

EPS용 SRM의 효율향상 설계 및 특성실험

김봉철, 안진우  
경성대학교

Performance Improvement Design and Characteristics Analysis of EPS SRM

Bong-Chul Kim, Jin-Woo Ahn  
Kyungsung Univ.

**Abstract** - This paper presents a design and characteristics analysis of an SRM drive for EPS application. A rack mounted EPS system is considered in this paper. In the unrestricted design conditions, motor parameters are determined for sufficient torque and speed with some restrictions. For the smooth torque generation and simple circuit of power system, 12/8 motor drive is considered. With FEM and magnetic circuit analysis, redesigned motor is simulated to meet the requirement of specifications. Effectiveness of the suggested SRM drive for EPS application is verified by redesigned motor drive tests.

1. 서 론

파워스티어링(Power steering)은 지금까지 대부분의 경우에 유압을 이용하여 운전자의 핸들 조작력을 경감시켜주는 역할을 수행해 오고 있다. 그러나 최근에 기존의 엔진의 동력을 이용한 유압식보다 엔진의 부담을 줄일수 있고, 경제적 측면에서도 유리한 전동기를 이용하여 동력을 얻는 EPS가 점차 및 소형차를 중심으로 적용이 확산되어져 가는 추세에 있다.

이에 본 연구에서는 기존에 설계 되었던 EPS용 SRM 전동기를 치수에 제약이 없는 조건에서 요구되는 토크와 속도를 감안하여 효율 향상 설계하였다. 또한, 시뮬레이션과 실험을 통해 특성을 해석, 이전 전동기와의 특성 비교, EPS 시스템의 SRM의 적용 및 효율성을 확인하고자 한다.

2. SRM의 EPS 시스템 적용

2.1 EPS 시스템의 특징

자동차가 점차 고급화됨에 따라 저압타이어의 이용, 대형 차량의 자동화 등으로 전륜의 접지저항이 증대하여 조향핸들의 조작력도 커져야할 필요성이 대두 되고 있다. 이로 인하여 조향장치의 개량이 요구되지만 기계식 조향장치는 한계가 있기 때문에 조향장치에 동력원을 설치하여 운전자의 핸들조작력을 보조한다.

현재 자동차의 파워스티어링은 엔진 동력에 의한 유압을 이용하여 작동되는 방식이 대부분이나, 최근 들어 보다 환경 친화적이고 기존 유압식 파워스티어링에 비하여 중량, 패키지, 엔진 부담도 등의 측면에서 유리한 EPS가 확산되고 있다.

2.2 EPS용 SRM의 설계 및 제작

EPS 시스템에 적용되는 SRM의 정격전압은 12[VDC]이며 출력 및 토크 등을 고려하여 12/8극 SRM을 선정하여 치수를 설계하였고, 설계결과와 요구성능은 표 1에서 보인 다.

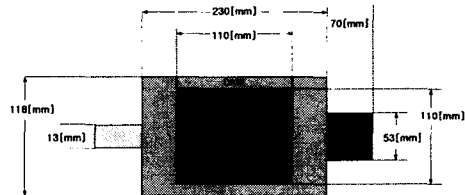


그림 1. 재설계된 전동기 치수  
Fig. 1 Redesigned dimensions

표 1은 전동기의 재원을 나타내고 있으며 전동기의 가공성과 제작을 고려하여 최종치수를 결정하였다. 초기전동기의 길이는 105[mm]로 하였고, 기준속도는 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우의 두 가지 조건에서의 기준전류와 요구 토크를 고려하여 설계 되었다. 전동기의 극당 권선수는 12[turn]이 되겠으며 전동기의 공극은 가공성을 고려하여 0.2[mm]로 설계하였다.

표 1은 전동기의 재원을 나타내고 있으며 전동기의 가공성과 제작을 고려하여 최종치수를 결정하였다. 초기전동기의 길이는 105[mm]로 하였고, 기준속도는 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우의 두 가지 조건에서의 기준전류와 요구 토크를 고려하여 설계 되었다. 전동기의 극당 권선수는 12[turn]이 되겠으며 전동기의 공극은 가공성을 고려하여 0.2[mm]로 설계하였다.

표 1. 전동기의 재원  
Table 1. Specifications of the prototype SRM

정격전압	12[V]	출력	320[W]
기준전류	36[A]/800rpm 72[A]/400rpm	요구 토크	3.8[Nm]/800rpm 7.2[Nm]/400rpm
기준속도	400[rpm] 800[rpm]	극당 권선수	12[turn]
전동기길이	105[mm]	공극	0.2[mm]

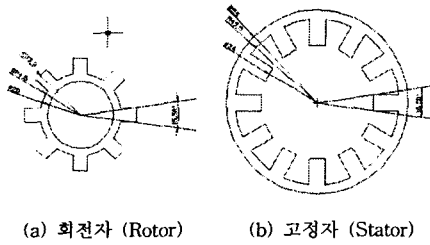


그림 2. 재설계된 전동기  
Fig. 2. Redesigned SRM

재설계된 전동기에서의 요구 성능은 초기전동기와 같고, 재설계된 전동기의 길이는 5[mm], 외경은 29[mm] 늘어났으며, 나머지 극당 권선수 및 공극은 초기 전동기와 동일하게 설계되었다.

### 2.3 시뮬레이션 비교

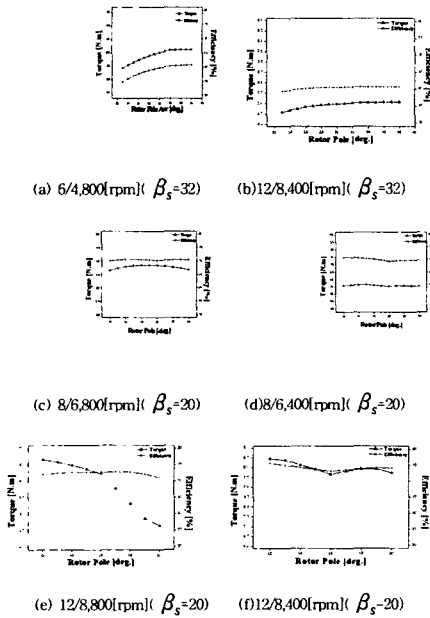
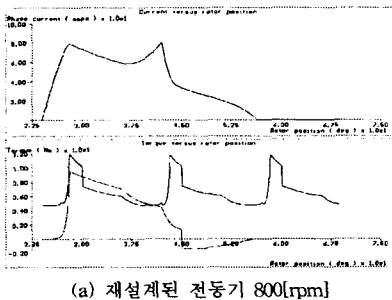
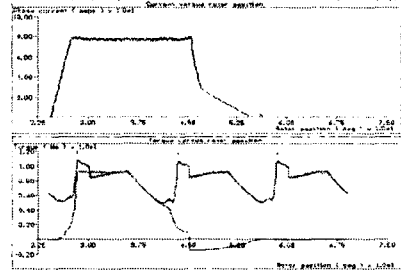


그림 3. 재설계된 전동기의 시뮬레이션 결과  
Fig. 3. Analyzed performance at redesigned SRM

그림 3은 허용 치수에 구애받지 않고 설계하기 전 전동기의 극수 선정을 위해 시뮬레이션한 결과이다. 재설계된 전동기에서도 이전 전동기와 같이 12/8 전동기가 선택되어 졌다.



(a) 재설계된 전동기 800[rpm]



(b) 재설계된 전동기 400[rpm]

그림 4. 전류(상) 및 토오크(하)의 파형 비교  
Fig. 4. Ripple comparison of Current (upper) and Torque(lower)

표 2. 재설계된 전동기의 성능

Table 2. Performances of redesigned SRM

구분 [rpm]	토크[N·m]		효율 [%]	전류[A]			전류 밀도
	요구치	설계치		최대	최소	평균	
400	7.2	7.786	53.4	107.4	33.77	56.46	14.29
800	3.8	4.302	72.7	79.45	23.77	37.0	9.368

표3은 기존의 전동기와 재설계된 전동기의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 두 개의 전동기가 기준전류와 요구 토오크를 만족하나 400[rpm], 800[rpm]에서 재설계된 전동기의 효율이 약20% 높은 것을 볼수 있다.

표 3. 전동기의 성능비교

Table 3. Performances comparison of SRM

	요구치	1차 전동기	2차 전동기
Torque[N.m]	400[rpm]	7.2	7.67
	800[rpm]	3.8	3.42
Eff[%]	400[rpm]	-	31.95
	800[rpm]	-	51.98

### 2.4 실험 비교

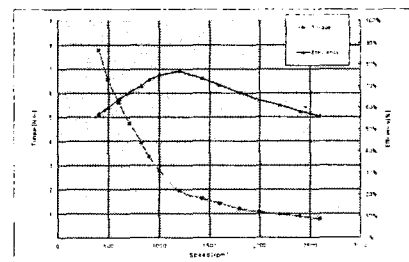


그림 5. 재설계된 전동기의 속도-토크 효율 특성  
Fig. 5. Speed torque-efficiency characteristics of redesigned SRM

그림 5 는 재설계된 전동기의 속도-토크-효율 특성 곡선이다.

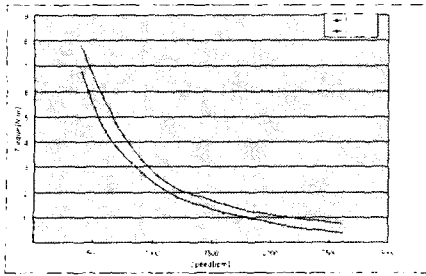


그림 6. 전동기 속도-토크 곡선의 비교  
Fig 6. Speed-torque comparison of SRMs

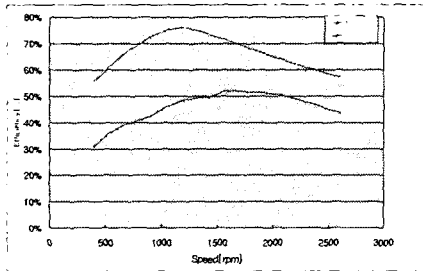


그림 7. 전동기 속도-효율 곡선  
Fig 7. Speed-efficiency comparison of SRMs

그림 6 은 기존전동기와 재설계된 전동기의 속도-토크 곡선을 비교한 것이다. 표 1에서 제시되었던 요구 토크에 만족하는걸 볼 수 있고, 기존의 전동기에 비해서도 토크가 높아진 것을 볼 수 있다.

그림 7 은 기존전동기와 재설계된 전동기의 속도-효율 곡선을 비교한 것이다. EPS의 실제 동작구간인 400[rpm]에서 800[rpm] 사이의 구간에서 효율이 20%이상 높아진 것을 볼 수 있다.



그림 8. 전체 EPS 시스템  
Fig. 8 EPS system

### 3. 결 론

SRM은 최근 반도체 소자의 발전과 메카트로닉스 기술이 발전함에 따라 선진국을 중심으로 산업전반에 걸쳐 그 응용영역을 확대해 가고 있는 전동기이다. 본 연구는 EPS용 SRM을 기존의 시스템의 영향을 주지 않고 SRM으로의 대체를 위해서 제한된 실제 치수 이내에서 전동기를 설계·제작하였던

것을 효율 상승을 목적으로 재설계 하였다. 또한, 시뮬레이션으로부터 재설계된 전동기가 기존의 전동기에 비해 효율이 20%정도 높아진 것을 알 수 있었다. 또한, 실제 실험을 통해서도 그 타당성을 검증하였다. 그러나 전동기의 치수가 커진 만큼 늘어난 전동기 무게는 실제 적용에 제약조건이 되었다.

이후 양질의 재질을 사용한 전동기 제작 및 고성능 제어기를 사용한 제어실험을 통해 EPS용으로 제작된 SRM의 활용도를 입증할것이다.

이 연구는 BB21 Project 지원에 의하여 수행되었음.

### [참 고 문 헌]

- [1] Badawy, Jeff Zuraski, Farhad Bolourchi and Ashok Chandy, "Modeling and Analysis of an Electric Power Steering System" Steering and Suspension Technology Symposium, 1999
- [2] Aly A. Badawy, Farhad Bolourchi, Steven K. Gaut, "E Steer TM Redefines Steering Technology ", Automotive Engineering, Automotive Systems Review of Technical Achievements, pp. 15-18, SAE International Magazine, September, 1997.
- [3] 안진우, 스위치드 릴럭턴스 전동기, 오성미디어, 2001.
- [4] 김봉철, 문재원, 박한웅, 안진우, "Drive Characteristics of SRM for EPS" 전력전자학회 추계학술대회, pp. 190-192, 2003.