

EPS용 SRM의 운전특성

김봉철, 문재원, 박한웅*, 안진우
 경성대학교, *해양대학교

Drive Characteristics of SRM for EPS

Bong-Chul Kim, Jea-Won Moon, Han-Woong Park*, and Jin-Woo Ahn
 Kyungsung Univ., *Korea Maritime 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. 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 좀더 환경 친화적이고, 경제적인 측면에서도 유리한 전동기를 이용하여 동력을 얻는 EPS가 경차 및 소형차를 중심으로 적용이 확산되어져 가는 추세에 있다.

이에 본 연구에서는 기존에 설계 되었던 EPS용 SRM 전동기를 기존의 허용치수에 구애받지 않고, 요구되는 토크와 속도를 감안하여 효율 향상 설계하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 특성을 해석하고 EPS 시스템의 SRM의 적용 및 효율성을 확인하고자 한다.

2. SRM의 EPS 시스템 적용

2.1 EPS 시스템의 특징

자동차가 점차 고급화됨에 따라 저압타이어의 이용, 대형차량의 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 환경친화적이고 기존 유압식 파워스티어링에 비하여 중량, 패키지, 엔진 부담도 등의 측면에서 유리한 EPS가 확산되고 있다.

그림 1에서 보듯이 기존의 일반적인 유압식 EPS 시스템이 전동기의 동력만을 이용한 EPS으로 전환될 경우 점선으로 표시된 부분인 오일펌프 및 벨트 유압 파이프 등이 기어박스로 표시된 부분에 포함되는 장점이 있다.

2.2 EPS용 SRM의 설계 및 제작

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]

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

표 1은 전동기의 재원을 나타내고 있으며 전동기의 가공성과 제작을 고려하여 최종치수를 결정하였다. 초기전동기의 길이는 105[mm]로 하였고, 기준

속도는 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.

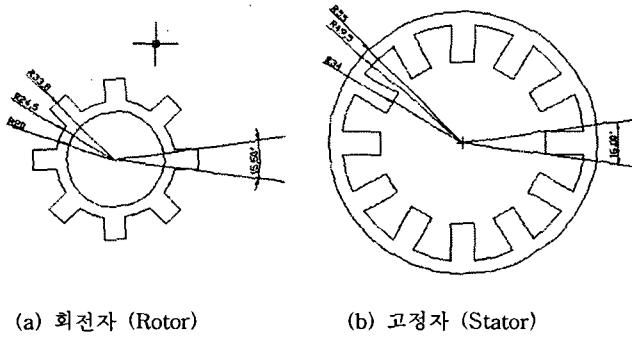


그림 1. 재설계된 전동기
Fig. 1 Redesigned SRM

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

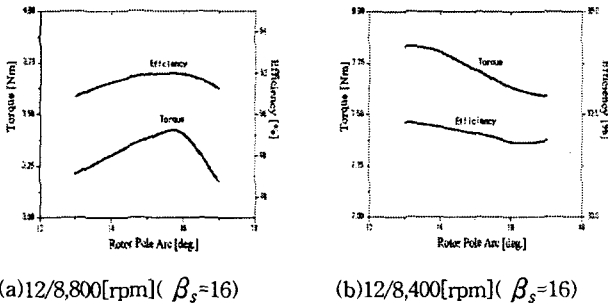


그림 2. 기존 전동기에서의 시뮬레이션 결과
Fig 2. Analyzed performance at the prototype SRM

그림 2는 초기 전동기에서 극수 선정을 통해 선택되어진 12/8 전동기의 시뮬레이션 결과이다.

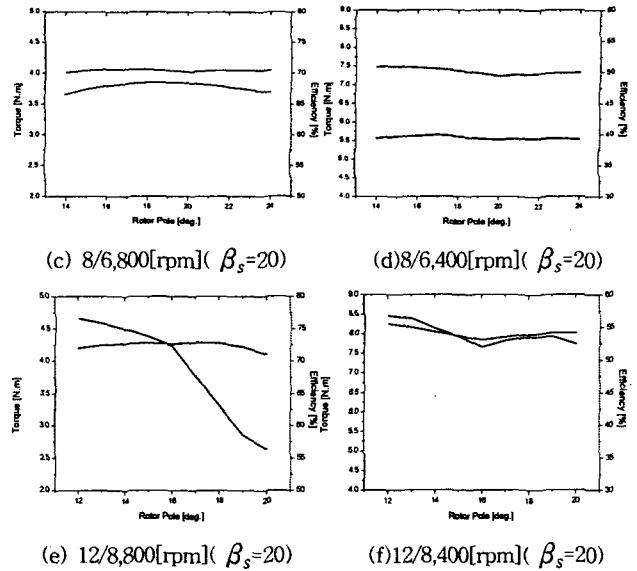
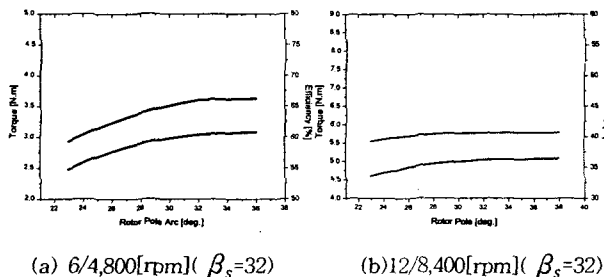
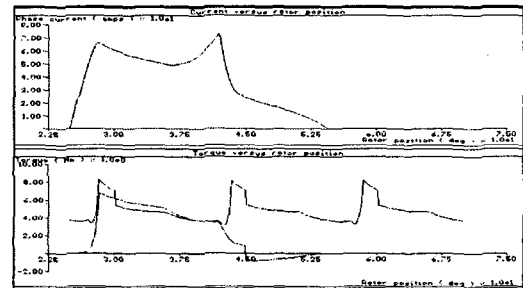
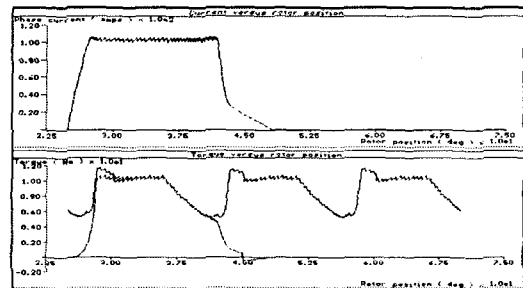


그림 3. 재설계된 전동기의 시뮬레이션 결과
Fig 3. Analyzed performance at redesigned SRM

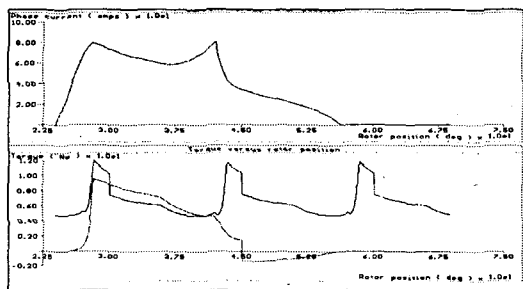
그림 3은 허용 치수에 구애받지 않고 설계하기 전 전동기의 극수 선정을 위해 시뮬레이션한 결과이다. 재설계된 전동기에서도 이전 전동기와 같이 12/8 전동기가 선택되어 졌다.



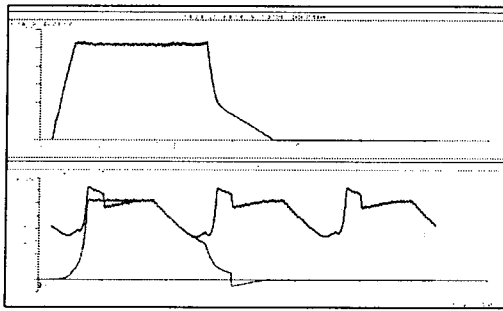
(a) 기존 전동기 800[rpm]



(b) 기존 전동기 400[rpm]



(c) 재설계된 전동기 800[rpm]



(d) 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. 초기 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	7.67	31.95	106	35.2	52.3	14.29
800	3.8	3.42	51.98	64.82	24.30	34.14	9.368

표 3. 재설계된 전동기의 성능
Table 3. 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

표2은 기존에 설계되었던 전동기의 성능을 나타내고, 표3는 재설계된 전동기의 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 두 개의 전동기가 기준전류와 요구 토오크를 만족하나 400[rpm], 800[rpm]에서 재설계된 전동기의 효율이 높은 것을 볼수 있다.

본 연구에서는 전동기의 크기와 회전자 요오크 두께, 그리고 회전자와 고정자의 극호각을 요구되는 출력 토오크와 속도를 고려하여 설계하였다. 이러한 설계는 그림 4,5에서 보여주며 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우에 전동기의 회전자 극호각에 따른 출력을 해석 비교하였다.

그림 4,5의 (a),(b)를 비교해 보면, 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우 모두 재설계된 전동기가 기존 전동기에 비해 효율이 20%정도 향상된 것을 알 수 있다. 또한, 토크 리플에서도 기존전동기에 비해 재설계된 전동기가 적음을 알 수 있다.

4. 결 론

SRM은 최근 반도체 소자의 발전과 메카트로닉스 기술이 발전함에 따라 선진국을 중심으로 산업 전반에 걸쳐 그 응용영역을 확대해 가고 있는 전동기이다. 본 연구는 EPS용 SRM을 기존의 시스템의 영향을 주지 않고 SRM으로의 대체를 위해서 제한된 설계 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, 토오크의 해석에서도 그 타당성을 검증하였다.

이후 자계해석 프로그램을 사용하여 시뮬레이션으로부터 기존 전동기와의 자속 포화상태를 비교하고, 고성능제어기를 사용한 실험을 통해 EPS용으로 제작된 SRM의 활용도를 입증할것이다. 실험에 사용될 제어기는 SRM의 고성능 제어를 위하여 전동기 제어 전용으로 설계된 TI사의 TMS320F241을 사용한 제어시스템을 구성 할 것이다.

이 연구는 BB21 Project 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] Aly 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 Boloruchi, 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] 김창섭, 오석규, 안진우, 황영문, "The Design and the Characteristics of SRM Drive for Low Speed Vehicle" Annual Proc. of KIEE, pp. 871-873, 2001.