

소형 지게차용 SRM 및 구동 시스템의 개발

김창섭, 안진우, 김명규*, 이호길*
 경성대학교, 동진정공(주)*

Development of SRM and Drive System for Small Pallet Truck

Chang-Sub Kim, Jin-Woo Ahn, Myung-Kue Kim*, Ho-Kil Lee*
 Kyungsung University, Dong-Jin Electric & Precision Co., Ltd.*

Abstract - 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, and has to have the characteristics of DC series motor. The small size, ruggedness, 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

산업 현장 전 분야에서 과중한 물건을 이동하기 위한 지게차의 효율성은 대단히 뛰어나다. 그중 배기 가스를 발생하지 않는 전기 지게차의 사용 분야는 점차 확대되고 있다. 전기 지게차는 축전지를 사용하여 운용되며, 전동기는 저전압으로 구동되고 부하의 변동에 속응하는 직류 직권 전동기의 특성을 나타내는 전동 기구를 사용하고 있다[1].

일반적으로 사용되어지고 있는 전기 지게차용 전동 기구로는 소용량, 중용량, 고용량 규모의 직류 직권 전동기를 사용하고 있다. 그러나, 직류 직권 전동기는 회전자에 연결되는 브러시에 의해 사용 연한이 제한되고 브러시 마모시 교체 등의 문제가 발생한다.

본 연구에서는 기존 소형 전기 지게차에 사용되어지고 있는 24V 직류 직권 전동기를 경제적이고 고효율, 견고성, 넓은 범위의 속도제어가 가능한 스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, 이하 SRM이라 함)[1][2]로 교체하기 위해 24V의 저전압용 전동기의 설계와 드라이브 시스템을 개발하고 실제 전기 지게차에 적용하기 위한 실험을 행하고 그 적용성 및 효율성을 확인하였다.

2. 지게차용 소형 SRM의 개발

소형 지게차용 SRM의 개발에서의 유의 사항은 기존에 일반적으로 개발되었던 비교적 높은 전압 및 낮은 전류에서 구동되는 SRM과는 다른 낮은 전압과 비교적 높은 전류에서 구동되는 SRM을 설계 제작하여야 된다 [1].

따라서, 약 60[A]급의 비교적 높은 전류에서 구동되고 이에 따른 열적인 문제를 검토해야 된다.

2.1 SRM 설계

SRM의 설계에서 전동기의 축은 표준 생산 치수를 사용하여 정하였고 전체적인 부피는 기존에 사용되고 있는 직류 직권 전동기의 최대 외경과 전동기가 치부될 공간의 크기를 고려 최대 출력이 나올 수 있도록 설계에 적용하였다. 또한, 전동기의 축은 위치 검출용 엔코더를 장착하기 위하여 여유 공간을 두도록 하였다.

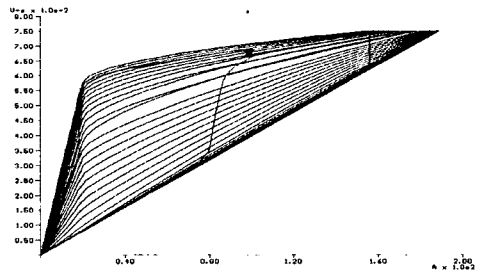


그림 1. 설계에 따른 전류-자속 곡선.

24V의 저 전압용 소용량급의 SRM의 설계에 의한 전류 자속 곡선을 그림 1에서 보이고 있다. SRM의 상 스 위치 소자의 정격 및 경제성을 고려 상당 전류의 최대치가 되도록 낮게 되도록 설계를 하였다[4].

이상의 설계요인을 고려한 설계에 의한 실제 제작된 SRM의 전류에 따른 인덕턴스 프로파일을 그림 2에 보여 주고 있다.

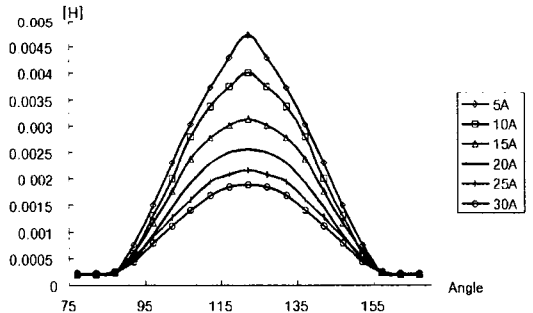


그림 2. 전류에 따른 인덕턴스 프로파일.

설계에 의한 SRM과 직류 직권 전동기의 제원은 표 1과 같다.

표 1. 전동기의 제원 비교

전동기 종류	직류 직권 전동기	SRM
정격 전압	24 (V)	24 (V)
정격 전류	60 (A)	60 (A)
정격 속도	2150 (rpm)	2150 (rpm)
정격 연속 시간	1 (Hr)	1 (Hr)
전동기 외경	126 (mm)	130 (mm)
전동기 길이	290 (mm)	230 (mm)

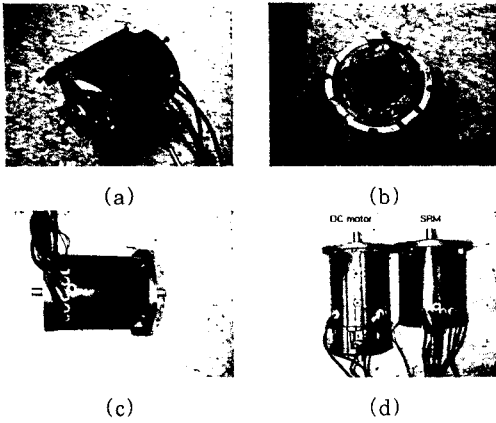


그림 3. SRM 시제품과 등급 직류 직권 전동기.
(a)(b) 고정자 (c) 조립된 SRM (d) 직류기와 비교

2.2 SRM 드라이버 설계

SRM에서 필요로 하는 엔코더부는 전동기의 기동 및 최대 부하에서 운전할 수 있도록 설계가 되어 있어야 한다. 본 개발 시스템에서는 8극 원형 자석과 3개의 홀 센서로서 엔코더 부를 구성하였다. 엔코더의 3개의 홀 센서에서 나오는 신호는 90도의 대칭형 주기로 발생하도록 위치시켰으며, 발생된 신호는 도통각 30도, 토오크각 15도의 대칭형 상 스위칭 신호가 나오도록 컨트롤러에서 처리하였다. 이러한 대칭형 상 스위칭 신호로서 효과적인 정방향 및 역방향 운전이 가능하며, 정방향 및 역방향에 운전에 있어서 같은 출력을 나타낼 수 있는 장점이 있다.



그림 4. 엔코더부의 제작 사진.
(a) 위치 검출용 홀 소자
(b) 회전자와 마그네트

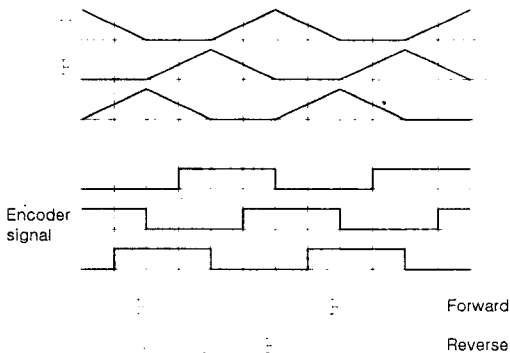


그림 5. 인덕턴스 프로파일과 구동을 위한 엔코더 신호

그림 4는 제작된 신호 출력부와 신호 출력을 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 출력 신호를 보이고 있다. 그림 5의 아래 엔코더 출력 신호가 그림 6에서 상 신호로 디코더되고, 상 신호는 다시 속도 명령치와의 조합에 의하여 최종 출력 신호로 발생되게 된다.

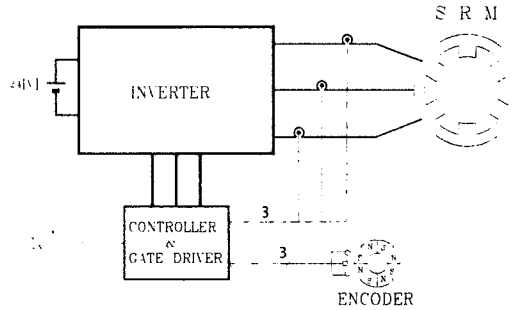


그림 6. 구동 시스템의 블록도

3. 시스템의 적용 및 특성

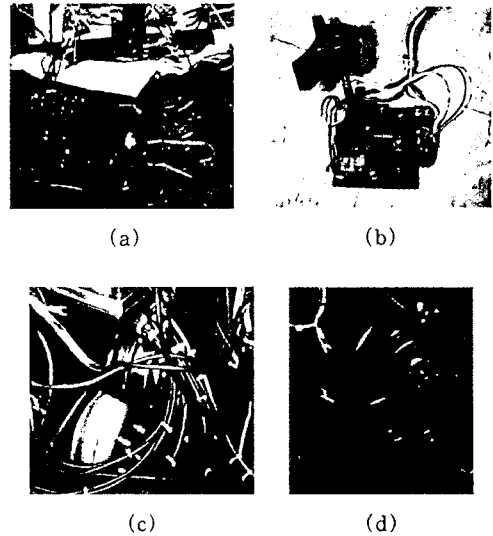


그림 7. 장착된 전체 시스템.
(a) 전체 시스템 (b) 속도 조절용 레버
(c)(d) 회전자 정면도 및 측면도

그림 7은 지게차에 실제 장착한 사진이다. 그림 3(d)에서 비교된 것과 같이 지게차의 바퀴 회전자에 대하여 SRM이 장착된 경우에 좀 더 많은 회전 공간을 확보할 수 있게 되어 전반적인 공간을 줄일 수 있게 된다.

또한, 기존 직류 직권 전동기에서는 정회전 및 역회전을 위해 큰 용량의 스위치를 별도로 설치 운용하였으나, 본 구동 시스템에서는 그림 7(b)의 조절 레버에 의한 신호를 컨트롤러부에 간단히 처리하도록 하여 정회전 및 역회전을 위한 별도의 스위치를 제거하였다.

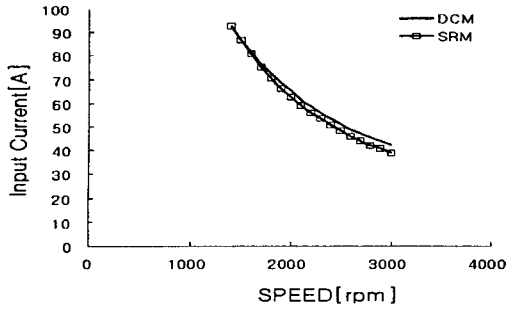


그림 8. 입력 전류 비교.

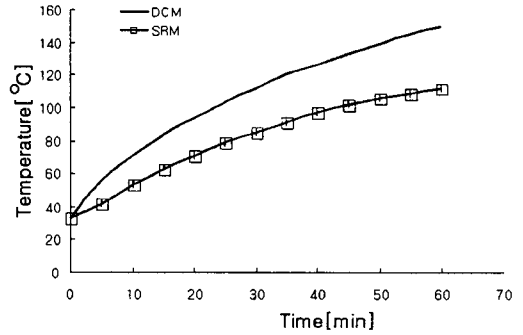


그림 12. 온도 상승 특성 비교.

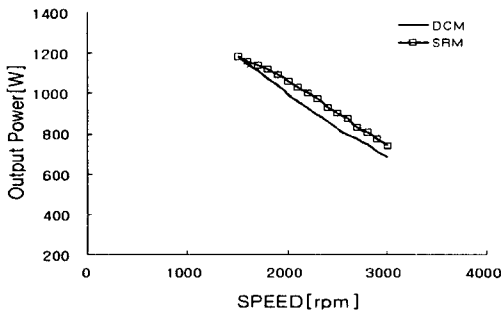


그림 9. 출력 특성 비교.

기존에 사용되고 있는 직류 직권 전동기와 개발된 SRM의 비교 시험 결과를 그림 9에서부터 그림 13까지 보이고 있다. 전반적으로 부하 특성 및 직권 특성은 기존 직류 전동기와 비슷한 결과치를 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 효율 및 온도 상승 특성에서는 기존 직류 전동기에 비하여 SRM이 더 좋은 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

설계된 SRM은 기존 직류 직권 전동기에 비하여 브러시 부분이 없어 전동기의 길이가 짧아지게 되고, 브러시의 마모 등에 의한 보수의 필요성이 없어지게 된다. 그리고, 기존의 직류 직권 전동기와 비교하여 고효율로 운전할 수 있으며, 직류 직권 전동기의 직권 특성을 그대로 가진다. 특성 비교 시험에서와 같이 제작된 전동기는 기존의 직류 전동기의 특성을 잘 나타내고 있으며, 온도 상승 시험과 효율에서 기존의 직류 전동기 보다 나은 특성을 나타내고 있다.

(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 servo." Motorcon proceedings, pp.147-160, 1985.

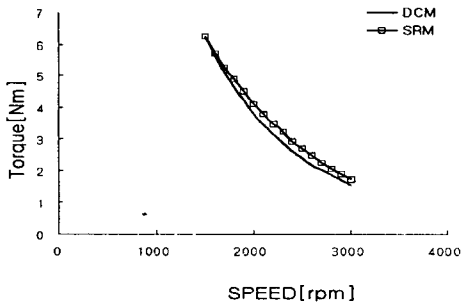


그림 10. 토크 특성 비교.

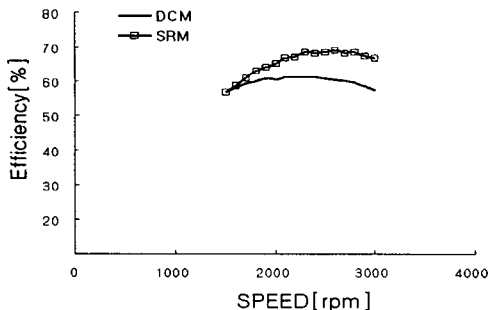


그림 11. 효율 특성 비교.