

전동기 SERVICE FACTOR 의 이해

1. Service Factor 1.0 과 1.15 의 차이점

1) Coil Size 및 절연등급등은 모두 동일하나, S.F=1.15 의 경우는 Motor Frame Size 만 1 단계 크게 설계하여 Cooling 효과 증대로 15% 까지의 비연속적인 과부하에 대해서 Motor 수명에 영향을 주지 않도록 제작된 것을 의미한다.

2) S.F : 1.15 로 설계된 Motor 의 경우

15% 과부하 운전시 Motor 사양의 Temp' Rise 보다 Temp' Rise + Max.10°C 이하로 상승되도록 설계되었음을 의미함.

예) Motor 절연등급 :F 중 (105°C), Temp' Rise : B 중 (80°C)

- 115% 부하시 : Temp' Rise + 10°C = 90°까지 상승할 수 있다.
- 100% 부하시 : Motor 명판상의 Temp' Rise 보다 낮은 65~70°C 정도에서 유지 (Cooling 효과 때문)

3) Temperature Rise 비교 (주위온도 40°C 기준)

구 분	권선온도 측정방법	정격전류 (S.F=1.0)				15%과부하(S.F=1.15)			
		A	B	F	H	A	B	F	H
모든 Motor (HP)	Resistance	60	80	105	125	70	90	115	135
1,500 HP 이하	Embedded Detector	70	90	115	140	80	100	125	150
1,500 HP 이상	Embedded Detector								
1) 7,000V 이하		65	85	110	135	75	95	120	145
2) 7,000V 초과		60	80	105	125	70	90	115	135

- 권선온도상승이 상기의 범위내로만 유지될 경우 Motor 수명에 전혀 지장을 주지 않는다. (NEMA MG1-1993, Part20, Page3 참조)
- 상기 표를 보면 동일한 Insulation Class 로 설계된 Motor 라도 S.F=1.15 로 설계된 Motor 는 S.F=1.0 으로 설계된 Motor 보다 권선온도 상승을 10°C 더 허용한다는 점에 주목해야 한다. (Cooling 효과)
예) Class F 경우 S.F=1.0 은 105°C, S.F=1.15 는 115°C (Resistance 측정기준)

- Resistance 측정 : 권선온도의 평균값을 측정한 것이므로 Motor 내 가장 뜨거운 부분은 평균값보다 10°C 높다.
따라서, 절연등급이 F 종 일경우 권선온도 기준은
: 155°C (F 종) – 40°C (주위온도) – 10°C (가장 Hot Point) = **105°C**
 - Embedded Detector : Motor 의 가장 뜨거운 부분의 온도이다. (Resistance 측정값 + 10°C)
- 3) 이 밖에 참고적으로 (단, 아래 내용은 규정에 나와 있는 것이 아니라 제작사에 문의한 결과이다.) 일반적인 Motor(S.F=1.0)에 15% 의 과부하가 걸릴 경우 정격부하에서의 권선온도에 비해 아래와 같은 정도의 온도가 상승한다.
- 순간적인 과부하 (수분 이내) : 약 10°C 상승 (효성)
 - 연속적인 과부하 : 약 20 ~ 30°C 상승 (현대, 효성, Siemens)

S.F=1.15 로 설계된 Motor 의 경우는 15% 과부하시 권선 온도상승분을 고려하여 설계(Max.10 도 상승)된다.

2. S.F 에 따른 Motor 절연등급과 Temp' Rise 관계 (Motor 절연수명 20~25 년으로 가정)

설계			100 %	부하시	115%	부하시
S.F	Ins' Class	Temp' Rise (Motor 명판)	Temp Rise °C	상대수명	Temp Rise °C	상대수명
S.F=1.0	B	80°C	80	1.0	105~115	0.1~0.16
	F	105°C	105	1.0	140~150	0.1~0.16
	F	80°C	80	6.0	105~115	0.5~1.00
S.F=1.15	B	80°C	65~70	2.0~3.0	90	0.5
	F	105°C	85~95	2.0~3.0	115	0.5
	F	80°C	65~70	12.0~16.0	90	3.0

- 권선온도 10°C 상승시 Motor 절연수명은 약 1/2 로 줄어든다.
- 권선온도가 Ins' class 에 비해 40°C 낮게 운전될 때, Motor 수명은 약 $2^4 = 16$ 배 증가
- 권선온도가 Ins' class 에 비해 30°C 높게 운전될 때, Motor 수명은 약 $1 / 2^3 = 0.125$ 배로 줄어든다.
- S.F=1.15 로 설계된 Motor 는 115% 과부하운전시 허용 Temp' Rise 보다 Max.10°C 정도 상승하며,
- S.F=1.0 으로 설계된 Motor 는 115% 과부하시에는 허용 Temp' Rise 보다 20°C ~ 30°C 정도까지 상승한다.

3. 예제를 통한 S.F 개념 파악 (F Class, Resistance 측정 기준)

1) Motor Data

- Insulation Class : F, S.F : 1.15
- Temp. Rise : 80°C above 40°C By Resist

2) 이는 주위온도가 40°C일때 정격부하(100% Load)가 걸릴 경우 권선온도상승이 Motor 명판의 Temp. Rise 80°C 보다 낮은 65~70°C 로 제한된다. (105°C – 70°C = 35°C 가 낮게 운전된다.) 따라서, 이 Motor 의 절연수명은 $2^{3.5}$ 배 = 약 11 배 이상 길어진다.

3) 15%의 과부하 상태가 연속으로 운전될 때, 권선온도의 상승은 설계시의 Temp' Rise 80 도 보다 10 도 높은 Max. 90 도 까지 상승된다. (Motor 설계 수명보다 $2^{1.5}$ = 약 3 배 정도 길어진다.)

따라서, NEMA 규정의 권선온도상승 105°C 이하이므로 Motor 의 수명에는 지장이 없을 것으로 판단할 수 있다.

4. 결론

1) NEMA 규정에서 S.F 를 적용하여 운전할 경우 단시간에만 가능하다는 언급이 있는데 이는 절연등급과 권선온도 상승값이 거의 동일할 때의 기준인 것으로 판단되며,

- 2) 절연등급과 권선온도 상승값의 차이가 30°C 이상일 경우에는 Temp. Rise 비교표 (NEMA MG1-1993 Part20 3page)에 따라 절연등급 F 종, Temp. Rise B 종 (80°C)인 Motor 에 한해서는 S.F 1.15 로 운전하여도 수명에 지장이 없을 것으로 판단된다.