

EPS용 SRM의 고효율 저토크리플 구동방식

황형진, 문재원*, 김종경**, 안진우
경성대, *재우기술, **부경대

A Drive Method of SRM for EPS with High Efficiency & Low Torque Ripple

H.J. Hwang, J.W. Moon*, J.K. Kim**, and J.W. Ahn
Kyungsoong Univ., *Jaewoo Tech., **Pukyung National Univ.

ABSTRACT

This paper presents a design and characteristics analysis of a SRM drive for EPS(Electrically Power Steering) application. A conventional driving room space and mechanical structure are suggested in design stage. In the restricted 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, designed motor is simulated to meet the requirement of specifications. Effectiveness of the suggested SRM drive for EPS application is verified by the manufactured prototype motor drive tests.

1. 서 론

파워스티어링(Power steering)은 운전자의 핸들 조작력을 경감시켜주는 역할을 수행해 오고 있으며 유압을 이용한 적용이 대부분이다. 그러나 최근에 기존의 엔진 동력을 이용한 유압식보다 좀더 환경친화적이고, 경제적인 측면에서도 유리한 전동기를 이용하여 동력을 얻는 EPS가 경차 및 소형차를 중심으로 적용이 확산되어져 가는 추세에 있다.

이에 본 연구에서는 기존에 설계되었던 EPS용 SRM 전동기를 기존의 허용치수에 구애받지 않고, 요구되는 토크와 속도를 감안하여 효율이 향상된 설계를 한다. 또한, 시뮬레이션을 통해 특성을 해석하고 EPS 시스템에 SRM의 적용 및 효율성을 확인하고자 한다.

2. SRM의 EPS시스템의 적용

2.1 EPS시스템의 특징

자동차가 점차 고급화됨에 따라 저압타이어의 이용, 대형차량의 자동화 등으로 전륜의 접지저항이 증대하여 조향핸들의 조작력도 커져야 할 필요성이 대두되고 있다. 이로 인하여 조향장치의 개량이 요구되지만 기계식 조향장치는 한계가 있기 때문에 조향장치에 동력원을 설치한 파워스티어링 시스템이 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.

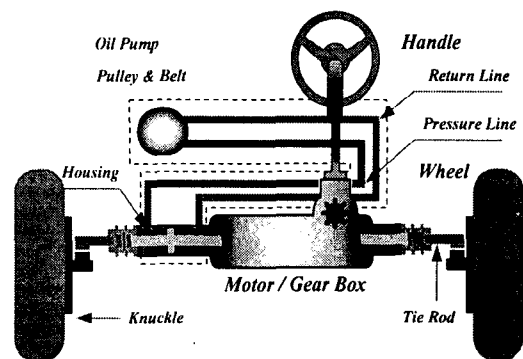
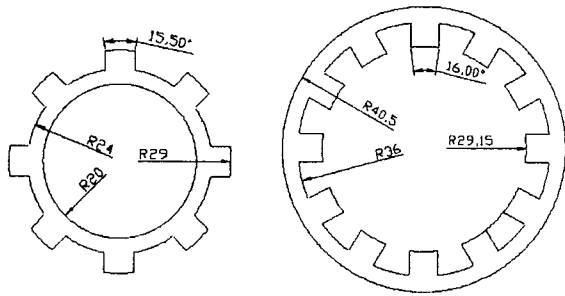


그림 1. 파워스티어링 시스템
Fig 1. Power Steering System

그림 1과 같이 기존의 일반적인 유압식 파워스티어링 시스템이 전동기의 동력만을 이용한 EPS로 전환될 경우 점선으로 표시된 부분인 오일펌프 및 벨트 유압 파이프 등이 기어박스로 표시된 부분에 포함되는 장점이 있다.

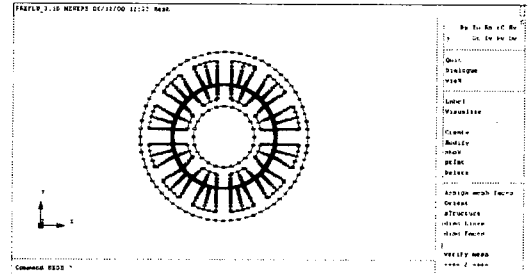
2.2 설계 및 제작



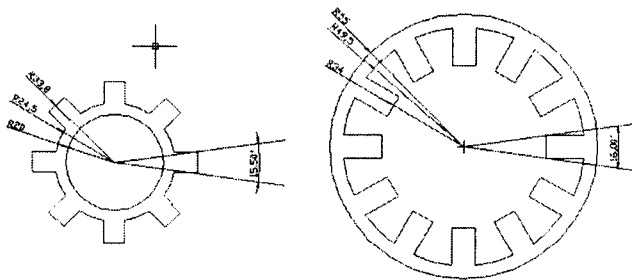
(a) 회전자 (Rotor) (b) 고정자 (Stator)
그림 2. 기존에 설계된 전동기
Fig 2. Designed prototype SRM

2.3 시뮬레이션의 비교

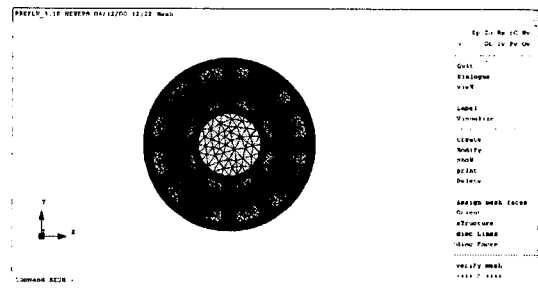
본 연구에서는 전동기의 크기와 회전자 요오크 두께, 그리고 회전자와 고정자의 극호각을 요구되는 출력 토크와 속도를 고려하여 설계하였다.



(a) 재 설계된 전동기의 FEM 해석을 위한 mesh point 지정



(a) 회전자 (Rotor) (b) 고정자 (Stator)
그림 3. 재 설계된 전동기
Fig. 3 Redesigned SRM



(b) 재 설계된 전동기의 FEM 해석을 위한 mesh

재 설계된 전동기에서의 요구 성능은 초기전동기와 같고, 재 설계된 전동기는 길이 5[mm], 외경 29[mm]가 늘어났으며, 나머지 극당 권선수 및 공극은 초기 전동기와 동일하게 각각 12[turn]과 0.2[mm]로 설계되었다.

표 2. 초기 전동기의 성능

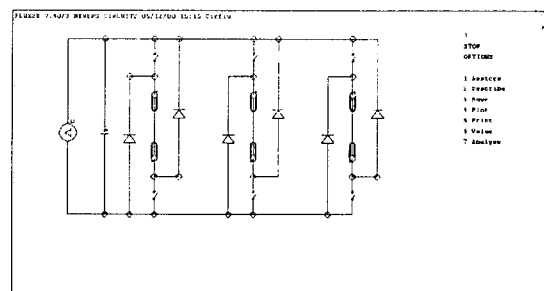
Table 2. Performances of the designed prototype SRM

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 the 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



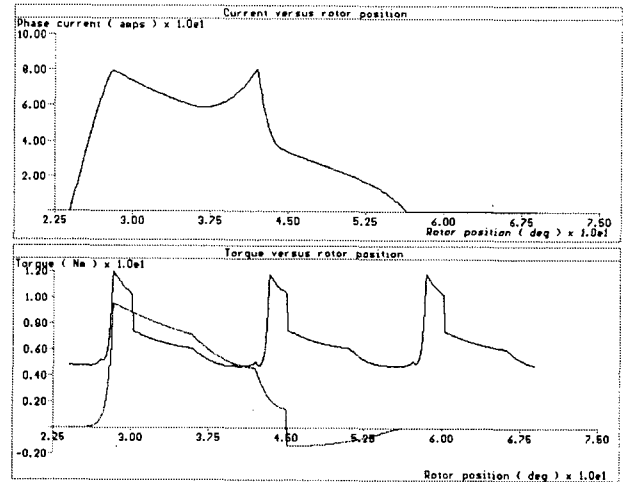
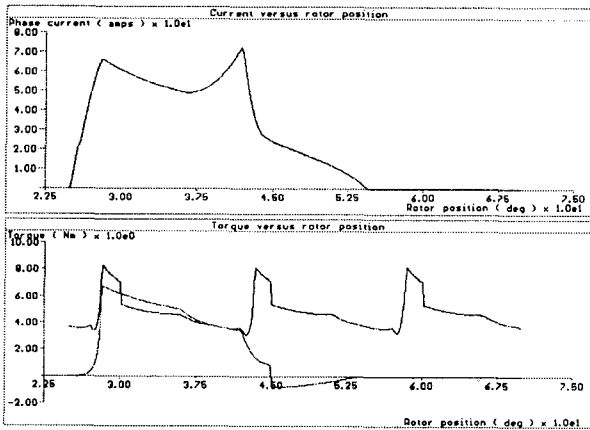
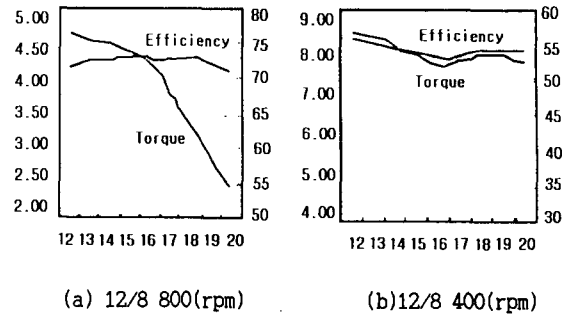
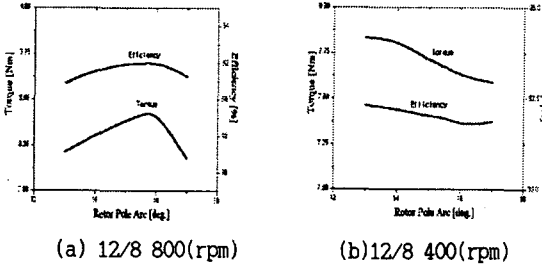
(c) 3상 SRM용 비대칭 브릿지 컨버터

그림 4. 재 설계된 전동기의 FEM 해석과정

Fig 4. The FEM Processing of redesigned SRM

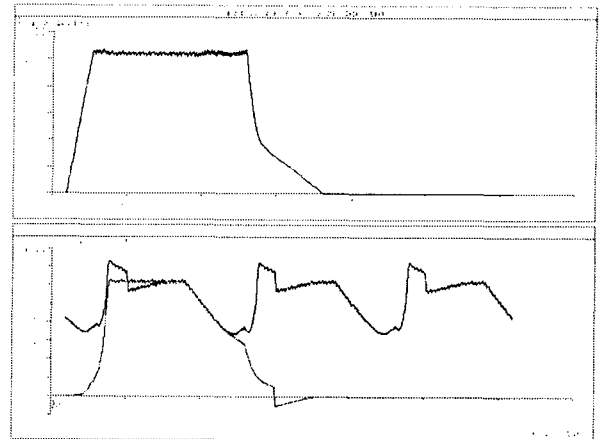
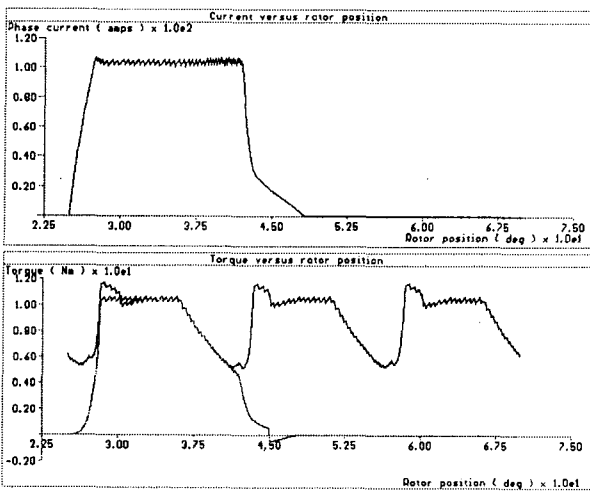
그림 4 (a)와 (b)는 Flux-2D 프로그램을 사용하여 12/8 SRM의 해석을 위해 mesh를 나눈 모양을 보여주고 있으며, 그림 4 (c)는 SRM구동에 있어 가장 많이 사용되는 비대칭 브릿지 컨버터 전력구성을 나타내고 있다. 이 인버터는 상당 두 개의 스위치와 다이오드를 가지며, SRM구동용 컨버터 중에서 제어의 다양성이 가장 뛰어나며 각 상의 전류제어가 독립적이어서 두 상의 전류중첩이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 또한 고전압, 대용량에 적합하며 스위치의 정격전압이 상대적으로 낮다.

단점으로는 상당 스위치 수가 두 개라는 점과 그에 따르는 제어 및 드라이버 회로의 증가, 위쪽 (upper level) 스위치의 드라이브가 각각 절연되어야 하는 등의 번거로움이 있다.



(c) 800[rpm] 전류 및 토크 파형

(c) 800[rpm] 전류 및 토크 파형



(d) 400[rpm] 전류 및 토크 파형

(d) 400[rpm] 전류 및 토크 파형

그림 5. 기존 전동기에서의 시뮬레이션 결과
Fig 5. Analyzed performance at the prototype SRM

그림 6. 재 설계 전동기에서의 시뮬레이션 결과
Fig 6. Analyzed performance at redesigned SRM

본 연구에서는 전동기의 크기와 회전자 요오크 두께, 그리고 회전자와 고정자의 극호각을 요구되는 출력 토크와 속도를 고려하여 설계하였다.

이러한 설계는 그림 5와 그림 6에서 보여주고 있으며, 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우에 전동기의 회전자 극호각에 따른 출력을 해석 비교하였다.

그리고, 그림 5 (a), (b)와 그림 6 (a), (b)를 비교해 보면, 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우 모두 재 설계된 전동기가 기존 전동기에 비해 효율이 20%정도 향상된 것을 알 수 있다. 또한, 토크 리플에서도 기존전동기에 비해 재 설계된 전동기가 적음을 알 수 있다.

결 론

SRM은 최근 반도체 소자의 발전과 메카트로닉스 기술의 발전으로 선진국을 중심으로 산업전반에 걸쳐 그 응용영역을 확대해 가고 있는 전동기이다. 본 연구는 EPS용 SRM을 기존의 시스템에 영향을 주지 않는 EPS용 SRM의 대체를 위해서이며, 설계 제약 조건으로 인해 발생하는 낮은 효율을 향상하기 위해 재 설계하였다. 시뮬레이션으로부터 재 설계된 전동기가 기존의 전동기에 비해 효율이 약 20%정도 향상되는 결과를 얻었다.

이 연구는 과학재단 목적기초연구 (No. R01-2001-00300-0) 지원에 의해 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™ Redefines Steering Technology ", Automotive Engineering, Automotive Systems Review of Technical Achievements, pp. 15-18, SAE International Magazine, September, 1997.
- [3] Jin-Woo Ahn, Switched Reluctance Motor, O-Sung Media, 2001.
- [4] C. S. Kim, S. G. Oh, J. W. Ahn and Y. M. Hwang, "The Design and the Characteristics of SRM Drive for Low Speed Vehicle" Annual Proc. of KIEE, pp. 871-873, 2001.
- [5] 손익진 외2 "EPS용 SRM의 설계 및 특성 해석", 대한전기학회, 한국전기전자재료학회 부산지부 춘계합동학술대회, 68-72, 2002.5
- [6] 손익진 외2 "EPS 구동용 SR Drive의 설계", 전력전자학술대회 논문집, 7-10, 2002. 7
- [7] 손익진 외2 "EPS용 릴럭턴스 전동기 및 제어기의 설계", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 864-866, 2002.7
- [8] 손익진 외3 "EPS용 릴럭턴스 전동기의 구동특성", 대한전기학회 EMECS학회 추계학술대회 논문집, 88-90, 2002. 11
- [9] 손익진 외2 "EPS용 SR Drive의 구동특성", 대한전기학회 부산,경남,울산지부 합동추계학술대회, 148-151, 2002.11
- [10] 송현수 외2 "EPS용 SRM의 설계 및 특성", 한국조명. 전 기설비학회 부산 경남 지회추계학술발표회 논문집, 9-14, 2003. 2