

# Pallet Truck용 6/4 SRM

송현수, 안영주\*, 안진우  
경성대, \*부경대

## 6/4 SRM for Pallet Truck Application

H.S. Song, Y.J. An\*, and J.W. Ahn  
Kyungsoong Univ., Pukyong Nat'l Univ.

### ABSTRACT

The environmental problem and the drain of petroleum fuel resources has been became the center of public interest. So the electric drive attracts public attention. The vehicles for indoor works should not pollute air. Therefore it is also useful that applying electric drive to such an appliance.

An 1.2[kw] SRM for a pallet truck drive is developed and tested. The drive system has to operate with low voltage and high current. The small size, robustness, high efficiency make it possible to replace with DC motor.

Test results show that pallet truck with SRM has better characteristics than that of the DC motor performance.

### 1. 서 론

대기환경 문제와 더불어 석유자원 고갈로 인해, 최근 전기에너지를 이용한 수송수단이 주목을 받고 있다. 특히 배출가스를 발생시켜서는 안되는 실내작업용 기기에서는 전동기를 이용한 응용이 많이 이루어지고 있다.

과중한 물건을 이동하기 위한 지게차에 있어서, 전동기를 이용한 전기지게차는 축전지를 사용하며, 전동기는 저전압으로 구동되고 부하의 변동에 대응하는 직류직권 전동기의 특성을 나타내는 전동기를 사용하고 있다<sup>[1]</sup>. 그러나 직류전동기는 브러시의 마모로 인한 효율저하, 분진발생 등의 문제가 발생한다.

본 연구에서는 기존 소형 전기지게차에 사용되어지

고 있는 24[V] 직류직권 전동기를 경제적이고 고효율, 견고성, 넓은 범위의 속도제어가 가능한 스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, 이하 SRM)로 교체하기 위해 24[V]의 저전압용 전동기의 설계와 드라이브 시스템을 개발하고 실제 전기 지게차에 적용하기 위한 실험을 행하고 그 적용성 및 효율성을 확인한다.

### 2. 지게차용 SRM 시스템의 개발

소형 지게차용 SRM의 개발에서 유의할 점은, 비교적 낮은 전압에서 다소 높은 전류(약 60[A])로 구동이 되기 때문에 열적인 문제를 고려하여야 한다.

#### 2.1 SRM의 설계

SRM의 설계에서 전동기의 축은 표준 생산 치수를 사용하였고, 전체적인 체적은 기존 직류직권 전동기의 체적을 고려하여, 최대출력이 나올 수 있도록 설계에 적용하였다. 또한 위치검출용 엔코더의 장착을 위해 전동기내에 여유공간을 두었다.

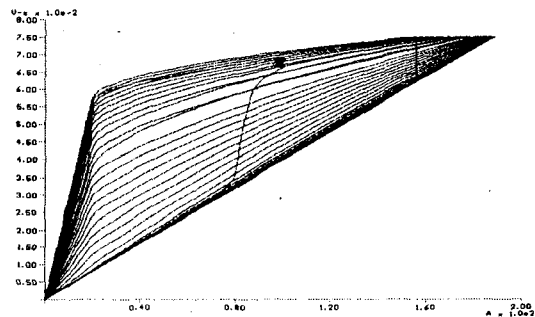


그림 1 설계에 따른 전류-자속 곡선  
Fig. 1 Current flux-linkage curve

그림 1은 설계에 따른 전류-자속 곡선을 나타낸다. SRM의 상 스위치 소자의 정격 및 경제성을 고려하여, 상당 전류의 최대치가 가능한 낮게 되도록 설계하였다<sup>[4]</sup>. 이상의 설계요인을 고려한 설계에 의한 실제 제작된 SRM의 전류에 따른 인덕턴스 프로파일을 그림 2에 나타내었다.

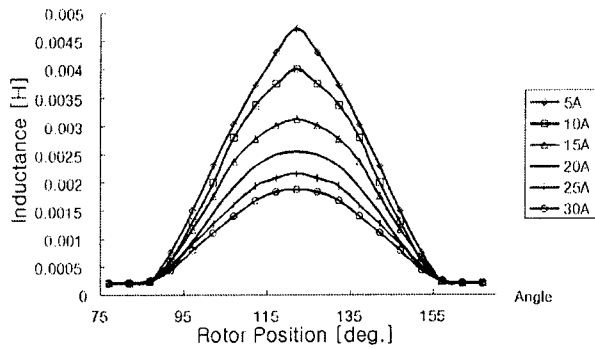


그림 2 전류에 따른 인덕턴스 프로파일  
Fig. 2 Inductance profiles

설계에 의한 SRM과 직류직권 전동기의 제원은 표 1과 같다.

표 1. 전동기의 제원 비교

Table 1 Comparison of DCM and SRM

전동기 종류	직류직권 전동기	SRM
정격 전압	24 [V]	24 [V]
정격 전류	60 [A]	60 [A]
정격 속도	2150 [rpm]	2150 [rpm]
정격 연속시간	1 [Hr]	1 [Hr]
전동기 외경	126 [mm]	130 [mm]
전동기 길이	290 [mm]	230 [mm]

## 2.2 SRM 드라이버 설계

SRM에서 회전자 위치정보는 필수적이다. 엔코더는 전동기의 기동 및 최대부하에서 운전이 가능하도록 설계가 되어야 한다. 본 개발에서는 8극 링형 자석과 3개의 홀센서를 사용하였다.

엔코더의 3개의 홀센서에서 나오는 신호는 90도의 대칭형 주기로 발생하도록 위치시켰으며, 발생된 신호는 도통각 30도, 토오크각 15도의 대칭형 상 스위칭 신호가 나오도록 제어기에서 처리하였다. 이러한 대칭형 상 스위칭 신호로서 효과적인 정방향 및 역방향 운전이 가능하며 정방향 및 역방향 운전이 가능하여 정방

향 및 역방향의 운전에 있어서 같은 출력을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

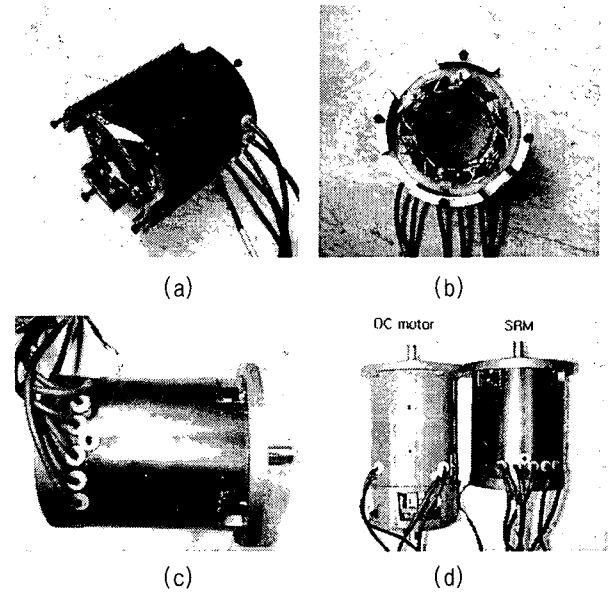


그림 3 SRM 시제품과 동급 직류직권 전동기  
(a),(b) 고정자 (c) 조립된 SRM (d) 직류기와 비교  
Fig. 3 Prototype SRM and DC Series motor  
(a),(b) Stator (c) Completed SRM (d) DCM and SRM

## 2.3 SRM 드라이버 설계

SRM에서 회전자 위치정보는 필수적이다. 엔코더는 전동기의 기동 및 최대부하에서 운전이 가능하도록 설계가 되어야 한다. 본 개발에서는 8극 링형 자석과 3개의 홀센서를 사용하였다.

엔코더의 3개의 홀센서에서 나오는 신호는 90도의 대칭형 주기로 발생하도록 위치시켰으며, 발생된 신호는 도통각 30도, 토오크각 15도의 대칭형 상 스위칭 신호가 나오도록 제어기에서 처리하였다. 이러한 대칭형 상 스위칭 신호로서 효과적인 정방향 및 역방향 운전이 가능하며 정방향 및 역방향의 운전에 있어서 같은 출력을 나타낼 수 있는 장점이 있다.

그림 4는 제작된 엔코더의 신호 출력부와 신호출력을 위한 8극 마그네트를 보이고 있다. 회전자에 의한 자속의 왜곡과 열적인 문제를 해결하기 위하여 마그네트는 회전자와 일정한 거리를 두고 위치하도록 하였다.

그림 5에서는 이상적인 인덕턴스 프로파일에 따른 8극 엔코더에서의 출력신호를 보이고 있다.

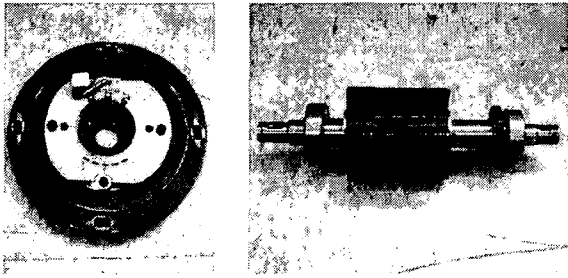


그림 4 엔코더부와 회전자  
Fig. 4 Encoder with Hall sensor and rotor

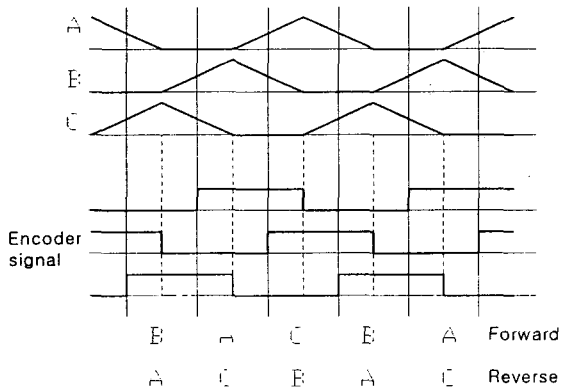


그림 5 인덕턴스 프로파일과 엔코더신호  
Fig. 5 Inductance profile and encoder signal

### 3. 시스템의 적용 및 특성

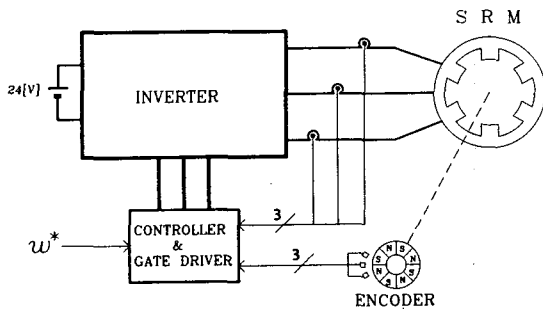


그림 6 구동 시스템의 블록도  
Fig. 6 Block diagram of the drive system

그림 6은 시스템 전체 블록도이다. 엔코더 출력신호를 받아 상 신호로 디코더 되고, 상 신호는 다시 속도 명령치와의 조합에 의하여 최종 출력 신호로 발생되게 된다.

그림 7은 지게차에 실제 장착한 사진이다. 직류직권 전동기에 비해 체적이 작으므로 장착시 더 많은 장착 공간을 확보할 수 있다. 또한 기존 직류직권 전동기에서는 정역회전의 전환을 위해서 대용량의 스위치가 필요하였으나, 본 시스템에서는 그림 7(b)의 조절레버에 의한 신호를 컨트롤러부에 간단히 처리하도록 하여 정회전 및 역회전을 위한 별도의 스위치를 제거할 수 있었다.

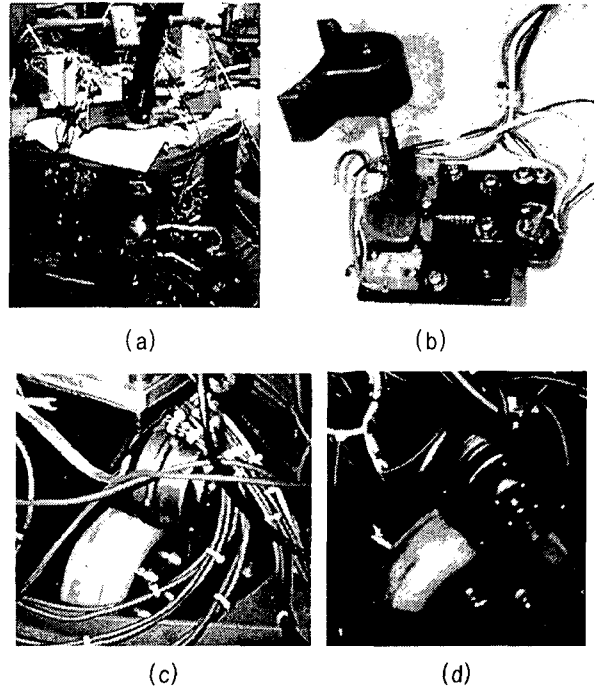


그림 7 장착된 전체 시스템  
(a) 전체 시스템 (b) 속도조절레버  
(c),(d) 회전부 정면도 및 측면도  
Fig. 7 SRM drive system  
(a) Entire system (b) Speed control lever  
(c),(d) Front and side view

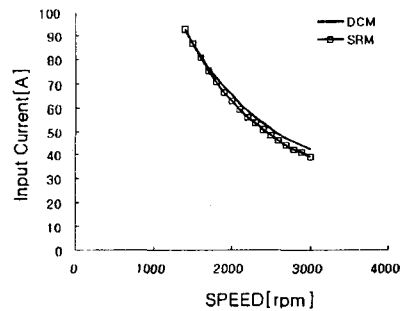


그림 8 입력전류 비교  
Fig. 8 Comparison of input current

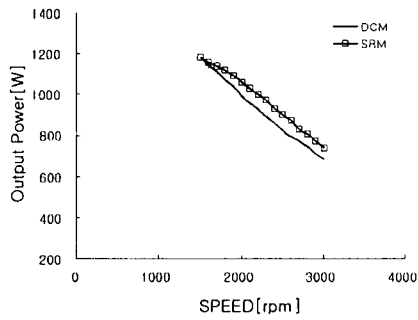


그림 9 출력 특성 비교.  
Fig. 9 Comparison of output characteristic

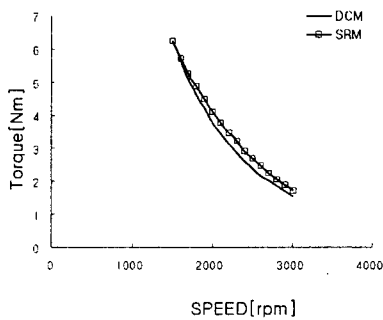


그림 10 토크특성 비교  
Fig. 10 Comparison of torque characteristic

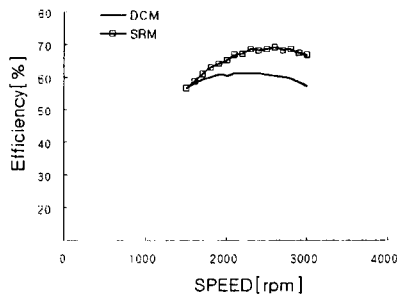


그림 11 효율특성 비교  
Fig. 11 Comparison of efficiency characteristic

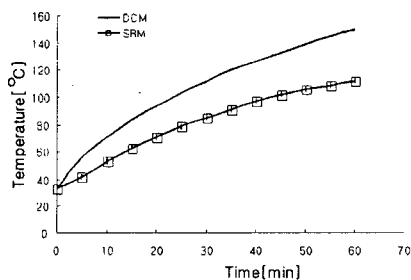


그림 12 온도상승특성 비교  
Fig. 12 Comparison of temperature characteristic

실험결과에서 알 수 있듯이, 기존 직류직권 전동기와 개발된 SRM시스템과의 비교하면, 부하특성 및 직권특성은 기존 직류전동기와 비슷한 결과치를 보인다. 또한 효율 및 온도상승 특성에서는 기존 직류전동기에 비하여 SRM이 더 좋은 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

설계된 SRM은 기존 직류직권 전동기에 비하여 브러시 부분이 없어 전동기의 길이가 짧아지게 되고, 브러시의 마모등에 의한 보수의 필요성이 없어지게 된다. 그리고 기존의 직류직권 전동기와 비교하여 고효율로 운전할 수 있으며, 직류직권 전동기의 직권특성을 그대로 가진다. 특성비교 시험에서와 같이 제작된 전동기는 기존의 직류전동기의 특성을 잘 나타내고 있으며, 온도상승시험과 효율에서 기존의 직류 전동기보다 뛰어난 특성을 가짐을 실험을 통하여 보여주었다.

이 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공 동연구소 주관으로 수행된 과제임.

#### 참 고 문 헌

- [1] Euxibie E and Thenaisie P: "A switched reluctance drive for pallet truck applications", Intelligent Motion, Proceedings, pp. 88-100. June 1990.
- [2] Lawrenson PJ et al: "Variable-speed switched reluctance motors", Proceedings IEE. Vol. 127. Pt. B. pp. 253-265.
- [3] Byrne JV and Lacy JG : "Characteristics of saturable stepper and reluctance motors", IEE. Conf. Publ. No. 136. Small Electrical Machines. pp. 88-100. 1990.
- [4] Byrne. JV et al: "A high-performance variable reluctance motor drive: a new brushless serve." Motorcon proceedings. pp. 147-160. 1985.