

에너지절약 및 고효율 기기로서의 유도전동기

유도전동기는 설계기술, 해석기술, 재료(코어, 마그넷 와이어, 절연재료 등), 제조기술 등의 개발로 그 특성의 향상, 소형·경량화, 저소음·저진동, 코스트다운 등을 도모하여 왔다. 그러나 최근에 지구환경 보호와 에너지자원의 고갈 등으로 인한 위기감에서 에너지절약과 고효율화의 움직임이 가속되고 있어, 유도전동기에 대해서도 보다 고효율화에 대한 요구가 높아지고 있다. 미국이나 캐나다에서는 규격과 법률에 의한 유도전동기의 효율 규제가 개시되고 있으며 유럽, 일본에서도 이에 따라가고 있는 경향이다. 이와 같은 요구에 응하기 위하여 신(新)시리즈의 고효능·에너지절약 모터 “수퍼라인 에코시리즈”를 개발하였다.

수퍼라인 에코시리즈는 권선 및 슬롯의 설계최적화, 고자속(高磁束)밀도 및 저철손(低鐵損) 철심재의 개발, 슬롯 조합의 최적화 등에 의하여 동손·철손·표류손(漂遊損) 등의 손실을 저감시킴과 동시에 고성능 바나시의 개발, 베어링 그리스 및 베어링 하우징 재료의 개량 등으로 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- ① 업계 최고급의 고효율
일본 JEMA 기준치와 미국 EPAAct 기준치를 만족하는 업계 최고급의 고효율·에너지절약 모터
- ② 인버터 구동에 최적의 특성 및 성능
- ③ 내(耐)환경성의 강화, 장수명화
습도 100% RH, 베어링의 장기 Maintenance Free화
- ④ 저진동 및 저소음

1. 머리말

유도전동기는 개발된지 100년 이상의 역사를 이어 오 는 동안 특성의 향상, 소형·경량화, 저소음·저진동화, 코스트다운 등이 도모되어, 성능·코스트·사이즈면에서 밸런스가 이루어져 가장 사용하기 쉬운 모터로 되었다. 이 때문에 오늘날에는 가정용에서 산업용까지 여러 용도의 구동원으로서 널리 사용되고 있다.

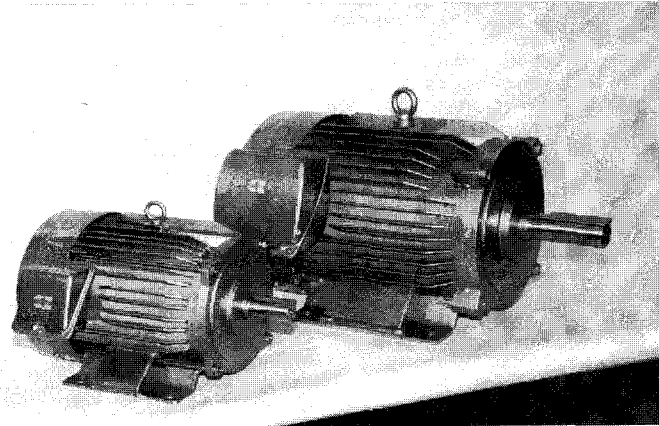
그러나 최근 들어서는 에너지절약과 고효율화의 수요가

가속화되는 가운데 3상 모터에 대해서도 지금까지 이상의 고효율화에 대한 요구가 높아지고 있다. 이와 같은 요구에 응하기 위하여 고효능·에너지절약 모터 “수퍼라인 에코 시리즈”가 개발되었기에 그 내용에 대하여 소개한다.

2. 모터에 대한 시장동향

가. 소비자 동향 조사

그림 1은 日本電機工業會(JEMA)가 1996년도와 '98



〈고기능·에너지절약 모터 “수퍼라인 에코시리즈”〉

지구환경보호와 에너지자원 고갈위기감에서 에너지 절약과 고효율화의 움직임이 가속되고 있으며, 유도전동기에 대해서도 더욱 고효율화의 요구가 높아지고 있다. 이와 같은 요구에 응하기 위하여 신시리즈의 고기능·에너지절약 모터 “수퍼라인 에코시리즈”를 개발하였다.

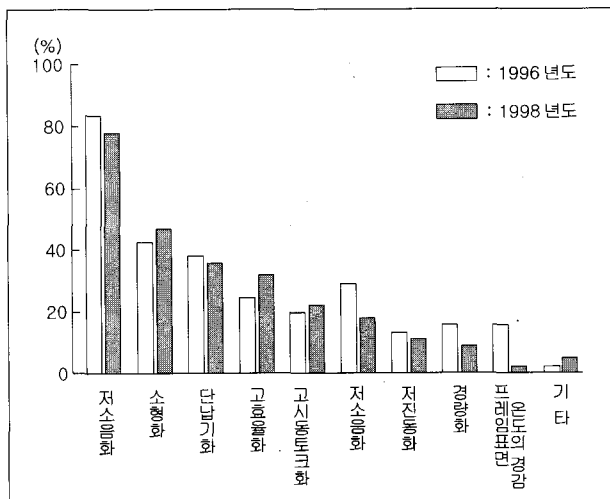
년도에 실시한 모터에 대한 소비자의 요망을 조사한 결과이다. 이 조사결과에서 소비자의 요구가 많은 것부터 차례로 보면, 저가격화, 소형화, 단납기(短納期)화, 고효율화, 고기동(高起動) 토크화의 순으로 되어 있다. 모터

의 특성면에서는 고효율화에 대한 요망이 가장 높아 '96 년도의 조사에서는 5위였으나 '98년도에는 4위로 올라가는 등 고효율화에의 요구가 증가하고 있음을 알 수 있다.

나. 에너지절약·고효율화의 움직임

최근 들어서는 지구온난화 대책으로 대표되는 지구규모의 에너지절약 정책이 추진되고 있다. 일본에서는 「에너지사용 합리화에 관한 법률」에 의한 규제 강화와 ISO 14001 취득공장의 에너지사용합리화계획의 추진 등으로 에너지절약 기기의 니즈가 급속히 증가하고 있다. 또 공장에서 사용되는 전력량의 약 70%는 모터에서 소비되고 있는 실정이어서, 모터의 고효율화는 전력소비의 삭감에 큰 효과가 있기 때문에 각국에서 고효율 모터에 관한 규격화·법제화가 추진되고 있다(미국과 캐나다는 법제화가 끝났고 유럽과 일본은 검토중).

따라서 일본에 있어서도 고효율 모터의 수요가 앞으로 크게 신장될 것으로 생각되며 환경보호의 관점에서 저



〈그림 1〉 모터에 대한 선정요구(일본전기공업회 조사)

소음·진동, 장수명화 등의 요구가 높아지고 있다.

다. 인버터 구동의 확대

고효율 모터는 모터 내부에서 발생하는 손실을 삭감한 방식임에 비하여 인버터 운전은 회전수를 바꿈으로써 구동력 그 자체를 감소시켜 에너지 절약을 도모하는 것으로, 에너지절약효과가 크기 때문에 수요는 계속 확대되고 있다.

인버터 장착률은 현재는 모터 대수의 10~15% 정도로 추정되고 있으나 에너지소비의 삭감과 함께 기계의 성능과 기능의 향상 등도 기할 수 있어 장착률은 앞으로 증가되어 갈 것으로 생각된다.

3. 高機能·에너지節約 모터 "수퍼라인 에코시리즈"

이상과 같은 동향에 응하기 위하여 이번에 고효율모터의 신시리즈로서 "수퍼라인 에코시리즈"가 개발되었는데, 아래에 그 개요에 대하여 기술한다.

가. 시리즈화 범위

- (1) 외피구조 : 전폐외선형(全閉外扇形)
- (2) 틀 번호 : 63M~225S 프레임
- (3) 극수 : 2, 4, 6P
- (4) 출력 : 0.2~5.5kW(6P는 45kW까지)

나. 특징

- (1) 일본 JEMA와 미국 EPAAct 양쪽의 기준치를 만족하는 업계 최고 클래스의 고효율·에너지절약 모터
- (2) 미쓰비시電機가 제작한 인버터 FR-A500의 어드밴스드 벡터제어로 1:10의 정(定)토크 연속운전 가능

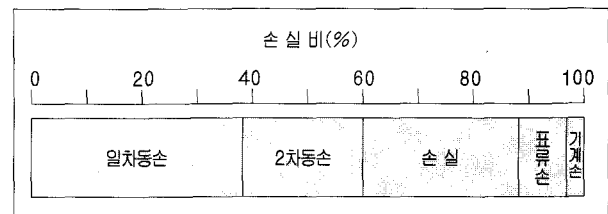
(3) 내(耐)환경성을 강화하여 습도 100%RH(단 결로가 없을 것), 열대처리(熱帶處理), 주위온도 -30~40℃ 등에 대응가능. 또한 베어링의 장수명화를 실현(동사比 : 베어링 그리스의 계산수명 약 2.5배, 내(耐)크리프 성능 약 4배)

(4) 동사 표준모터보다 평균 3dB(A) 조용한 저소음 설계. 진동은 V10 또는 V15의 저진동

(5) 표준모터와 동일 설치치수

다. 수퍼라인 에코시리즈의 고효율화 기술

3상 모터의 손실은 1차·2차 동손(銅損), 철손(鐵損), 표류손(漂遊損), 기계손으로 대별되며, 각 손실의 일례를 표시하면 그림 2에 표시되는 비율이 된다. 고효율 모터는 이것들의 합계손실을 표준모터보다 20~30% 저감시킬 필요가 있다. 이 모터에서는 다음과 같은 손실저감기술로 고효율화를 실현하였다.



〈그림 2〉 범용모터의 손실 예
(전폐외선형 3.7kW 4P 200V 50Hz의 경우)

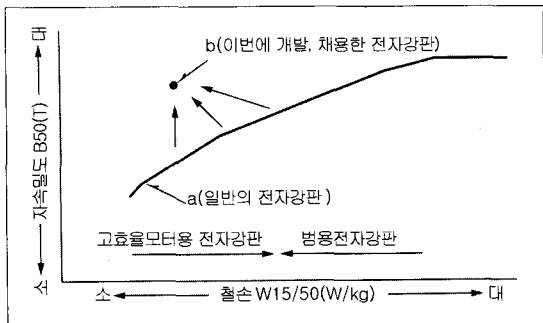
(1) 1차 및 2차 銅損

동손은 도체에 전류가 흐름으로써 발생하는 I^2R 손(損)(I =전류, R =저항)이다. 따라서 동손을 저감시키기 위해서는 도체저항의 저감이 최대포인트가 된다. 이 모터에서는 ① 전선의 권수 감소와 단면적 증대, ② 권선 방식의 변경(권선피치의 단축)에 의한 전선 길이와 코일 엔드 길이의 단축, ③ 로터슬롯 형상의 변경에 의한 2차

도체의 단면적 증가, ④ 엔드링의 단면적 증대 등에 의하여 도체저항의 저감을 도모하였다(동사 표준모터와의 손실비 : 10~30% 감소).

(2) 鐵損

철손이란 전자강판(電磁鋼板)을 적층(積層)한 Stator 철심에 회전자계를 가함으로써 발생하는 손실(Hysteresis Loss와 Eddy-current Loss)이다. 통상 전자강판은 철손이 낮기 때문에 자속밀도가 클수록 모터의 효율 등의 특성은 좋게 된다. 그러나 통상의 철심재의 철손과 자속밀도의 관계는 그림 3의 a와 같이 저철손재(低鐵損材)일수록 자속밀도가 적게 된다(모터로서는 역률의 저하로 전류가 증가한다). 이 모터에서는 그림 b의 특성재료를 개발하여 채용함으로써 고자속밀도로 저철손의 모터, 바꾸어 말하면 소형으로 효율이 높은 모터를 실현하였다.



〈그림 3〉 전자강판의 철손과 자속밀도.

(3) 漂遊損

표류손이란 [모터입력-(출력+ 1차·2차동손+ 철손+ 기계손)]으로 정의되며 주된 것은 부하시의 고조파(高調波)동손, 고조파자속에 의한 철손, 적층철심간의 절연 부족에 의한 도통손(導通損), Rotor 스롯의 절연 부족에 의한 Bar간의 Eddy-current손 등이 있으며, 이것들이 복합된 손실이다. 오늘날에는 이들 요인의 대부분

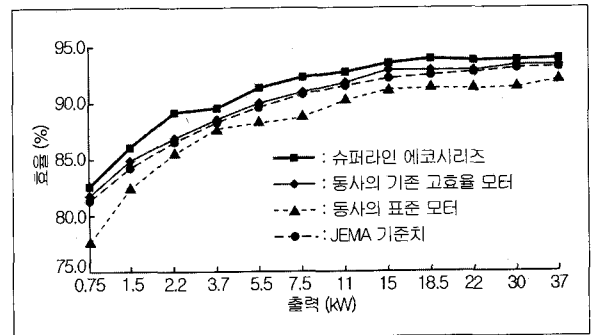
은 아직 충분한 해명이 되어 있지 않은 실정이지만, 이 모터에서는 최신 해석과 실기에 의한 검증을 기초로 ① Stator와 Rotor의 구수비(溝數比)의 최적화, ② Stator-Rotor 간의 갭길이, Rotor의 스쿠량, Rotor 슬롯의 브리지두께 등의 개선으로 표류손의 저감을 기하였다(동사비 : 표류손 약 50% 저감).

(4) 機械損

기계손이란 모터 운전중의 베어링 마찰손, 냉각팬의 풍손(風損) 등에 의해 발생하는 손실이다. 이 모터에서는 마찰손이 적은 새로운 그리스를 채용하고 표준모터에 비해 풍손이 적은 팬을 채용하는 등의 조치로 기계손의 저감을 기하였다.

(5) 효율

이상과 같은 기술에 의하여 업계 최고급의 고효율 모터를 실현하였다. 그림 4에 4극 모터의 효율을 비교한 예를 표시하였다.



〈그림 4〉 효율 비교(200V 50Hz 円선도 값)

라. 捲線의 耐環境性 향상과 베어링의 長壽命化

(1) 권선의 내환경성 강화

모터의 권선은 바니시처리를 함으로써 습도나 먼지에

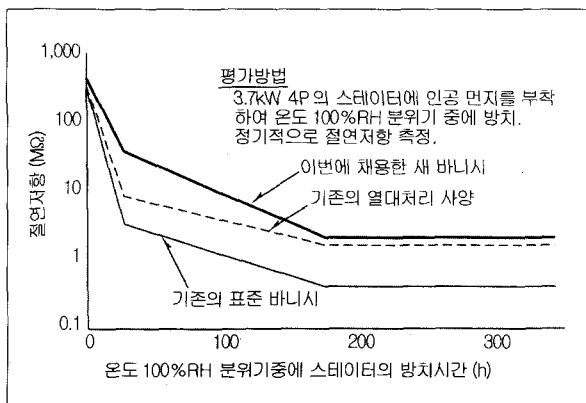
대한 절연성능의 향상, 전선의 고착 등을 도모하고 있다. 이번에 이 모터용으로 고성능의 신(新)바니시를 개발하여 채용하였다. 이 신바니시는 ① 슬롯 내의 침투성이 좋아 고착력이 높다. ② 내열(耐熱) 성능이 높다. ③ 내습(耐濕) 성능이 좋다. ④ 경화시간이 짧다 등의 장점이 있다. 이 신바니시의 채용으로 표준 사양에서 습도 100% RH, 열대처리 등에의 대응이 가능해졌다. 그림 5에 내환경성 평가 결과의 일례를 표시하였다.

(2) 베어링의 장수명화

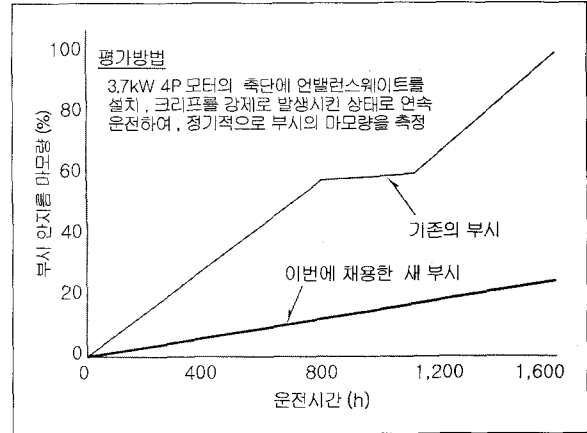
베어링의 수명은 그리스의 내열수명(耐熱壽命) 특성과 베어링의 온도상승에 의해 결정되는 경우가 많다. 이 모터에서는 내열수명특성이 보다 높고 음향·마찰토크가 작은 새로운 그리스를 개발하여 채용하고, 또한 베어링의 온도상승을 낮춤으로써 베어링 그리스의 장수명화를 도모하였다(동사비 : 수명 2.5배 이상).

또 브래킷의 베어링 삽입부의 부시를 종래의 주철제에서 신개발재료로 함으로써 내(耐)크리프 성능의 향상을 도모하였다.

그림 6에 내크리프 시험 결과의 일례를 표시하였다(동사비 : 크리프에 의한 부시의 마모속도 약 1/4).



〈그림 5〉 내환경성 평가 결과



〈그림 6〉 브래킷 부시의 내크리프성 평가결과

4. 맺음말

이상 3상 모터에 대한 시장동향과 미쓰비시電機의 고성능·에너지절약 모터 수퍼라인 에코시리즈"를 소개하였는데, 앞으로 모터에 대해서는 고효율화가 더욱더 요구될 것으로 생각한다. 최근에는 IPM 모터, 릴럭턴스모터, DC Brush-less 모터 등 3상 모터와는 다른 방식에 의한 고효율화와 소형화를 겨냥한 제품연구와 실용화가 이루어지고 있는데, 견고하고 저렴하며 그리고 상용전원으로 손쉽게 사용할 수 있는 사용의 용이성 등으로 3상 모터는 앞으로도 구동원의 주력을 담당할 것으로 생각된다. 산업용 모터 메이커로서는 보다 고성능·고효율의 3상 모터를 지향해 나감은 물론 새로운 방식의 모터에 대해서도 보다 완성도를 높여 에너지 절약에도 공헌하고자 한다.

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.