

37kw이하 공용코어용 고효율 유도전동기 개념 및 시제품 제작

강석조*, 최계광**

*포스코TMC 금형기술연구소

**공주대학교 기계자동차공학부

e-mail : ckkwang@kongju.ac.kr

37kw more than common core concept and prototype high-efficiency induction motor

Suk Jo Kang*, Kye-Kwang Choi**

*Posco TMC

**Kongju National University. Div. of Mechanical & Automotive
Engineering.

요 약

본 논문에서는 37kw이하 공용코어용 고효율 유도전동기 시제품 제작하였다. 시제품을 제작하기위해 서는 전동기설계 및 해석이 필요하다. 방법으로는 전동기기본설계, 실험계획법, 등가회로법, 유한요소법 등이 있다. 이 중에서 실험계획법에는 최적설계, 주요인자, 최적영역 등으로 나누어 분석할 수 있다. 설계 및 해석한 결과를 가지고 특성을 분석하고 재료비 및 효율을 비교하게 된다. 이를 바탕으로 5.5kw, 7.5kw, 11kw, 15kw 4극, 6극 공용코어용 고효율 유도전동기 시제품을 제작하였다.

1. 서론

고효율 유도전동기 금형 개발의 필요성은 전자기 적 설계 및 해석기술, 기계적설계기술, 재료기술, 생산기술 측면에서 분석해 볼 수 있다. 전자기적 설계 및 해석 기술로는 전자장해석, 최적의 슬롯/바 조합 선택, 권선 및 슬롯 최적설계로 나눌 수 있다. 기계적 설계 기술로는 소음, 진동저감기술(팬소음, 베어링 소음), 냉각 팬 저토크, 고풍량 설계로 나눌수 있다. 재료기술로는 철심재료(히스테리시스손과 와전료 손 저감), 도전재료(알루미늄/동 다이캐스팅), 절연재료(열화수명과 내전압이 증가, 점적률 증가)등으로 나눌수 있다. 생산기술로는 다이캐스팅 기술 & 권선 자동화 기술, 열처리기술(전자기적 손실, 기계적 강도), 가공 및 조립기술(전동기의 완성도 향상), 베어링 압입기술(표유부하손, 내구성, 수명) 등으로 나눌 수 있다.

화석에너지의 부족으로 에너지 효율 향상에 대한 요구가 절실한 실정이며 에너지 위주로 정책 패러다 임 전환되고 있다. 전동기의 경우 전체 전력소비의 60%차지하고 있고 전동기의 고효율화가 점차 의무화 되가는 추세이다. 선진국은 효율규제를 강화하고 있고, 국내에서도 2008년부터 최저효율제를 시행하

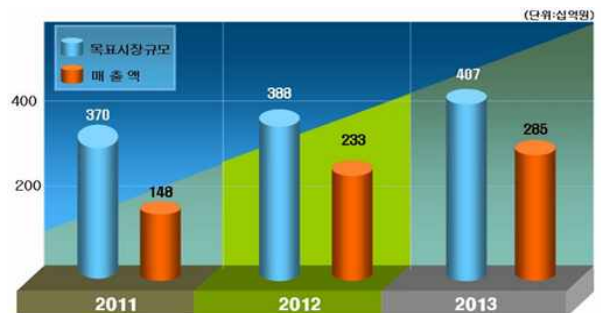
고 있다. 미국에서는 1997년부터 고효율유도전동기 사용을 의무화하고 있다. 고효율 유도전동기 시장의 성장에 따른 코어금형시장도 동반성장하고 있는 것이 사실이다. 미국에서는 2011년부터 프리미엄 유도전동기 사용을 의무화할 예정이다.

37kw이하 고효율 유도전동기 상용화 개발에 따른 시장 규모를 예측한 결과를 그림 1에 나타내었다.

37kw이하 고효율 전동기 상용화 개발에 따른 시장 규모예측

2011년 시장 점유율 50% 산정 : 3700억 X 0.5 = 1,850억
2012년 시장 점유율 60% 산정 : 3880억 X 0.6 = 2,330억
2013년 시장 점유율 70% 산정 : 4070억 X 0.7 = 2,850억

* 근거자료 한국전기산업진흥회 전기산업통계 2006-1호



[그림 1] 상용화 개발에 따른 시장규모예측 결과

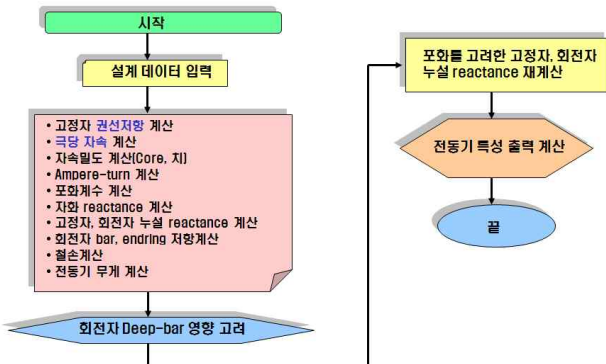
이에 포스코TMC에서는 이제까지의 경험을 바탕으로 전기연구원과 협력하여 고효율 유도전동기 개념 및 시제품제작에 나서기 시작한 것이다. 이에 본 논문에서는 37kW이하 고효율 유도 전동기 개념 및 시제품 제작에 관하여 연구하였다.

2. 본론

2.1 전동기 설계 및 해석

2.1.1 전동기 기본설계

전동기의 기본설계는 설계데이터 입력을 시작으로 회전자 Deep-bar 영향을 고려하고, 포화를 고려한 고정자, 회전자 누설 reactance 재계산, 전동기 특성 출력 계산으로 끝내게 된다. 자세한 내용은 그림 2에 나타내었다.

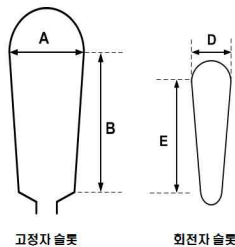


[그림 2] 전동기 기본설계의 플로우 차트

2.1.2 실험계획법

실험계획법을 이용한 최적설계, 주요인자선정, 최적화영역확인에 대한 자세한 내용은 그림 3~5에 나타내었다. 최적설계의 주요한 인자로는 목적함수, 제약조건, 설계변수 등을 들 수 있다. 목적함수에는 효율, 기동토크, 역률 등이 있다. 제약조건으로는 점적율(권선), 동량 등이 있다. 설계변수로는 고정자 슬롯 높이, 폭, 회전자 슬롯 폭, 높이, 권선선경, 앤드링 단면적 등이 있다.

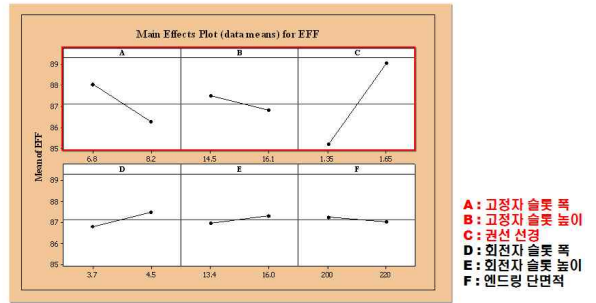
- 실험계획법**
- ◆ 목적 함수
 - 효율
 - 기동토크
 - 역률
 - ◆ 제약 조건
 - 점적율(권선)
 - 동량
 - ◆ 설계 변수
 - 고정자 슬롯 높이, 폭
 - 회전자 슬롯 폭, 높이
 - 권선 선경
 - 앤드링 단면적



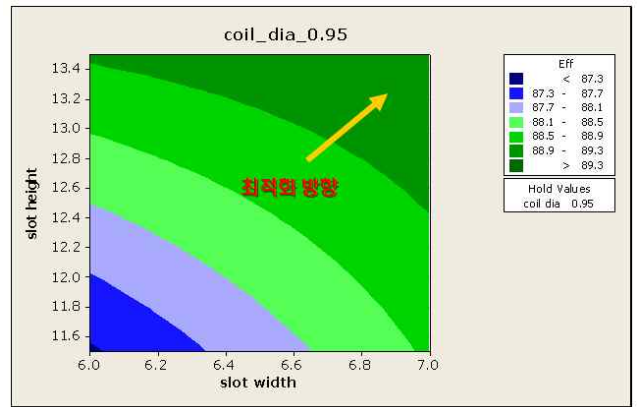
[그림 3] 실험계획법을 이용한 최적설계

◆ 실험계획법을 이용한 주요인자 선정

- 고정자 슬롯 폭, 높이, 권선 선경



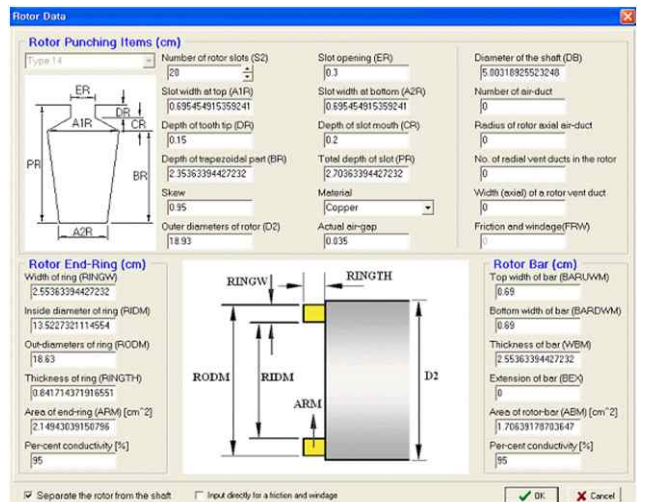
[그림 4] 실험계획법을 주요인자 선정



[그림 5] 실험계획법에 의한 최적화 영역 확인

2.1.3 등가회로법

등가회로법을 이용한 설계 및 해석 결과는 그림 6에 나타내었다.



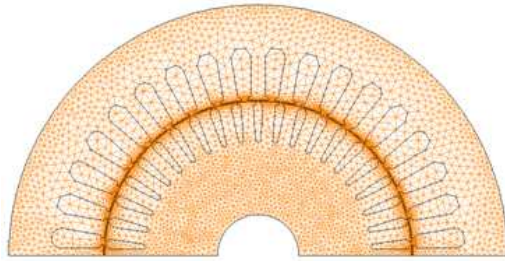
[그림 6] 등가회로법을 이용한 설계 및 해석 결과

2.1.4 유한요소법

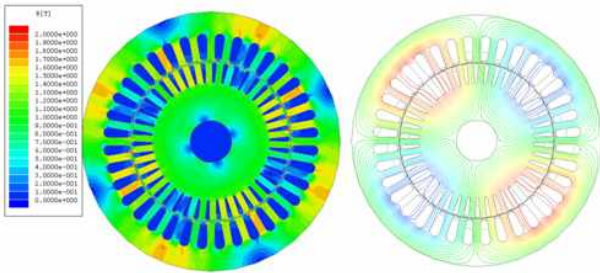
유한 요소법을 이용한 메시특성, 자동밀도 및 자속 분포, 특성해석 결과를 그림 7~9에 나타내었다.

[표 1] 특성해석 결과 분석표

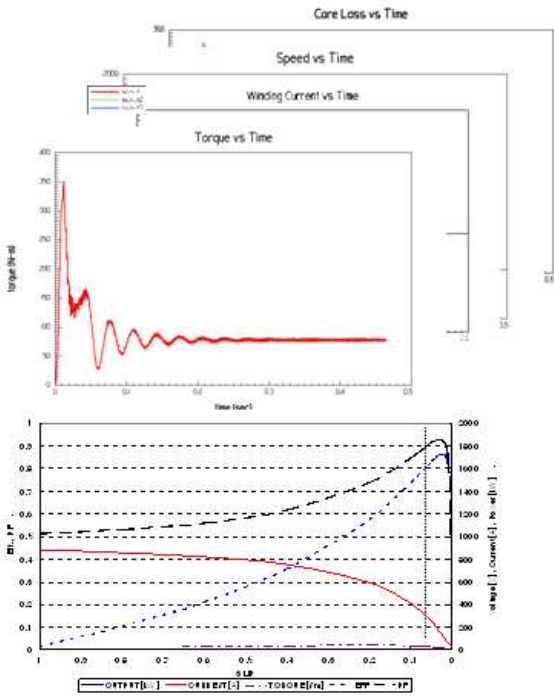
모델	5.5kW_4극			7.5kW_4극			7.5kW_6극		
	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]
애석	90.0	83.1	243	90.0	83.1	252	90.1	81.2	265
목표	89.5 (89.0)	77.0	180	89.5 (89.0)	78.0	160	89.5 (89.0)	73.0	150
모델	11kW_6극			11kW_4극			15kW_4극		
	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]	효율 [%]	역률 [%]	기동토크 [%]
애석	90.8	82.3	269	91.8	84.3	276	91.7	83.5	264
목표	90.2 (89.8)	74.5	140	91.0 (90.6)	79.0	150	91.0 (90.6)	79.5	150



[그림 7] 유한요소법을 이용한 메시 해석 결과



[그림 8] 유한요소법을 이용한 자속밀도 및 자속분포 해석 결과



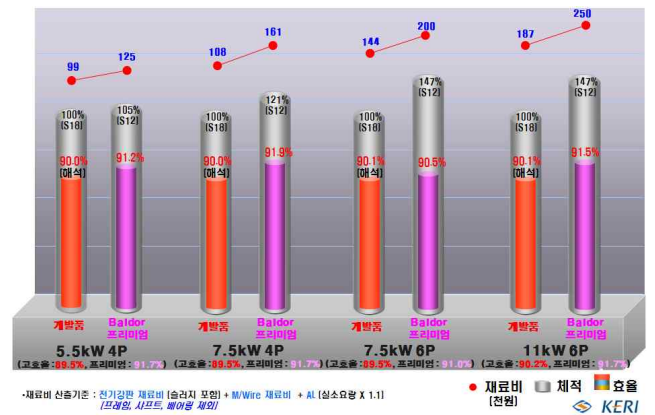
[그림 9] 유한요소법을 이용한 특성 해석 결과

2.2 특성해석 결과

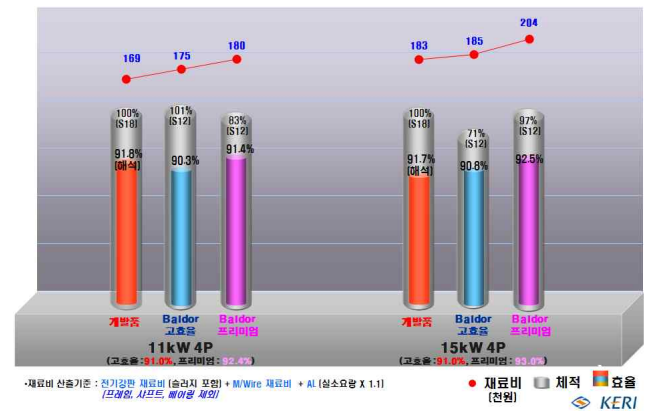
실험계획법의 최적설계, 주요인자, 최적화영역 등의 특성을 해석한 결과를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보는 바와 같이 5.5kw_4극, 7.5kw_4극, 7.5kw_6극에서는 효율의 목표를 89.5%로 잡았으나 해석결과는 0.5%상향된 결과를 가져왔다. 11kw_6극, 11kw_4극, 15kw_4극은 효율 목표를 90.0~2를 잡았으나 0.5~0.7% 상향된 결과를 가져왔다. 기동토크는 80~110%정도 향상됨을 알 수 있었다.

2.3 재료비 및 효율 비교

개발하고자 하는 시제품과 발더사의 프리미엄유동전동기와의 재료비, 체적, 효율을 비교한 것을 그림 10~11에 나타내었다. 그림 10에서 보는바와 같이 5.5kw 4극에서 11kw 6극까지 비교해 본 결과 0.4%에서 1.9%까지 발더사의 프리미엄이 효율이 좋았으나 재료비의 상승률은 개발품을 100% 기준으로 했을 경우에 최저 5%에서 47%까지 상승하는 것을 알 수 있다. 그림 11에서는 개발품과 발더사 고효율, 발더사의 프리미엄 등 3가지를 같이 비교해 본 것이다.



[그림 10] 개발품과 발더사 프리미엄의 비교



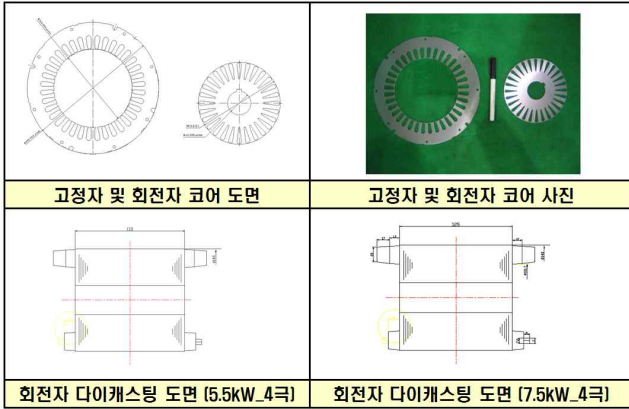
[그림 11] 개발품과 발더사 고효율, 프리미엄의 3개 비교

3. 연구결과

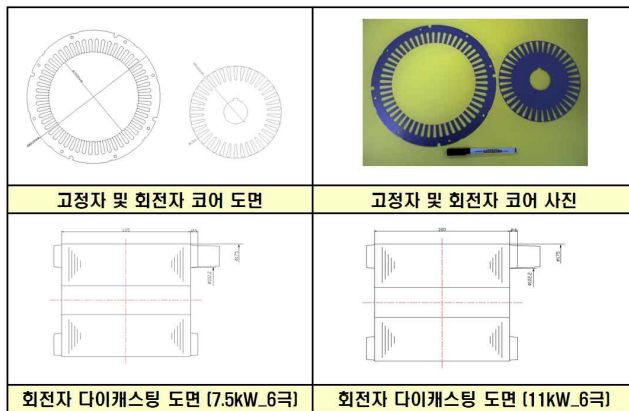
참고문헌

전동기의 설계 및 해석, 특성해석결과, 재료비 및 효율을 비교한 결과를 바탕으로 37kw이하 공용코어용 고효율 유도전동기를 그림 12~14와 같이 제작하였다.

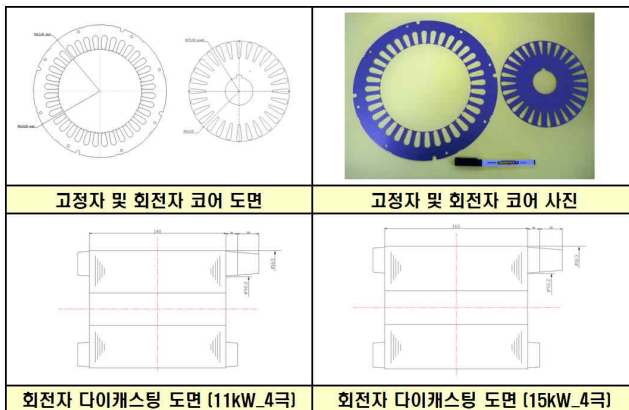
- [1] 전연도, “Hyper-NO 적용 수퍼 프리미엄급 고효율 전동기 기초연구”, 한국전기연구원 발표자료, pp.1~8, 2008.
- [2] 전연도, “고효율 유도전동기 연구동향 및 시장현황”, 한국전기연구원 발표자료, pp.1~30, 2008.
- [3] 전연도, 구대현, “고효율 유도전동기 최저효율제 국내외 동향”, 월간전기, 통권 제218호, pp.49~55, 2006.
- [4] P-W. Han, Y-D.Chun, D-H Koo, “Minimum Energy Performance Standards for Three Phase Induction Motors in Korea”, MEPS in Korea_final, pp.1~7, 2008.
- [5] 임세중, “고효율 유도전동기 금형기술 개발”, 에너지 자원기술개발 포스코아 발표자료, pp.1~51, 2008.



[그림 12] 5.5kw_4극, 7.5kw_4극 시제품 및 제작도면



[그림 13] 7.5kw_6극, 11kw_6극 시제품 및 제작도면



[그림 12] 11kw_4극, 15kw_4극 시제품 및 제작도면