 흐르는 전류에 위상차이가 생겨서 회전자기장이 발생하여 토크가 발생하게된다.

③원심력 스위치(centrifugal switch)는 기동권선과 직렬로 연결되어 있으며, 기동 초기에는 스위치가 on 상태로 있다가 회전자의 속도가 증가하여 정격속도의 75% 정도에 이르면 스위치가 off 되어 기동권선 회로가 개방되고, 전동기는 운전권선에 의하여 계속 회전하게 된다.

④가격이 싸나, 기동 토크가 작고 원심력 스위치 때문에 부피가 크며 큰 기동전류 때문에, 소형 분수마력형 전동기(냉장고, 펌프, 세탁기 등)에 많이 사용되고 있다.

7)콘덴서 기동형 (단상 유도) 전동기(capacitor start motor)



Capacitor Start Motor

①분상 기동형 전동기와 비슷하나, 기동토크 증대 목적으로 콘덴서를 기동권선과 직렬로 연결한 점이 다름.

②산업용으로 많이 사용되는 Capacitor(축전기)는 oil-filled, or running, capacitor(오일 커패시터)와 starting, or electrolytic, capacitor (전해 커패시터)의 2 가지이다.

starting capacitor 는 두 장의 알루미늄 판 사이에 전기를 통하지 않도록 화학적 처리를 한 종이가 채워져 있으며 용량은 대략 75 ~ 600 μF 정도이고, running capacitor 는 두 장의 알루미늄 판사이에 종이가 채워지고 이것

이 다시 오일 속에 담겨있는 구조로 되어있으며 용량은 대략 2 ~ 60 μF 정도이다. running capacitor 의 용량이 starting capacitor 의 용량 보다 적으나, 외형은 running capacitor 가 starting capacitor 보다 크다.

③분상기동형 전동기에 비하여 기동토크가 크고 기동전류가 작으며, 분수 마력형에서 10 여 마력까지 다양하고, 펌프 에어컨 냉장고 등에 사용된다.

8)영구콘덴서형 (단상 유도) 전동기(PSC motor, permanent split capacitor motor)

①콘덴서 기동형 전동기에서 원심력 스위치를 제거한것. 따라서 콘덴서를 기동시 뿐만아니라 정상 운전시에도 계속하여 사용.

②용량이 적은 콘덴서를 사용하기 때문에 기동 토크는 콘덴서 기동형 전동기 보다 작으나, 원심력 스위치가 없어서 구조가 간단하다.

③oil-filled capacitor 가 주로 사용되며, 큰 기동 토크가 필요하지 않은 선풍기나 세탁기 등에 많이 사용.

9)셰이딩 코일형 (단상 유도) 전동기(shaded pole motor)

①각각의 고정자 자극의 한쪽 끝에 홈을 파서 돌출(salient)극을 만들고 이 돌출극에 셰이딩코일(shading coil)이라부르는 구리 단락 고리를 끼운 것. 이 shading coil 에 의해서 회전 자계장이 형성되어 토크가 발생하여 회전하게 된다.

②운전 중에도 shading coil 에 전류가 계속 흐르므로 효율과 역률이 아주 작으며, 기동토크도 작다.

③구조가 간단하고 견고하지만 회전방향을 변경할 수 없다.

④크기는 $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{20}$ 마력 정도이며, 정지상태(stall)로 오랫동안 전전압이 걸려도 권선이 소손되지 않는 경우도 있다.

⑤FCU 의 fan, 소형 condensing unit 의 fan, 소형 선풍기, record player 등에 쓰인다.

10)콘덴서 기동-콘덴서 운전형 (단상 유도) 전동기

(CSR motor, capacitor start-capacitor run motor)

①콘덴서 기동형 전동기의 운전권선에 running capacitor 를 추가한 형태의 전동기로, 기동토크가 크고 운전효율도 높은, 특성이 아주 좋은 전동기로 알려져 있다.

②대부분 밀폐형 또는 반밀폐형 압축기에 사용되며, 고가이기 때문에 개방형 압축기에는 거의 사용되지 않고 있다.

11)삼상 유도 전동기(three phase induction motor)

①같은 마력수의 단상 유도 전동기에 비해서 구조가 간단하고 더 소형이다.

②회전자의 구조에 의해서 농형과 권선형으로 나누어진다.

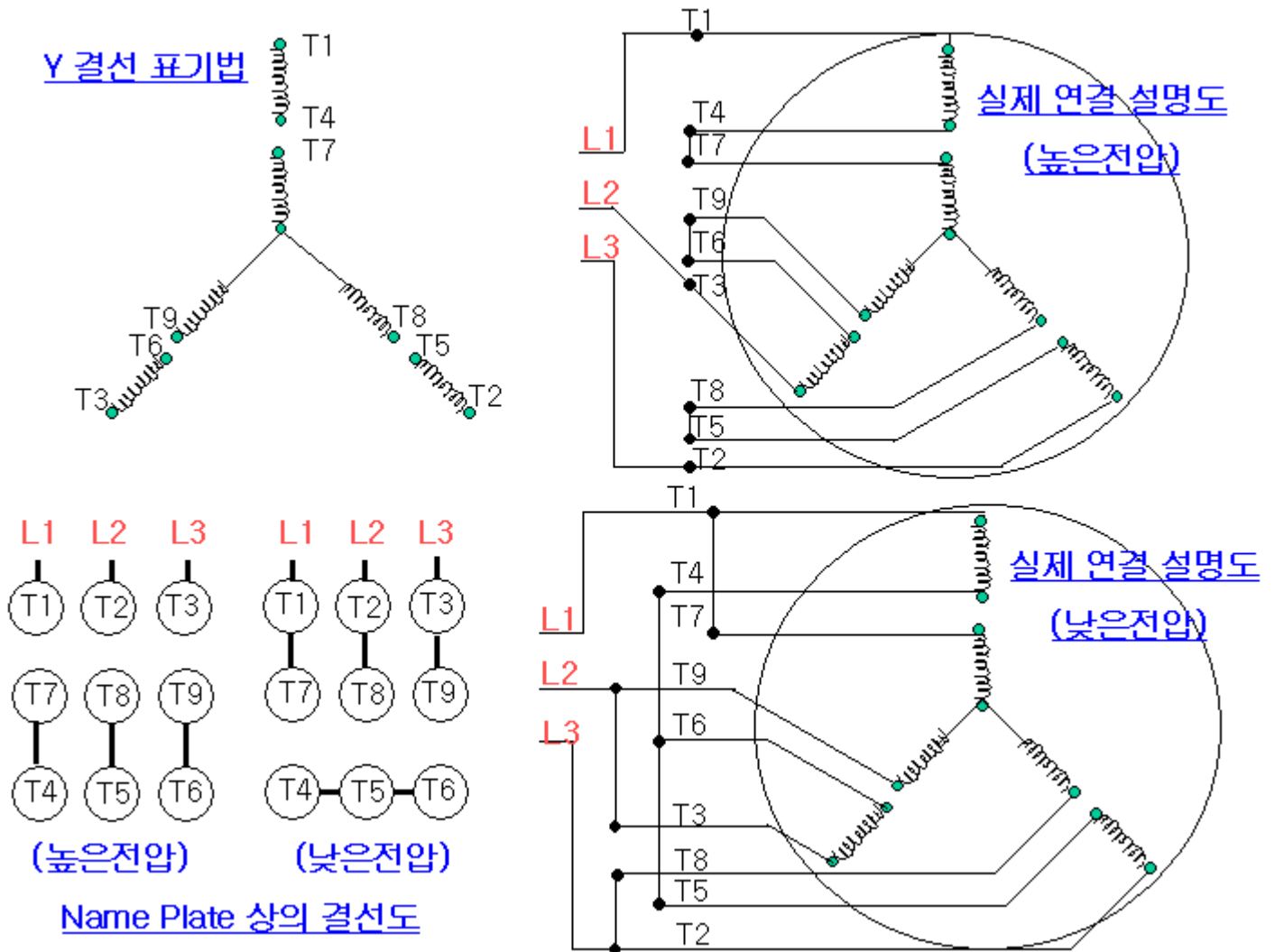
③고정자의 권선법에는 성형결선(star winding or Y winding)법과 델타(delta winding)결선법이 있다.

④대부분 공장용으로 사용되며, 1 마력 이상에서 수 천 마력까지 다양한 크기가 생산됨. (분수 마력도 생산이 되는 경우가 있으나 납기가 길다.)

⑤소용량에서는 대부분 농형이 사용되고, 기동전류가 문제가 되는 대용량에서는 권선형이 사용된다.

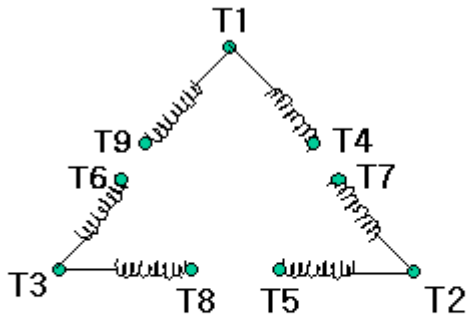
⑥대부분의 중소형 삼상 전동기는 결선을 바꾸어 고,저 두 개의 전압중 어느 전압에서도 작동하게할 수 있다.

⑦Y(wye) 결선(Y winding)의 표기법 - Name Plate 상의 결선도 - 실제 연결 설명도(*주 1)

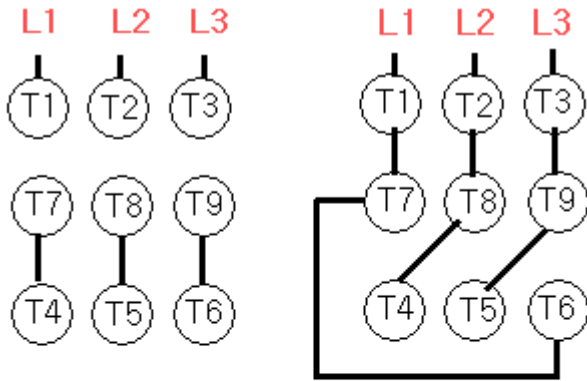


(*주 1) : 최신 모터 수리(월간 전기기술 편집부 역, 성안당) 123 쪽, 그림 4-70, 4-71 을 다시 그린 것 입니다.

⑧델타 결선(delta winding)의 표기법 - Name Plate 상의 결선도



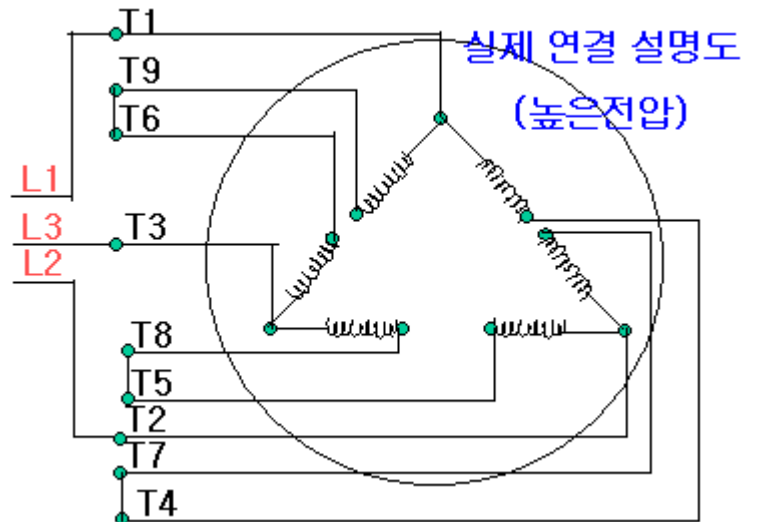
델타 결선 표기법



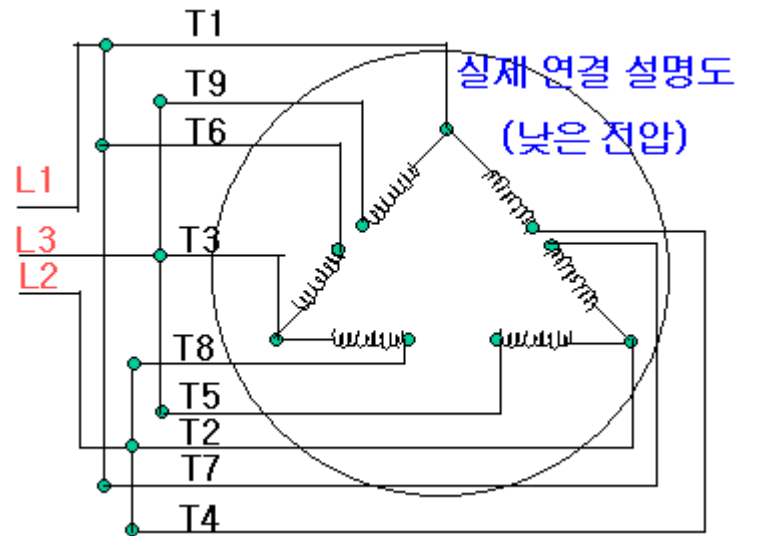
(높은전압)

(낮은전압)

Name Plate 상의 결선도



실제 연결 설명도
(높은전압)



실제 연결 설명도
(낮은전압)

12)농형(籠形) 유도전동기(squirrel cage induction motor)

- ①회전자는 구리나 알루미늄 환봉을 도체 철심 속에 넣어서 그 양쪽 끝을 원형 축판(shorting ring)에 의해서 단락시킨 것으로, 그 모양이 마치 다람쥐 쳇바퀴처럼 생겼다하여 squirrel cage 라고 함.
- ②회전자의 구조가 간단하고 튼튼하며 운전 성능이 좋으므로 건축설비에 쓰이는 대부분의 삼상 전동기는 농형이다.
- ③기동시에 큰 기동전류(전부하 전류의 500 - 650 %)가 흐르는 것이 단점이며, 이 단점 때문에 권선이 타기 쉽고 공급전원에 나쁜 영향을 끼친다.
- ④기동 토크는 전부하 토크의 100 - 150 % 정도.

13)권선형(捲線形) 유도 전동기(wound-rotor induction motor)

- ①회전자에도 3 상의 권선을 감고(대개 wye 결선), 각각의 단자를 Slip Ring 을 통해서 저항기에 연결한다. 저항기의 저항치를 가감하여 광범위하게 기동특성을 바꿀 수 있다.
- ②회전자 권선으로인하여 농형보다 구조가 복잡하다.
- ③기동전류는 전부하 전류의 100 - 150 % 정도이고, 기동토크는 전부하 토크의 100 - 150 % 정도이므로, 상대적으로 적은 전원 용량에서 큰 기동 토크를 얻을 수 있다.
- ④기동이 빈번하여 농형으로는 열적으로 부적합한 경우 및 대용량에 많이 사용.

14)직권(直捲)전동기(series-wound motor)

- ①계자극 권선과 전기자 권선이 직렬로 연결된 직류전동기.
- ②기동 토크가 크고, 부하가 적어지면 속도는 상승하여 완전 무부하로되면 속도가 무한에 가까워져서 위험.
- ③변속도 특성 때문에 제어용으로는 부적합하고, 자동차의 시동전동기, 크레인, 전동차등에 사용.

15)분권(分捲)전동기(shunt-wound motor)

- ①계자극 권선과 전기자 권선이 병렬로 연결된 직류전동기.
- ②부하변동에 따른 속도변화가 적다.(정속도 특성)
- ③컨베이어 벨트, blower, 공작기계 등에 사용.

16)복권(複捲)전동기(compound motor)

- ①전기자 권선과 직렬 및 병렬로 연결된 계자극 권선을 가지고 있다.
- ②cumulative compound motor(가동복권 전동기)와 differential compound motor(차동복권 전동기)가 있다.

17)타여자(他勵磁)전동기(separately excited motor)

- ①전기자 권선과 계자극 권선이 별도로 분리되어 있다.

4.해외공사에서의 전동기

1)국가별 전압 및 주파수

국가 명	주파수(Hz)	전압(V)		비고
		단상	삼상	
대한민국	60	110/220	220/380	
중국	50	220	380	
말레이시아	50	240	415	
싱가포르	60	230	400	
사우디아라비아	60	127/220	220/380	지역별로 차이 있음
쿠웨이트	50	240	415	
이라크	50	220	380	
아랍에미레이트	50	220/240	280/415	
이집트	50	220	380	
영국	50	240	415	
프랑스	50	127/220	220/380	
독일	50	220	380	
이태리	50	220	380	
스위스	50	220	380	
미국	60	120	208/240	지역별로 차이 있음
멕시코	60	127	220	

2)해외공사에서 전동기 구입의 어려움

- ①우리나라 건설 현장에서 전동기가 문제가 되는 경우로는 방폭형 전동기를 설치해야 할 곳에 일반 전동기를 설치한 경우 외에는 거의 없을 것입니다. 그러나 해외공사에서는 사정이 상당히 다를 수도 있습니다.

예를 들어 싱가포르 소재 현장에 설치할 중형 axial fan 을 영국에서 구입하려고 한다면, 이 fan 에 설치되는 전동기는 위 표에 의하여 3 phase-400V-60Hz 이어야 하지만, 영국에서 일반적으로 쉽게 구할 수 있는 전동기는 위 표에 의하면 3 phase-415V-60Hz 일 것입니다. 울산 소재 어느 현장에 설치할 냉수 순환펌프를 국내 펌프 생산업체에서 구입하는 경우와는 많이 다르다는 것입니다.

②공사 계약도서의 구조를 잘못 이해하여, 자재 Requirements에 공사 Specification의 일부만을 포함시킬 수도있습니다. 이 결과는 무엇이겠습니까?

(A) 계약도서 검토사항 참고요.

③자재 Supplier 와 계약은 정확히 하였으나, Supplier 가 실수를 하는 경우도 있습니다.

④계약도 정확히하고, Supplier 가 현장 Requirements 에 맞는 전동기를 공급했으나, Supplier 의 실수로 전동기 nameplate 의 내용이 공급된 전동기와 다른 경우도 있습니다.

⑤적용하는 Standards 가 다양하다는 점도 있습니다.

NEMA UL IEC ISO 등등

⑥사용 온.습도 조건이 우리나라와 상이하여, 전동기 요구조건이 다양한 경우도 많이 있습니다.

Insulation class F, Insulation class H, motor space heater, S.F. 1.4, IP 54 등등

5.각국의 전동기 규격

1)한국

한국표준 협회 : 1962 년 산업표준화법에 의거 설립된 특별법인으로 산업표준화 · 품질경영에 관한 산업교육, 조사·연구, KS-ISO 인증, 국내규격 및 국제규격을 발간·보급하고 있습니다.

KSC - 4002 : 회전 전기 기계 통칙

KSC - 4201 : 3 상 유도전동기의 특성 산정 방법

KSC - 4202 : 일반용 저압 3 상 유도전동기

KSC - 4203 : 일반용 고압 3 상 유도전동기

KSC - 4204 : 일반용 단상 유도전동기

KSC - 4205 : 유도 전동기의 계급

한국표준협회의 한국표준정보망 홈 페이지는 <http://standard.ksa.or.kr/>

2)일본

JISC - 4210 : 저압 3 상 농형 유도전동기 일반

3)미국

NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

미국 전기공업협회. 500 여 회원사로 구성되어 있으며, 기술표준을 개발하고 전기업계에 영향을 미칠 입법이나 규제에 대한 업계의 방침 확립하고 업계에 대한 자료의 수집, 분석 보급 등의 역할을 행하고 있다.

NEMA MG 1 : Motors and Generators

NEMA MG 7 : Motion/Position Control Motors, Controls, and Feedback Devices

UL (Underwriters Laboratories, Inc.)

1894 년에 설립. 제품의 안전 검사와 인증을 해주는 독립기관으로 비 영리를 표방하고 있음.

UL 규정에 맞다고 인증된 제품에는 UL Mark 를 표시할 수 있다.

ANSI/UL 1004 : Electric Motors

ANSI/UL 674 : Electric Motors and Generators for Use in Division 1 Hazardous (Classified) Locations

ANSI/UL 519 : Impedance-Protected Motors

ANSI/UL 547 : Thermal Protectors for Motors

NEMA 홈 페이지는 <http://www.nema.org/>

UL 홈 페이지는 <http://www.ul.com/>

4)국제 규격

IEC (International Electrotechnical Commission)

전기와 전자 및 이와 관련된 기술의 국제표준을 만들고 출판하는 국제 기구로 1906 년에 창립됨.

우리나라를 비롯한 50 개 회원국으로 구성됨. 본부 (Central Office)는 스위스 Geneva 에 있음)

IEC 60034-1 : Rotating Electrical Machines – Part 1 : Rating and Performance

IEC 60034-2 : Rotating Electrical Machines – Part 2 : Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles)

IEC 60034-3 : Rotating Electrical Machines – Part 3: Specific requirements for turbine-type synchronous machines

IEC 60034-4 : Rotating Electrical Machines – Part 4 : Methods for determining synchronous machine quantities from tests

IEC 60034-5 : Rotating Electrical Machines – Part 5 : Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines (IP code)

IEC 60034-6 : Rotating Electrical Machines – Part 6 : Methods of cooling (IC code)

IEC 60034-7 : Rotating Electrical Machines – Part 7 : Classification of types of constructions and mounting arrangements (IM code)

IEC 60034-8 : Rotating Electrical Machines – Part 8 : Terminal markings and direction of rotating mschines

IEC 60034-9 : Rotating Electrical Machines – Part 9 : Noise limits

IEC 60034-10 : Rotating Electrical Machines – Part 10 : Conventions for description of synchronous machines

IEC 60034-11 : Rotating Electrical Machines – Part 11 : Built-in thermal protection

IEC 60034-12 : Rotating Electrical Machines – Part 12 : Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors for voltages up to and including 660 V.

IEC 60034-14 : Rotating Electrical Machines – Part 14 : Mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher – Measurement, evaluation and limits of vibration.

IEC 60034-15 : Rotating Electrical Machines – Part 15 : Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils

IEC 60034-16 : Rotating Electrical Machines – Part 16 : Excitation for synchronous machines

IEC 60034-17 : Rotating Electrical Machines – Part 17 : Cage induction motors when fed from converters – Application guide

IEC 60034-18 : Rotating Electrical Machines – Part 18 : Functional evaluation of insulation systems

IEC 60034-19 : Rotating Electrical Machines – Part 19 : Specific test methods for d.c. machines on conventional and rectfier-fed supplies

IEC 60034-22 : Rotating Electrical Machines – Part 22 : AC generators for reciprocating internal combustion engine driven generating sets

(Note) : Amendment list 는 생략했음.

IEC 홈페이지는 <http://www.iec.ch/>

6.전동기 명판 (Motor Nameplate or Motor Rating Plate)

현장 (특히 해외현장)에서 발주처로부터 자재기성을 받거나, Operation/Maintenance Manual 을 만들거나, Commissioning 시, 또는 시공을 완료하여 계약 대상물을 발주처에 인도하려고할 때 등등....., 전동기 명판자료는 서류작업에서 빠지지 않는 요소이며, 시방서와 조금이라도 다른 점이 있다면 어느 때라도 말썽이 야기될 수 있는 사항입니다.

따라서 설비기술자는 전동기 명판에 기술되는 각종 용어의 기술적인 사항에 대하여 잘 이해하고 있어야합니다.

그러나 명판에 기재되는 내용이나 형식은 전동기 생산업체에 따라서 차이가 있습니다. 이유는 전동기 명판에 대한 **KS 규격**이나, **NEMA 규격** 또는 **IEC 규격**에는 최소한의 필요사항에 대하여만 규정되어 있어서 생산업체에서 임의로 내용을 추가하는 경우가 있기 때문입니다. 먼저 KS, NEMA, IEC 에서 규정한 최소한의 필요한 사항이 무엇인지 알아보고, 다음 전동기 명판에 기재되는 내용과 이와 관련된 사항들에 대하여 알아보겠습니다.

KS 규격(KS C 4002, 12. "표시사항")에 의해 전동기 **명판**에 기재하도록 되어있는 사항은 아래와 같습니다

- 기기의 명칭
- 제조사명
- 제조번호
- 제조년
- 형식

- 보호방식의 기호
- 냉각방식의 기호
- 정격출력
- 정격전압
- 정격회전속도
- 상수 및 주파수
- 정격의 종류
- 절연의 종류 또는 온도상승 한도
- 냉매온도
- 해발
- 단자기호
- 접속명판

NEMA 규격(Section MG 1-10.40 "**Nameplate** Marking for Medium Single-Phase and Polyphase Induction Motors")에 의해 전동기 명판(Nameplate)에 기재하도록 되어있는 사항은 아래와 같습니다.

- Manufacturer's type and frame designation
- Horse power output
- Time rating
- Maximum ambient temperature for which motor is designed
- Insulation system designation
- RPM at rated load
- Frequency
- Number of phase
- Rated load current
- Voltage
- Code letter for locked rotor kVA
- Design letter for medium motors
- NEMA nominal efficiency when required by MG 1-12.55
- Service factor if other than 1.0
- For motors equipped with thermal protectors, the words "thermally protected" if the motor provides all the protection described in MG

1-12.52.

- For motors rated above 1 hp equipped with over-temperature devices or systems, the word "OVER TEMP. PROT. - " A type number as described in MG 1-12.53 inserted in the blank would identify the protection type.

IEC 규격(IEC 60034-1, Part 1, Section 9 "**Rating Plates**")에 의해 전동기 명판(Rating Plates)에 기재하도록 되어있는 사항은 아래와 같습니다.

- manufacturer's name
- manufacturer's serial number
- year of manufacture
- manufacturer's machine code
- number of phases
- rating and performance
- degree of protection
- thermal classification or the limit of temperature rise
- class of rating
- rated output
- rated voltage

- rated frequency
- rated current
- rated speed
- 3 phase connection diagram or text
- permissible over speed
- rated power factor
- maximum ambient air temperature (40°C 가 아닌 경우))
- minimum ambient air temperature (−15°C 가 아닌 경우)
- altitude (1,000 m 이상일 경우)
- total mass of the machine (규정되고, 30 Kg 초과 시)

1)Voltage (VOLTS)

여기서의 Voltage는 rated voltage(정격전압)를 의미하며,전동기가 운전되도록 설계된 전압을 말합니다. [위에서](#) 이미 언급한 바와 같이 많은 삼상유도전동기는높은전압과 낮은전압의 두가지 전압에서 운전될 수 있습니다. 실제적인 예를 든다면 "208 – 230/460" volt motor와 같은 것으로 이는 230 volt와 460 volt에서 운전될 수 있도록 권선이 되었지만 208 volt에서도 운전이 가능하며, 208 volt에서는 모든 성능이 저하하게 됩니다. AHU 를 주문하면서 전동기는 400 volt 용이어야한다고 분명히 했지만 실제로는 415 volt 전동기가 납품되었다면 어떻게해야 할까요? 시간에 여유가 있으면 당연히 납품업체에 claim 을 제기하여 400 volt 전동기로 교체해야 하겠지만, 시간이 없다면 아래와 같은 합리적인 이유를 들어서 발주처와 협상을 해볼 수도 있을 것입니다. 아래 글은 "1996 ASHRAE Handbook, Chapter 39 Motors and Motor Control"(p 39.1)에서 인용한 것입니다. "Motors are usually guaranteed to operate satisfactorily and to deliver their full power (1) at the rated frequency and at a voltage 10% above or below rating, or (2) at the rated voltage and at a frequency 5% above or below rating."

2)Frequency (Hz)

여기서의 Frequency 는 rated frequency(정격주파수)를 의미하며,전동기가 운전되도록 설계된 주파수를 말합니다. 입력 전원의 주파수는 통상 50 또는 60 Hz 입니다.

3)Phase

전동기에 가해지는 개별 전압의 수입니다. 통상 단상 또는 삼상 입니다.

4)Current (AMPS)

여기서의 Current 는 Rated load current(정격전류)를 의미하며, 정격주파수와 정격전압에서 정격마력 출력 시에 필요한 전류를 ampere 로 표시한 것입니다.

"SF MAX AMPS" 또는 "MAX A"

***Full-Load Amps (F.L.A) or Full-Load Current**

전부하전류. 정격전압에서 정격마력을 출력하고 있는 전동기에 필요한 전류.

5)Locked-Rotor Amps (L.R.A) or Inrush Current

기동전류. 전동기 기동시에 전동기에 필요한 전류 또는 정격전압이 가해지고 있지만 rotor 는 회전하고 있지 않는(locked) 순간에 전동기에 흐르는 전류. 농형유도 전동기의 기동전류는 전부하전류의 500 – 650 % 정도입니다.

6)Code (KVA CODE)

마력당 Locked-Rotor kVA 를 나타내는 알파벳 코드로 A 에서 먼 알파벳일수록 마력당 inrush current 가 크다. 즉 "KVA CODE E"인 전동기보다 "KVA CODE L"의 전동기 inrush current 값이 크다.

CODE LETTER	kVA/HP	CODE LETTER	kVA/HP
A	0.00 – 3.14	L	9.0 – 9.99
B	3.15 – 3.54	M	10.0 –11.19
C	3.55 – 3.99	N	11.2 – 12.49
D	4.0 – 4.49	P	12.5 –13.99
E	4.5 – 4.99	R	14.0 – 15.99
F	5.0 – 5.59	S	16.0 – 17.99
G	5.6 – 6.29	T	18.0 – 18.99
H	6.3 – 7.09	U	20.0 – 22.39
J	7.1 – 7.99	V	22.4 and up
K	8.0 – 8.99		

7)Type

Manufacturer's type 은 업계 표준이 없기때문에 전동기 생산업체에따라 사용방법이 다양하다.

8)Power Factor (P.F)

역율(power factor)은 전압과 전류의 위상차의 크기를 나타내는 계수라고 말할 수 있으며, 전압 V 와 전류 A 사이의 위상차이를 θ 라하고, 실제로 일을하는 유효전력(active power)을 W 라고하면 P.F 는 아래의 식으로 표시됩니다.

$$P.F = \frac{\text{유효전력}}{\text{피상전력}} = \frac{W}{VA}$$
 (100 을 곱하는 경우도 있습니다.)

피상전력 (apparent power) = VA

W (유효전력) = VA cos θ

무효전력(reactive power) = VA sin θ

역율은 1 (100 %)에 가까울수록 좋으며, 일반적으로 전동기 용량이 클수록, 그리고 극 수가 많을수록 역율이 커집니다. 또 전동기의 역율은 전동기의 부하에 따라서 변하기 때문에 전동기 명판에는 전부하 시의 역율을 표시하며, 역율을개선하기 위하여 진상용 컨덴서를 사용하는 경우도 많이 있습니다.

백열전등이나 전열기의 역율은 1 에 가까웁지만, 전동기의 역율은 0.5 – 0.9 정도입니다.

9)Horsepower (HP)

마력(Horse Power)은 전동기의 기계적인 정격출력을 표시하는 하나의 척도로, 정격출력은 정격전압과 정격주파수 조건아래서 연속적으로 발생하는 출력으로, 전동기가 단위 시간당 수행할 수 있는 일의 양을 나타냅니다. 전동기의 출력은 (회전수) ×(토크) 값으로 결정되며 단위는 KW 나 HP 가 주로 사용됩니다.

$$HP = \frac{\text{회전수} \times \text{토크}}{5,250}$$

단 회전수는 rpm, 토크는 ft-lb 이며, IP 단위계를 사용하고 있는 미국이나 영국에서 주로 통용 되고 있습니다.

MKS 단위계를 사용하고 있는 독일이나 프랑스 쪽에서 사용하는 마력(PS)은 크기가 조금 다르지요.

1HP(IP) = 550 ft-lb/sec =746 W

1HP(PS) = 75 kgf-m/sec = 736 W

NEMA 에서 규정하고 있는 표준 마력수는 아래와 같습니다.

1	25	150	600	2000
$1\frac{1}{2}$	30	200	700	2250
3	40	250	800	2500
5	50	300	900	3000
$7\frac{1}{2}$	60	350	1000	3500
10	75	400	1250	4000
15	100	450	1500	
20	125	500	1750	

10)RPM at rated load (RPM)

정격회전수(RPM at rated load)는 전동기에 정격부하를 걸고 정격출력을 낼 때의 회전수를 말하며 full-load speed 라고도 하며, 명판에는 주로 RPM 으로표시합니다. RPM 은 revolutions per minute 의 약어이며 분당 회전수를 나타냅니다.

회전수와 관련된 용어에는 동기회전수(synchronous speed)와 slip 이 있습니다.

동기회전수는 전동기의 권선방법과 주파수에 의해서 생성되는 회전자기장의 속도와 같은 속도를 말하며, 아래 수식에 의해서 결정됩니다. 전동기에 부하를 걸지 않고 회전시킬 때의 회전수(무부하회전수)는 동기회전수보다 20 - 60 rpm 정도 낮으며, 유도전동기의 회전수는 항상 동기회전수 보다 작으며 부하가 증가할수록 회전수가 떨어집니다.

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

N_s : 동기회전수(rpm)

f : 주파수(Hz)

P : 전동기의 극수

Slip 은 회전수를 표시하는 다른 방법으로 아래 수식으로 표시합니다.

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

S : Slip

N_s : 동기회전수(rpm)

N : 임의의 부하에서의 회전수

11)Design

토크, 기동전류 및 slip 과 관련지어 전동기의 표준성능특성을 나타내기 위하여 NEMA 에의해서 지정된 문자로 A, B, C 및 D 의 4 가지 category 가 있으며, 대부분의 전동기는 Design B 입니다. Design 에 관해서는 NEMA MG 1-1.16 에 규정되어있습니다. 전동기 명판에는 대개 "Des", "NEMA Design" 이나 "Design"으로 표시합니다.

- Design A** : normal locked rotor torque, high locked rotor amps, slip 0.5 - 5 %, injection molding machine 에 사용.
- Design B** : normal locked rotor torque, normal locked rotor amps, slip 0.5 - 5 %, fan, blower, centrifugal pump, compressor 에 사용.
- Design C** : high locked rotor torque, low locked rotor amps, slip 1 - 5 %, conveyor, crusher, reciprocating pump 에 사용.
- Design D** : high locked rotor torque, low locked rotor amps, slip 5 - 8 %, elevator,winch, shear 에 사용.

Design B 전동기를 사용하던 곳에 Design A 전동기를 사용하게되면, 토크 특성은 A 와 B 가 비슷하기 때문에 별문제가 없겠으나 전류특성에서 A 의 locked rotor amps.가 크기 때문에 starter 용량의 문제를 일으킬 수 있습니다.

12)Efficiency(EFF.)

효율(efficiency)은 일반적으로 출력의 입력에 대한 비율로서 %로 표시되며, 전동기의 효율도 마찬가지입니다. 입력에서 손실을 뺀 나머지가 출력이므로 (입력) - (손실) = (출력)의 관계가 있으며, 효율(%)을 구하는 식은 아래와 같습니다.

$$\text{효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} \times 100 = \frac{\text{입력} - \text{손실}}{\text{입력}} \times 100$$

NEMA 규정에 의하면 전동기 명판에 표시되는 효율은 명목효율(NEMA nominal efficiency)로, 유사한 전동기들의 큰 모집단(a large population of like motors)의 전부하 시의 평균효율을 나타냅니다. 전동기 생산업체에서 보증하는 실제효율은 이 명목효율보다 약간 (1 ~ 5 %) 작은 값이 됩니다. 실제효율과 명목효율과의 차이는 용량이 작을수록 커집니다. 사상 표준농형 전동기의 효율은 75 ~ 85 % 정도이고, 100W 이하의 단상 전동기의 효율은 50% 전후입니다.

13)Service Factor(S.F.)

Service factor는 정격전압과 정격주파수 및 허용온도(Max. ambient temperature) 아래서 허용할 수 있는 과부하 용량(overload capacity)을 얻기위해서 정격출력에 곱하는 계수를 말하며 SF가 1 이상이면 전동기 명판에 표시하도록 NEMA에 규정되어 있습니다. SF값 1.15나 1.25의 전동기는 흔히 있으며, 1.4나 이보다 더 큰 값의 전동기도 있습니다. Service factor는 전동기 명판에 표시되는 용어중에서 가장 이해하기 힘든 용어중의 하나일 것입니다.

예를 들어봅시다. 어느 건물의 냉수순환 펌프의 전동기의 필요 용량(brake horsepower : 제동마력)이 28 HP 라면, 정격출력이 25 HP 이고 SF가 1.25 인 전동기는 허용과부하 용량은 31.25 HP 이므로, 이 전동기를 상기의 냉수순환펌프에 연결하여 사용하면 될까요? 그렇지 않으면 정격출력이 30 HP 인 다른 전동기가 이 펌프에 적합한 전동기 일까요?

모범 답은 정격출력이 30 HP인 전동기를 사용해야 된다는 것입니다. 이유는 허용 과부하용량으로 전동기를 연속적으로 사용하면 전동기의 온도가 올라가서 수명이 단축되고 아울러 효율이 저하하기 때문입니다. 좀더 자세한 설명이 필요한 분은

http://www.esmagazine.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,2503,3218,00.html의 Just What Is Motor Service Factor ? (by Timothy Coyle, P.E.)를 읽어보시기 바랍니다.

전동기를 허용 과부하용량으로 운전할 때의 기대운전전류(expected running amps)를 전동기 명판에 "SF MAX AMPS" 또는 "MAX A"라고 표시하는 경우도 있습니다.

14)Duty(Rating)

전동기가 과열되지 않고 안전하게 명판상에 기재된 정격출력을 낼 수 있는 시간을 말합니다. 대개는 연속운전용으로 "CONT"(연속적, Continuous)이나 valve actuator, crane, hoist 에 사용되는 전동기의 경우는 간헐 운전(intermittent)용인 것도 있습니다. 간헐운전용은 15 분, 30 분, 60 분용이 있습니다.

명판상에는 DUTY, RATING, TIME RATING, DUTY CYCLE 등으로 표시합니다.

IEC Duty Cycle : NEMA에서는 Continuous와 Intermittent의 2가지로 분류하고 있으나 IEC에서는 아래와 같이 S1에서 S8까지 8가지로 구분하고 있습니다.

- | | |
|---|--|
| S1 – Continuous duty. The motor works at a constant load for enough time to reach | temperature equilibrium. |
| S2 – Short-time duty. The motor works at a constant load, but not long enough to reach | temperature equilibrium, and the rest periods are long enough for the motor to reach ambient temperature. |
| S3 – Intermittent periodic duty. Sequential, identical run and rest cycles with constant load. | Temperature equilibrium is never reached. Starting current has little effect on temperature rise. |
| S4 – Intermittent periodic duty with starting. Sequential, identical start, run, and rest cycles | with constant load. Temperature equilibrium is not reached, but starting current affects temperature rise. |
| S5 – Intermittent periodic duty with electric braking. Sequential, identical cycles of starting, | running at constant load, electric braking, and rest. Temperature equilibrium is not reached. |
| S6 – Continuous operation with intermittent load. Sequential, identical cycles of running with | constant load and running with no load. No rest periods. |

S7 – Continuous operation with electric braking. Sequential, identical cycles of starting, running at constant load and electric braking. No rest periods.

S8 – Continuous operation with periodic changes in load and speed. Sequential, identical duty cycles of start, run at constant load and given speed, then run at other constant loads and speeds. No rest periods.

15)Insulation Class(INSULCLASS, INS)

전동기의 수명을 좌우하는 가장 중요한 인자는 절연이라고 합니다. 또 절연재의 수명에 영향을 미치는 인자는 온도, 습도, 화학약품, 오일, 진동, 균류의 성장과 연마제 입자 등입니다. 절연이란 도체에 흐르는 전류가 원하지 않는 다른 물체로 흘러서 전류가 누설되는 것을 방지하기 위하여 도체를 다른 물체로부터 격리하거나지지는 것을 말합니다. **절연계급(insulation class)**은 전동기가 주어진 운전온도에서 수명 20,000 시간을 달성할 수 있도록 권선의 절연이 얼마나 잘 되어있으며 절연이 얼마나 오래 견딜 수 있는지를 표시하는 지정 문자를 의미하는 것으로 A, B, F 와 H 의 4 계급(NEMA 의 경우)이 있습니다. 각 급간은 25°C 의 간격으로 되어있으며 각 계급에서의 최대운전온도는 아래 표와 같습니다.

Insulation Class	Temperature Rating(°C)	Temperature Rise(°C)		비 고
		NEMA(SF:1)	IEC(SF:1)	
A	105	60	60	NEMA, IEC 공통
E	120	-	75	E 는 IEC 에만 있음
B	130	80	80	NEMA, IEC 공통
F	155	105	100	NEMA, IEC 공통
H	180	125	125	NEMA, IEC 공통

※ 주 1: Ambient temperature 40°C 기준이며, Temperature Rating 에서 (Temperature Rise + 40)을 빼서 나오는 값이 Hot Spot Allowance 임.

※ 주 2: TEFC 나 TENV 전동기의 Temperature Rise 는 표의 값을 적용할 수 없음.

전동기의 운전온도를 temperature rating 보다 10°C 높일 때마다 전동기 수명은 $\frac{1}{2}$ 씩 줄어든다고 합니다.

절연계급과 관련이 있는 용어인 Ambient Temperature, Temperature Rise, Hot Spot Allowance, Motor Surface Temperature 에 대하여 알아봅시다.

- Ambient temperature** : 아래 17) 참조하세요.
 - Temperature rise** : 전부하에서 운전되는 전동기 내부의 주요 전기 부품의 온도변화 양을 말합니다. 즉 전동기를 운전을 시작할 때의 온도와 연속운전으로 상승된 최종온도와의 온도차이를 말합니다. 예를 들면, ambient temperature 가 38°C 인 어느 전동기가 전부하에서 연속적으로 운전 되어 권선의 온도가 102°C 가 되었다면, temperature rise 는 64°C 가 됩니다.
 - Hot spot allowance** : 권선의 "Temperature rise"를 측정하는 방법은 온도계법, 저항법, 매입 온도계법 등이 있습니다. 저항법은 도체의 전기저항이 온도변화에 비례하는 원리를 이용하여 전기 저항 변화를 측정하여 이를 온도 변화로 환산하는 것입니다. 권선은 전동기 leads 에서 고정자 slot 에 감겨있는 것까지 모두가 연결이되어 있으므로, 권선의 어떤 부분은 다른곳보다 온도가 더 높을 것이 분명하나,전기저항 측정예의한 온도 측정은 권선의 평균온도를 나타내는 것입니다.이 평균온도에서 최고온도 부분의 온도를 보정해주는 것이 hot spot allowance 입니다.
 - Motor Surface Temperature** : 전동기 표면의 온도는 전동기 내부의 온도보다 결코 높을 수가 없으나, 어떤 전동기에서는 정상적인 표면온도가 75°C 에서 95°C 까지 이르게되는 경우가 있어 주의를 요하는 일도 있습니다.
- 명판에는 "INSUL CLASS" 또는 "INS" 등으로 표시합니다.

KS에서의 절연

절연의 종류	허용최고 온도(°C)	온도상승 한도(°C)	비 고
Y	90	50	
A	105	65	
E	120	80	
B	130	90	
F	155	110	
H	180	135	
C	180 초과		

16)Maximum Ambient Temperature(MAX AMB, AMB)

전동기가 설치되어 있는 주위 공간의 온도를 말합니다. 이 온도가 높을수록 전동기 운전시 전동기의 온도가 높아지겠지요. 통상적인 전동기 max. ambient temperature 는 40°C 입니다. 그러나 많은 중동국가의 설계 ambient temperature 는 40 – 50°C 이므로 주의를 요합니다. 명판에는 "MAX AMB" 또는 "AMB"로 표시합니다.

17)Altitude

전동기 명판에 기록된 성능을 내면서 temperature rise 또한 명판에 기록된 한도내에 있을 수 있는 최대 **고도(Altitude)**를 나타냅니다. 고도가 높아지면 공기의 밀도가 감소하여 냉각성능이 저하하기 때문에 고지대에서는 중요한 성능요인이 됩니다. 명판에 표시하지 않는 경우가 대부분입니다. 대개 일반 전동기는 3300 ft 까지, insulation class F 전동기는 9900 ft 까지 사용 가능하다고 합니다.

18)Enclosure(ENCL)

통상적으로 enclosure 는 **외피**를 의미하며, NEMA 에서의 Enclosure 는 전동기를 주위 환경으로부터 보호하는 정도와 전동기를 냉각시키는 방법에 의해서 전동기의 외피를 분류할 때 사용하는 용어입니다. Enclosure type 로는 **ODP, TENV, TEFC, TEO** 와 **EXP** 등이 있습니다. NEMA에서는 각각의 enclosure type 에 전동기를 주위 환경으로부터 보호하는 정도와 냉각시키는 방법을 모두 규정하고 있으나, IEC에서는 보호정도는 유명한 **IP(Ingress Protection)** 번호에 의해서 구분하고 냉각 방법은 **IC** 번호에 의해서 따로따로 구분하고 있습니다. 전동기 명판에는 통상 "ENCL"로 표시합니다.

★**ODP** : Open drip proof 의 약자. **방적형(防滴形)**. 전동기 측면에 통기공이 있어서 전동기 내부로 공기의 유통이 자유로우나, 연직과 15 도 이내의 각도를 이루면서 떨어지는 액체는 전동기 내부로 들어갈 수 없도록 되어있습니다. 습기가 없으며, 깨끗하고, 환기가 잘되는 실내 설치에 적합. 옥외에 설치할 때는 공기의 흐름을 방해하지 않는 보호 덮개를 설치해야합니다.

★**TENV** : Totally Enclosed Non-Ventilated 의 약자. **전폐자랭형(全閉自冷形)**.공기가 유통할 수 있는 통기공이 전혀 없는 전폐형이나 그렇다고 기밀(air tight)는 아님. 냉각은 대류와 복사 현상에만 의존. 더럽고 습기가 있는 곳에 사용하기 적합하나 방폭형은 아님.

★**TEFC** : Totally Enclosed Fan Cooled 의 약자. **전폐외선형(全閉外扇形)**.TENV 와 같으나 전동기 외부에 Fan 을 부착하여 이 Fan 이 전동기 외면에 바람을 불어서 전동기를 냉각시킵니다. 중동지역 공사에 많이 쓰이고 있습니다.

★**TEAO** : Totally Enclosed Air Over 의 약자. 전동기가 구동하고 있는 송풍기나 블라우어가 토출하고 있는 기류속에 전동기가 설치되도록 특별히 설계된 전동기로, 이 기류가 전동기를 냉각시키는 주요 역할을 합니다.

★**EXP** : Explosion Proof 를 의미.**방폭형(防爆形)**. 폭발성 가스나 분진이 있는 위험지역(harzadous or explosive area)에 설치하는 전동기로, 내부에서 폭발성 가스의 폭발이 생긴 경우에도 용기가 그 압력을 견디고 또 외부의 폭발성 가스에 인화되지 않아야 합니다. 대부분 TEFC 형이거나 TENV 형으로, 방폭형이라는 것을 보증하는 UL 이나 CSA 의 Label 이 부착되어 있어야 합니다. 위험지역은 NEC (National Electrical Code)의 article 500 에 의해서 Class 와 Group 으로 분류되고 있습니다.

Class I (gases, Vapors)	
Group A	Acetylene
Group B	Butadien, ethylene oxide, hydrogen, propylene oxide

Group C	Acetaldehyde, cyclopropane, diethether, ethylene, isoprene
Group D	Acetone, ammonia, benzene, butane, gasoline, methane, propane 등등
Class II (Combustible Dusts)	
Group E	Aluminum, magnesium and other metal dusts with similar characteristics
Group F	Carbon black, coke or coal dust
Group G	밀가루, 전분 또는 곡물 분진

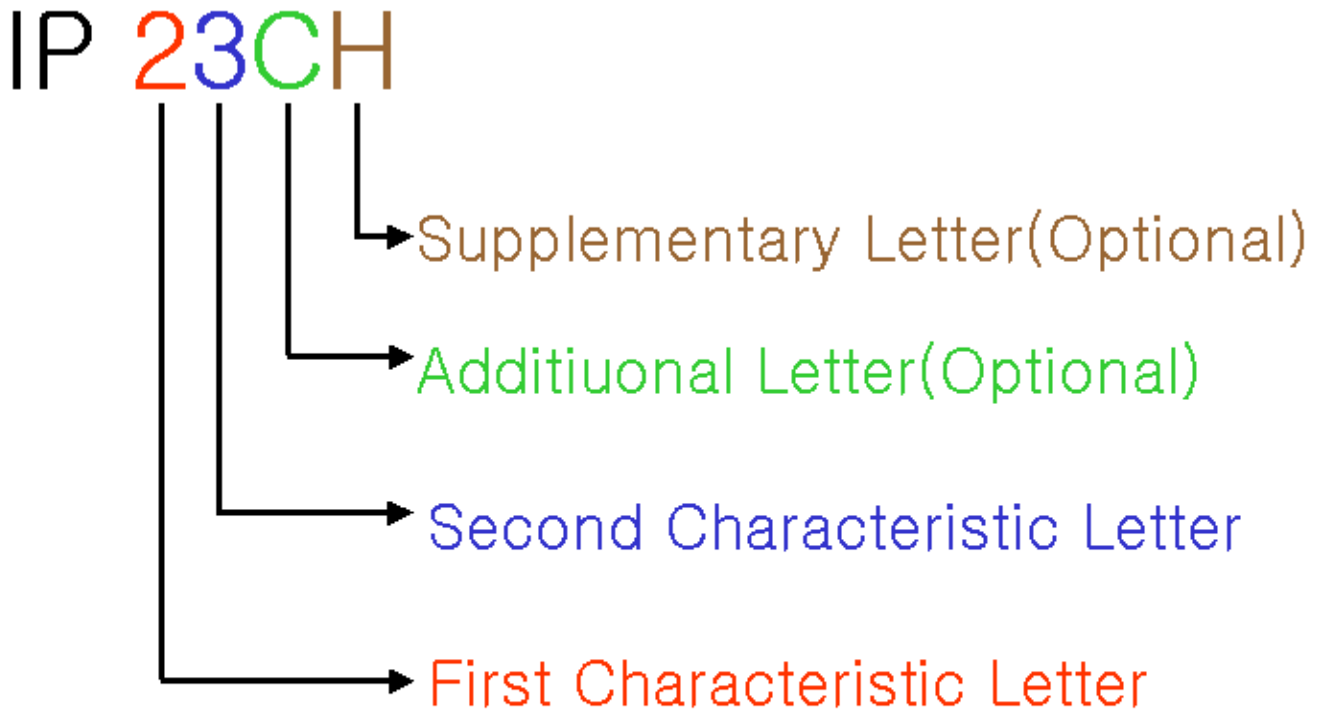
19) IEC의 IP Rating

IEC의 IP Rating에 관한 규정은 :

IEC 60529 (Degrees of Protection provided by Enclosure)와

IEC 60034-5 (Rotating Electrical Machines – Part 5 : Classification of degrees of protection provided by enclosures of rotating electrical machines)에 있습니다.

IEC 60529는 컨트롤패널, 스위치, 전등 등 모든 종류의 enclosure를 대상으로 하고, IEC 60345-5는 전동기나 발전기와 같은 회전전기기의 enclosure만을 대상으로 하고 있습니다. 따라서 IEC 60345-5는 IEC 60529의 일부라고 생각해도 좋을 것입니다. IEC 60529에서는 아래 "IP 23CH"처럼 "First Characteristic Letter", "Second Characteristic Letter", "Additional Letter (Optional)"와 "Supplementary Letter (Optional)"의 4가지 문자(숫자 포함)로 표시하도록 되어있으나, IEC 60345-5에는 "First Characteristic Letter"와 "Second Characteristic Letter"에 관해서만 규정되어 있습니다.



IEC 60529에 의한 표시법

제 1 기호 (First Characteristic Letter) : 고체입자나 분진의 침입으로부터의 보호

0 : 보호 없음

1 : 크기가 50 mm 이상인 고체로부터 보호 (손의 접근으로부터 보호)

2 : 크기가 12 mm 이상인 고체로부터 보호 (손가락의 접근으로부터 보호)

- 3 : 크기가 2.5 mm 이상인 고체로부터 보호 (공구의 끝으로부터 보호)
- 4 : 크기가 1 mm 이상인 고체로부터 보호 (와이어 등으로로부터 보호)
- 5 : 분진으로부터 보호 (Dust Protected)
- 6 : 분진으로부터 완전히 보호 (Dust Tight)(회전기기에는 적용되지 않음)

제 2 기호(Second Characteristic Letter) : 물로부터의 보호

- 0 : 보호 없음
- 1 : 연직으로 떨어지는 물방울로부터 보호
- 2 : 연직에서 15 도 이내의 각도로 떨어지는 물방울로부터 보호
- 3 : 연직에서 15 도 이내의 각도로 떨어지는 물방울로부터 보호
- 4 : 모든 방향으로 비산되는 물방울로부터 보호
- 5 : 모든 방향으로 쏟아지는 물방울(Jet)로부터 보호
- 6 : 파도처럼 강력하게 모든 방향으로 쏟아지는 물방울로부터 보호
- 7 : 15 cm에서 100 cm 사이의 깊이의 물에 잠긴 영향으로부터 보호
- 8 : 물속에 장기간 잠긴 영향으로부터 보호

Additional Letter (Optional) : A, B, C, D 의 네가지가 있으며, 손, 손가락, 공구, 와이어로부터의 보호에 관한 것입니다.

Supplementary Letter (Optional)

- H : 고전압 장비에 대한 보충정보
- M : water test 중의 움직임에 대한 보충정보
- S : water test 중의 정지상태에 대한 보충정보
- W : 기후조건에 대한 보충정보

IP Rating 과 NEMA Enclosure 의 개략적인 비교

- *방적형(ODP) 전동기와 IP23
- *전폐외선형(TEFC) 전동기와 IP44 는 대략 비슷한 성능을 갖는다고 합니다.

20)IEC 의 IC(International Cooling) Code

전동기의 냉각방법에 대해서는 IEC 60034-6(Rotating Electrical Machines) – Part 6 : Methods of cooling (IC code)에서 규정하고 있습니다. IC Code 는 IC 다음의 2 자리 수로 구성된 간단한 Code(많이 사용되고 있는 전동기에 대한 냉각방법)와 IC 다음의 문자와 수자로 구성되어 복합적인 냉각시스템에 사용되는 상세 Code 가 있습니다.

여기서는 간단한 Code 에 대해서 알아보겠습니다. 제 1 기호는 냉각회로의 구성에 관한 것이고, 제 2 기호는 냉매를 순환시키는 동력 공급하는 방법에 관해서 규정하고 있습니다.

Code	내 용
IC 01	자유 통풍(free circulation), 자력순환형(self-circulation)
IC 06	자유 통풍, 독립적으로 전동기에 설치된 송풍기등에의해서 냉매 이송
IC 11	입구관 통풍(inlet pipe ventilated), 자력순환형
IC 17	입구관 통풍, 독립적으로 분리 설치된 냉매 가압 장치
IC 21	출구관 통풍(outlet pipe ventilated), 자력순환형
IC 27	출구관 통풍, 독립적으로 분리 설치된 냉매 가압 장치
IC 31	양측관 통풍(inlet and outlet ventilated), 자력순환형
IC 37	양측관 통풍, 독립적으로 분리 설치된 냉매 가압 장치
IC 40	외피 표면 냉각, non-ventilated
IC 41	외피 표면 냉각(frame surface cooled), 자냉형

21)Frame

NEMA 와 IEC 표준은 Frame 의 크기와 전동기의 주요 치수를 표시하기 위하여 문자 코오드를 사용하고 있으나, 둘 사이에서 어떤 일정한 규칙성을 찾을 수는 없습니다.

22)Connection Diagram

Connection diagram 은 KS 와 IEC 에서는 의무사항이나, NEMA 에서는 언급이 없습니다. 그러나 대부분의 농형유도전동기 명판에는 connection diagram 이 표시되어있습니다.

23)기타

***Space Heater** : 전동기의 온도 변화로인하여 전동기 내부에 과도한 응축이 일어날 우려가 있는 곳(해안가처럼 습도가 높은 곳)에서는 전동기를 보호하기 위하여 Motor Space Heater 를 전동기 내부에 설치하도록 요구하는 시방서도 있습니다. 이것은 전동기 제작시에 전동기 생산자가 설치를 해야하므로 주의를 요합니다. 이 space heater 의 제어도 상당히 까다로운 편에 속합니다. 전동기가 운전되고 있는 동안에는 space heater 는 off 상태여야하고, 전동기가 shut down 되면 space heater 는 자동적으로 energize 되어야 하나 전동기 내부온도가 ambient temperature 보다 $5 - 10^{\circ}\text{C}$ 이상이 되지 않아야합니다.

7.전동기의 특성

1)전동기의 특성

전동기의 회전수, 토크, 전류의 관계는 아래 그림과 같습니다.

(그림은 효성퍼프 편람 3 판(효성중공업주식회사,1994.5.31) 299 쪽에서 인용했습니다.)

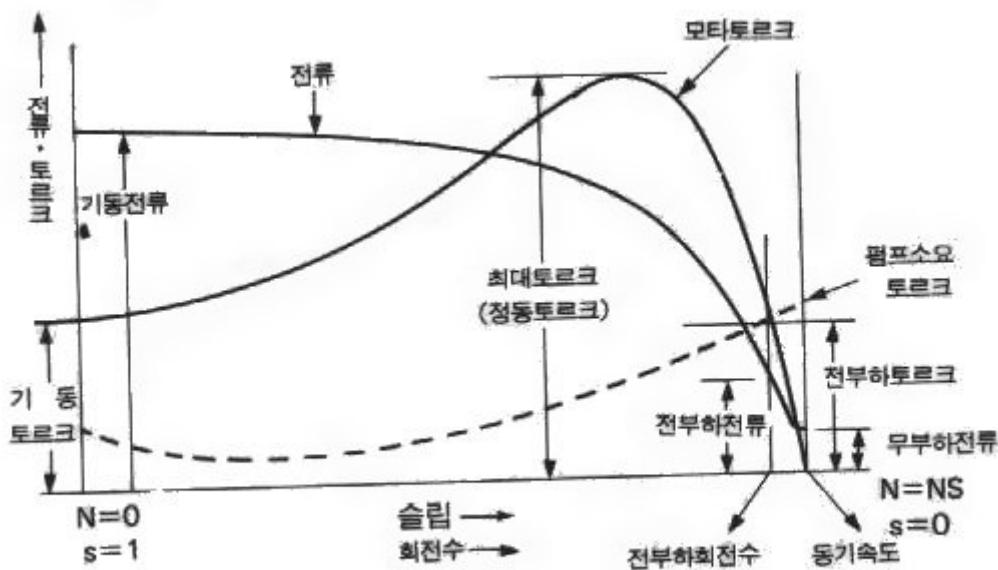


그림 8.1 전동기 토크 전류 곡선 그림

농형유도전동기의 기동전류는 전부하전류의 500 - 650 %에 달합니다.

전동기가 안전운전을 할 수 있는곳은 최대토크의 우측부분입니다.

2)전압 및 주파수 변화가 전동기에 미치는 영향

이에 관해서는 KS C 4002 의 Section 9. 속도,전압 및 주파수 변동에 따른 영향에 규정되어 있습니다.

전압변화 : 정격주파수 하에서 단자전압이 정격치의 상하 10 %에 걸쳐서 변화해도 정격출력과 동등한 부하로 사용해서 실용상 지장이 있어서는 안된다.

주파수 변화 : 정격 전압하에서의 전원 주파수가 정격치의 상하 5%에 걸쳐서 변화해도 정격출력과 동등한 부하로 사용해서 실용상 지장이 있어서는 안된다.

전압과 주파수가 동시에 변화 : 전원의 전압과 주파수가 동시에 변화할 때에는 전압의 변화는 정격치의 상하 10% 이내, 주파수의 변화는 정격치의 상하 5% 이내로서 양 변화 백분을 절대치의 합이 10% 이내일 때에는 정격 출력과 동등한 부하로 사용해서 실용상 지장이 있어서는 안된다.

실용상 지장이 없다는 뜻 : 안정된 운전을 지속하고 회전기의 수명을 크게 단축하는 상태에 이르지 않는 것을 뜻합니다. 이 경우 정격상태에 대해서 정해진 효율, 온도상승 등의 시방에는 따를 필요가 없습니다.

8.농형유도전동기의 기동방법

농형유도전동기의 기동 방법은 전전압기동기(full voltage starter)를 사용하는 방법과 감압기동기(reduced voltage starter)를 사용하는 방법으로 대별할 수 있습니다. 전전압기동법이나 감압기동법의 선택시 고려할 사항으로는 :

- ①감압기동시의 기동전류와 기동토크
- ②전동기의 용량
- ③비용
- ④전력공급회사의 규정 등등 입니다.

농형유도전동기의 기동기를 세분하면 아래와 같습니다.

전전압기동 방법		전전압기동기	across-the-line starter(미국) 또는 direct-on-line starter(영국)
감압기동 방법	어느 전동기에나 적용가능한 기동기	기동보상 기동기(단권변압기식 기동기)	auto-transformer starter-compensator
		저항(삽입) 기동기	primary-resistor starter
		리액터(삽입) 기동기	primary reactor starter
	특별한 전동기에만 적용 가능한 기동기	스타-델타 기동기	star-delta starter 또는 wye-delta starter

1)전전압기동기(全電壓起動器 : across-the-line starter 또는 direct-on-line starter)

전동기에 전원 전압이 직접 걸리게 되어있는 기동기를 말합니다. 대형 전동기를 전전압으로 기동시키게되면 순간적으로 주변지역의 공급전압과 전류가 변화하기 때문에, 이의 사용은 대개 5 - 7.5 HP 정도로 제한되어 있습니다.

2)기동보상 기동기(단권변압기식 기동기 : auto-transformer starter-compensator)

기동 단권변압기(auto-transformer)를 이용하는 방식으로, 단권변압기는 성층철심상에 코일을 권선하고 여러 단의 전압을 얻기위하여 여러 개의 탭(tap)을 설치한 것입니다 (대개 2 - 3 단). 여기서 적절한 기동회전력과 가장 적은 기동전류를 얻을 수 있는 전압 tap(50 - 80 %)을 선정하여 전동기를 시동하고 일정 시간이 흐른후에 전전압으로 전환합니다. 에너지를 열로 소비하는 저항 대신에 변압기를 사용하여 전압을 낮추기 때문에 에너지 절약적이라 할 수 있습니다. 양호한 기동특성을 얻을 수 있으나 설비비는 다른 방법에 비하여 조금 많을 수 있습니다.

auto- 라는 말 때문에 자동이라고 생각하기 쉬우나, 수동식과 전자식이 있습니다.

3)저항(삽입) 기동기(primary-resistor starter)

고정자 권선과 직렬로 저항을 삽입하여 시동시의 전류를 저항의 전압강하로 제한하여 전동기를 시동하고, 전동기의 속도가 일정속도에 달한 후에 저항을 회로에서 제거하여 전전압으로 운전하게 됩니다. 저항에서 소비되는 에너지가 많기 때문에 소형 전동기에서만 사용되고 있습니다.

4)리액터(삽입) 기동기(primary reactor starter)

저항(삽입) 기동기의 저항 대신에 3 상 리액터를 고정자 권선과 직렬로 삽입한 것입니다.

5)스타-델타 기동기(star-delta starter 또는 wye-delta starter)

대개 50(또는 75) HP 까지 사용하는 방법으로, 시동시에는 고정자 권선이 wye 가 되도록 전원에 접속하고, 충분히 가속된 후에는 delta 로 전환해서 기동을 완료하는 방법입니다. 동일 권선의 전동기에서 wye 결선은 delta 결선시에 흐르는 전류의 33 % 만을 흐르게 합니다.

이 기동기를 사용하려면 전동기가 3 상 delta 결선으로 되고 단자가 6 개가 있어야 합니다.

9.기타

1)전동기 관련 유용한 공식

번호		전 원 의 종 류		
		직 류	단 상	삼 상
1	HP 구하기	$HP(IP) = \frac{\text{회전수} \times \text{토크}}{5,250}$ 단 회전수는 rpm, 토크는 ft-lb 1HP(IP) = 550 ft-lb/sec =746 W 1HP(PS) = 75 kgf-m/sec = 736 W		
2	동기 회전수 구하기	$N_s = \frac{120f}{P}$ N_s: 동기회전수(rpm) f : 주파수(Hz) P : 전동기의 극수		
3	Slip 구하기	$s = \frac{N_s - N}{N_s}$ S : Slip N_s: 동기회전수(rpm) N : 임의의 부하에서의 회전수		
4	Power Factor 구하기	$PF = \frac{\text{유효전력}}{\text{피상전력}} = \frac{W}{VA}$ (100 을 곱하는 경우도 있습니다.) 피상전력 (apparent power) = VA W (유효전력) = VA cosθ 무효전력(reactive power) = VA sinθ θ= 위상차		
5	HP 에서 Ampere 구하기	$A = \frac{HP \times 746}{V \times Eff}$	$A = \frac{HP \times 746}{V \times Eff \times PF}$	$A = \frac{HP \times 746}{1.73 \times V \times Eff \times PF}$
6	KW 에서 Ampere 구하기	$A = \frac{1000 \times KW}{V \times Eff}$	$A = \frac{1000 \times KW}{V \times Eff \times PF}$	$A = \frac{1000 \times KW}{1.73 \times V \times Eff \times PF}$
7	KVA 에서 Ampere 구하기		$A = \frac{1000 \times KVA}{V}$	$A = \frac{1000 \times KVA}{1.73 \times V}$

2)추천도서

- ①**최신 모터 수리(Electric Motor Repair)**, R. Rosenberg 지음, 월간 전기기술 편집부 역, 성안당, 2000.1.7 : 전동기 수리를 위한 서적이거나, 초보자도 재미있게 읽으면서 전동기 지식을 얻을 수 있도록 비수학적인 방법으로 설명하고 있습니다. 1987 년 초판 간행이래 15 판이나 출판되었습니다. 건축설비 기술자들에게 정말 권하고 싶은 책입니다. 흥미라면 뒤에 색인이 없다는 것입니다.
- ②**Handbook of Air Conditioning System Design**, by Carrier Air Conditioning Company , McGraw-Hill : A/C System Design 의 고전으로 알려진 책입니다. 전동기는 Part 8 - Chapter 2. Motors and Motor Controls 에 있습니다. 상, 하 2 권으로 번역판이 국내에서 출판되어 판매되고 있습니다.