

# EPS용 SR Drive System

황형진, 원태현\*, 안진우  
경성대, \*동의공대

## SR Drive System for EPS Application

H.J. Hwang, T.H. Won\*, and J.W. Ahn  
Kyungsoong Univ., \*Donggeui Institute of Technology

### ABSTRACT

This paper presents a design and characteristics analysis of a SRM drive for EPS 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 지금까지 대부분의 경우에 엔진의 동력을 이용한 유압을 이용하여 운전자의 핸들 조작력을 경감시켜주는 역할을 수행해 오고 있다. 그러나 최근에 기존의 엔진의 동력을 이용한 유압식보다 좀 더 환경 친화적이고, 경제적인 측면에서도 유리한 전동기를 이용하여 동력을 얻는 EPS가 경차 및 소형차를 중심으로 적용이 확산되어져 가는 추세에 있다<sup>[1,2]</sup>.

전동식은 기존의 일반 조향장치에서 발생되었던 저속주행 및 주차시의 조향력 증가문제는 해결하였으나 고속주행 중 노면과의 접지력 저하에 따른 조향휠의 답력이 가벼워지는 문제는 해결할 수 없었다. 이와 같은 고속주행 중 노면과의 접지력 저하로 인해 발생하는 조향휠의 조향력 감소문제를 해결하고자 EPS(Electrically Control Power Steering)가 개발되었다

최근 기존의 유압식 보다 환경친화적이고 경제적으로 유리한, 전동기를 이용한 EPS가 확산되어 가는 추세이다. 이에 본 연구에서는 EPS용 SRM 전동기를 기존의 허용치수 이내에서 요구되는 토크와 속도를 감안하여 설계하고, 실험을 통해 특성을 해석하고 EPS 시스템의 SRM의 적용 및 효율성을 확인하고자 한다.

### 2. EPS시스템의 설계

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

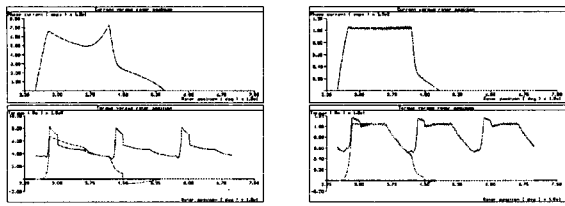
표 1. 전동기의 재원

Table 1. Specifications of the prototype SRM

| 정격전압  | 12[V]                        | 출력     | 320[W]                           |
|-------|------------------------------|--------|----------------------------------|
| 기준전류  | 36[A]/800rpm<br>72[A]/400rpm | 요구 토크  | 3.6[Nm]/800rpm<br>7.2[Nm]/400rpm |
| 기준속도  | 400[rpm]<br>800[rpm]         | 극당 권선수 | 12[turn]                         |
| 전동기길이 | 105[mm]                      | 공극     | 0.2[mm]                          |

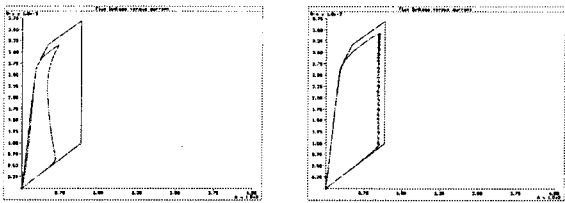
표 1은 선정된 전동기의 재원을 나타내고 있으며 전동기의 가공성과 제작을 고려하여 최종치수를 결정하였다. 전동기의 길이는 105[mm]로 하였고, 기준속도는 400[rpm]인 경우와 800[rpm]인 경우의 두 가지 조건에서의 기준전류와 요구 토크를 고려하여 설계하였다. 전동기의 극당 권선수는 12[turn]이며 전동기의 공극은 0.2[mm]로 설계하였다.

또한 출력 및 코깅 토크 등을 고려하여 12/8극 SRM을 선정하여 치수를 설계하였고, 설계결과는 그림 1과 그림 2에서 보여진다.



(a) 800 rpm (b) 400 rpm

그림 1. 전류 및 토크 파형  
Fig 1. Current and torque



(a) 800 rpm (b) 400 rpm

그림 2. 전류-자속 곡선  
Fig 2. Current - flux linkage

그림 1의 전류 및 토크파형은 제어를 고려하지 않은 경우로 실제 구동시스템의 경우 제어를 통해 토크리플을 최소화 되도록 제어알고리즘을 구현해야한다. 그림 2의 전류-자속 곡선은 자속의 포화도를 나타낸다.

### 3. EPS용 SRM 실험시스템의 구성

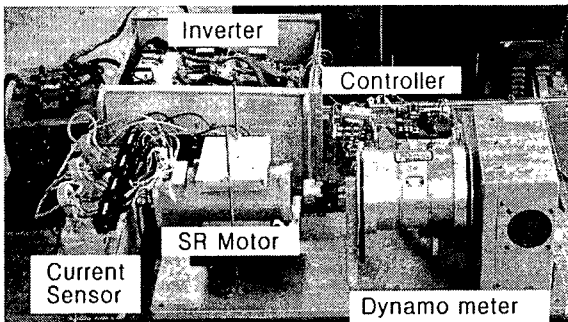


그림 3. 전체 EPS 시스템  
Fig 3. EPS system

그림 3은 실험에 사용된 전체 EPS시스템을 보여준다. 이 시스템은 크게 전동기부, 인버터부, 제어부의 3가지 부분으로 나뉘며 전동기의 출력의 측정을 위해서 MAGTROL 社의 HD-715-7 다이내모메타를 사용하여 SRM의 토크와 출력 및 속도를 측정하였다.

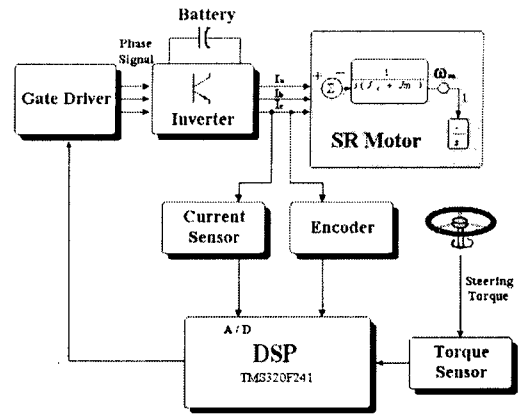


그림 4. 전체 시스템 블록도

Fig. 4 Block diagram of the EPS drive system

그림 4는 실험 이후 차량에 장치될 시스템의 전체 블록도를 보여주고 있다. 스티어링 휠을 조작하여 축에 회전방향의 변화가 생기면 토크 센서를 통해 DSP 제어기로부터 전동기의 회전방향과 같게 토크와 속도명령을 인버터에 보낸다. 각상의 전류는 전류검출기를 통해서 전류를 제어하고 전동기의 속도 및 위치 정보의 처리는 엔코더에 의해서 제어기에 입력된다.

제어기는 SRM의 고성능 제어를 위하여 전동기 제어 전용으로 설계된 TI사의 TMS320F241을 사용한 제어시스템을 구성하였다. 설계된 제어시스템은 SRM의 제어를 위해서 상전류의 검출 및 엔코더 신호의 검출을 프로세서 내에서 처리하도록 설계되어 있어 하드웨어의 구성이 매우 단순하다[4]. 그림 5는 제작된 제어기를 보여주고 있다. 엔코더 신호는 TLP181을 통하여 제어부와 센서부를 절연 처리 하였고, 제어 시스템의 전원은 플라이백 회로로, SMPS를 제어 시스템 내에 원보드 장착 하였다. 과전류 보호를 위해 과전류를 저항으로 검출하여 차동증폭기를 통하여 인버터 신호를 차단하는 알고리즘을 적용하였다.

본 연구에서는 64핀의 PLCC 타입의 TMS320F241을 프로세서로 사용하는 제어시스템을 직접 설계하여 EPS용 12/8 SRM의 속도제어에 적용하였다.

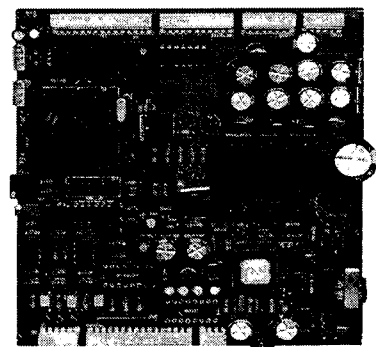


그림 5. 제작된 제어기

Fig 5. Complete controller for SRM

속도제어는 PI 제어기로 구성되어 PWM 방식의 전압 제어 기법을 사용하였다. 그림 6에서 보는 바와 같이 SRM의 상전류가 10비트의 AD 컨버터를 통하여 입력되고, 센서의 신호는 16 비트의 CAP3 핀으로 입력되어 펄스와 펄스사이의 간격을 속도정보로 이용하였다.

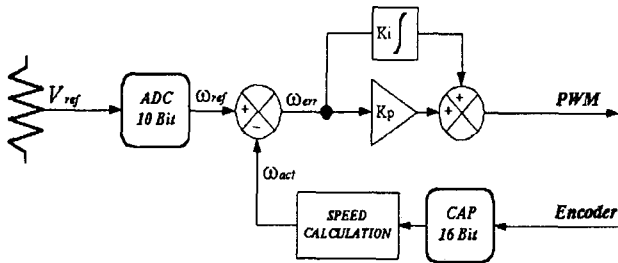
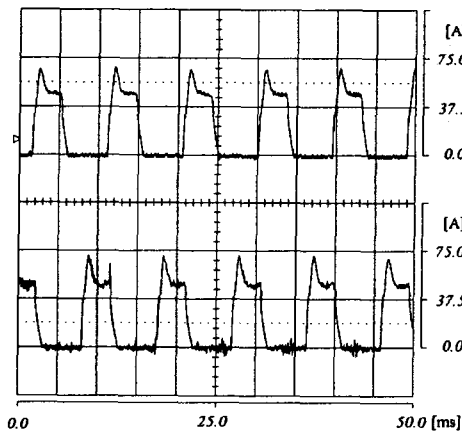
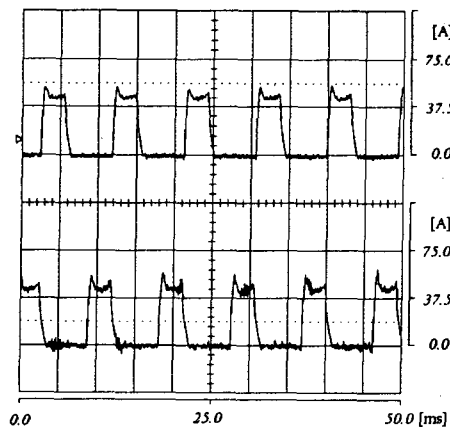


그림 6. 속도제어기의 구성  
Fig 6. Speed controller

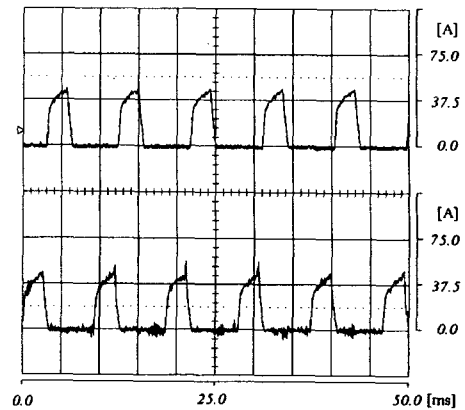
#### 4. 실험결과 및 고찰



(a) Turn-on angle = 24.8°



(b) Turn-on angle = 27.27°



(c) Turn-on angle = 29.38

그림 7. 턴온각에 따른 전류파형

Fig 7. Currents according to turn-on angle

그림 7은 서로 다른 턴온각에 대한 상전류의 파형을 보여준다. 그림에서 턴 오프각은 42°로 고정하였고 턴 온각은 그림 7 (a)는 24.8°, 그림 7 (b)는 27.27°, 그리고 그림 7 (c)를 29.38°로 가변 시 800[rpm]에서의 온각에 따른 전류파형을 보여준다.

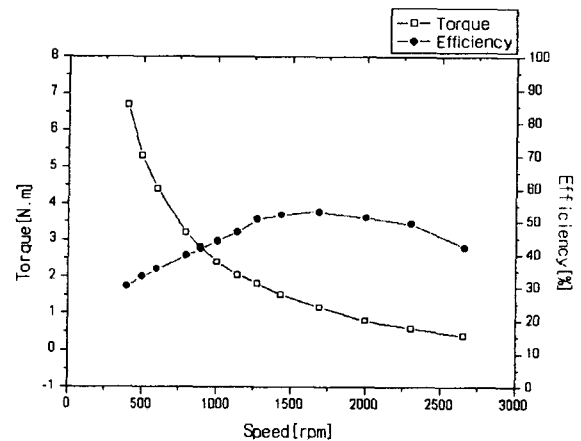


그림 8. 시작기의 속도-토크-효율 특성 곡선

Fig 8. Speed-torque-efficiency characteristics of the prototype motor

그림 8은 제작된 EPS용 SRM 전동기의 제작된 전동기는 속도-토크 특성 곡선을 보여준다. 그래프로부터 EPS 시스템의 요구 성능을 만족함을 알 수 있었다.

#### 5. 결 론

본 연구는 기존의 시스템의 영향을 주지 않고 EPS용 SRM의 대체를 위해서 제한된 설계 치수 이내에서 전동기를 설계·제작하였다. 또한 실험을 통해 그 타당성을 검증하였다.

그러나 설계 치수의 제약과 랙마운트 시스템의 특징으로 인해 전동기 중공축의 공간 확보가 어려워 전동기 전체에 걸쳐 자속의 포화가 심하다. 특히 회전자 및 고정자 요오크와 자극이 만나는 곳에서의 포화로 인하여 전체의 자속밀도가 억제되고 있으며, 이곳에서의 자속밀도가 높아 더 이상의 자속 증가가 이루어지지 않으므로 허용치수내에서는 운전효율을 높이는 것이 쉽지 않았다. 이에 대한 대책으로 투자율이 우수한 철심을 사용하여 자속밀도의 증가를 피하여야 할 것이다.

실험에 사용된 제어기는 SRM의 고성능 제어를 위하여 전동기 제어 전용으로 설계된 TI사의 TMS320F241을 사용한 제어시스템을 구성하였다. 설계된 제어기는 EPS용으로 제작된 SRM에 적용되어 성능검증 및 활용도를 입증하였다.

이 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동 연구소 주관으로 수행된 과제임.

## 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] Jin-Woo Ahn, Switched Reluctance Motor, O-Sung Media, 2001.
- [4] Texas Instruments "TMS320F243/F241/C242 DSP Controllers Reference Guide - System and Peripherals", January, 2000.
- [5] 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.pp. 481-482, 1988, April.
- [6] 손익진 외2 "EPS용 SRM의 설계 및 특성 해석", 대한전기학회, 한국전기전자재료학회 부산지부 춘계합동학술대회, 68-72, 2002.5