

6-switch IGBT Module을 이용한 SRM 구동 시스템의 비용절감

김영란, 윤용호, 정균하, 이병국*, 원충연
 성균관대학교, 한국전기연구원*

A Cost Reduction of SRM Drive System Using 6-switch IGBT Module

Young-Ran Kim, Yong-Ho Yoon, Kyun-Ha Jeong, Byoung-Kug Lee*, Chung-Yuen Won
 Sungkyunkwan University, Korea Electrotechnology Research Institute

ABSTRACT

In this paper, a new control scheme to use 6-switch inverters for 3-phase switched reluctance motors (SRM) is proposed. Compared with the conventional asymmetric converter topology, it can minimize the entire system size and cost and can increase the efficiency. Therefore, it may have a new topology for SRM to compete the other ac motors, such as induction motors, brushless dc motors, and so on. The validity of the proposed method is verified by simulation, and experimental results.

1. 서론

스위치드 릴럭턴스 모터는 간단한 구조 및 구동특성의 우수성으로 가격이 낮은 응용분야에 사용되고 있다. 반면에 유도 전동기나 BLDC 전동기 등에서 범용으로 사용되고 있는 6-switch IGBT 모듈을 사용할 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서 모터 자체의 제조 단가는 다른 전동기에 비해 저렴하나 드라이브 제작에 많은 비용이 들어가므로 실제로는 전체 시스템의 가격을 상승시키는 결과가 된다.

일반적인 SRM 구동용 컨버터는 한 상씩 여자 시키기 위해 상, 하단 스위치 사이에 권선이 놓이는 구조를 가지지만 모듈화가 어렵다^{[1-2][4]}. 따라서 파워 스위치 및 환류 다이오드를 위한 방열판의 사이즈가 커지고 그에 따른 생산 비용이 증가하게 된다.

기존에 발표된 논문에서는 6-switch 인버터를 사용하기 위해서 필수적으로 모터의 형상 및 권선방식을 새로 설계 하였지만 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 6-switch 인버터 토폴로지를 이용한 SRM 구동 방법을 제안하였다.

2. 제안된 SRM 구동방법

그림 1은 6-switch IGBT 모듈을 이용하여 제안한 컨버터 회로를 보여주고 있다.

SRM은 Y-결선 방식으로 6-switch IGBT 모듈과 연결이 되어있고 비대칭 브리지 컨버터와 비교하여 제안된 회로는 부가적인 환류 다이오드를 줄일 수 있는 장점이 있다.

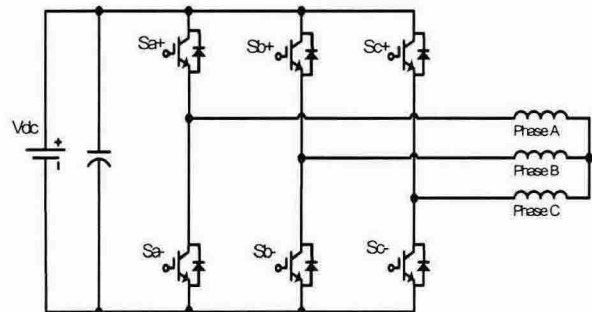
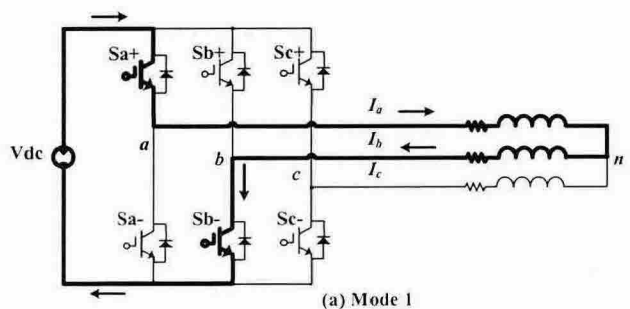


그림 1 제안된 SRM 구동용 6-switch Inverter
 Fig.1 Proposed 6-switch Inverter for SRM drive

제안된 컨버터의 전체 동작 모드는 그림 2와 같이 3개 모드로 구성되어 있다.

모드 1은 Sa+와 Sb-가 온상태일 때 상 A상에서 B상, 모드 2는 Sb+와 Sc-가 온상태일 때 B상에서 C상 그리고 모드 3은 Sc+와 Sa-가 온상태일 때 C상에서 A상을 통해 전류가 흐르는 상태를 보여주고 있다.



(a) Mode 1

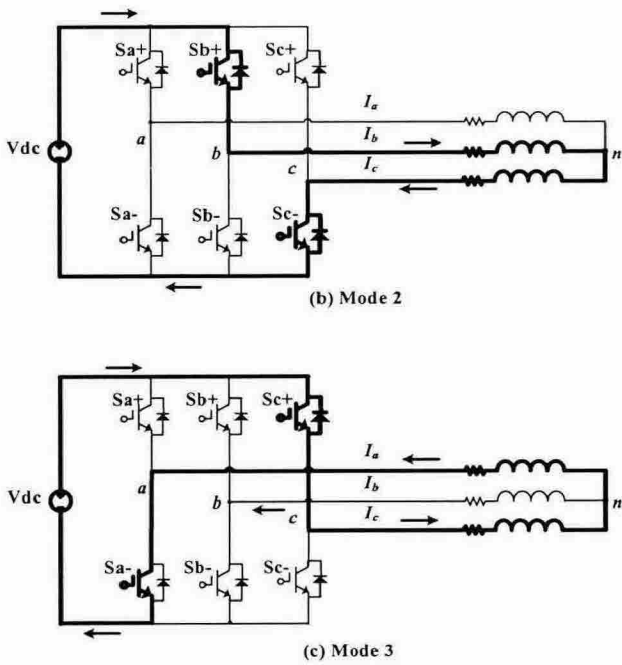


그림 2 제안된 6-switch 인버터 동작모드
Fig. 2 operational modes of the proposed 6-switch Inverter

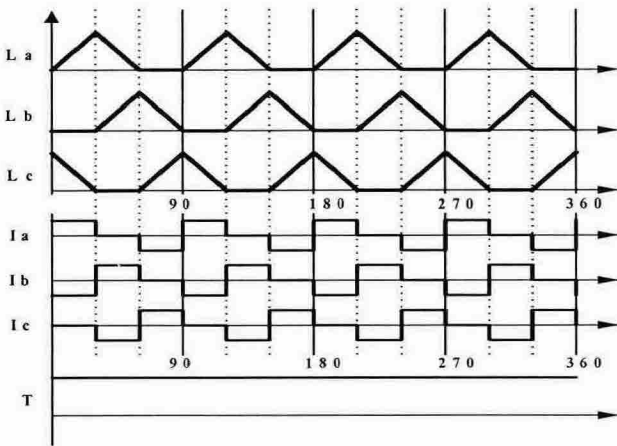


그림 3 제안된 6-switch 인버터의 양방향 전류 기법
Fig. 3 Proposed bipolar current scheme of the 6-switch Inverter

동작모드에 따르면 3상 전류는 그림 3에서와 같이 인덕턴스 프로파일의 기울기가 0인 구간 동안 음의 전류가 나타나게 된다. 이것은 bipolar 스위칭을 가능하게 하며 음의 전류는 토크를 발생시키는데 있어서 영향을 미치지 않으므로 기존의 SRM 구동용 컨버터를 사용했을 경우와 동일한 일정토크를 얻을 수 있다.

3. 시뮬레이션

본 논문에서 제안한 알고리즘을 PSIM 소프트웨어를 이용하여 시뮬레이션과정을 통하여 그 타당성을 검증하였다.

그림 4의 상단은 본 논문에서 제안한 6-switch IGBT 모듈을 이용하여 SRM을 구동하였을 경우 1000rpm에서

의 각 상전류 파형을 나타내며 하단은 A상 상전류 파형과 상전압 파형을 나타내고 있다.

그림 5는 1000rpm과 2500rpm때의 기준속도 변화에 따른 응답속도를 나타내고 있다.

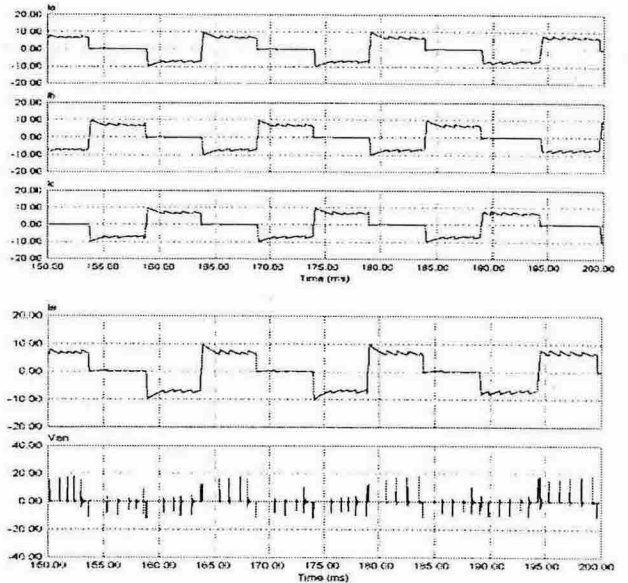


그림 4 상전류와 상전압
(상단) 상전류 (I_a, I_b, I_c), (하단) 상전류 및 상전압
(1:10A/div, 5ms/div, V:20V/div, 5ms/div)
Fig. 4 Phase current and voltage
(top)phase current, (bottom) phase current and voltage

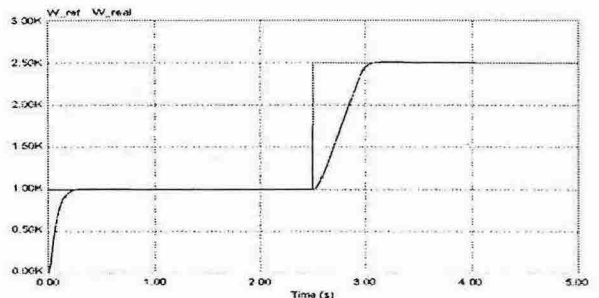


그림 5 속도 응답 파형 (1,000rpm → 2,500rpm)
Fig. 5 waveform of speed response(1,000rpm→ 2,500rpm)

4. 실험결과

그림 6은 6-switch IGBT 모듈을 이용하여 SRM을 구동하기위한 시스템의 전체 블록도를 나타내고 있다.

그림 7의 상단은 1000rpm에서의 각상의 상전류 파형이며 하단은 A상의 상전류 및 상전압을 나타낸다.

또한 1000rpm과 2500rpm때의 기준속도 변화에 따른 응답속도를 그림 8에서 보여주고 있다.

실험결과로부터 시뮬레이션 결과와 동일함을 알 수 있으며 Bipolar 스위칭을 사용한 제안된 6-switch 인버터를 이용한 SRM 드라이브의 유효성을 알 수 있다.

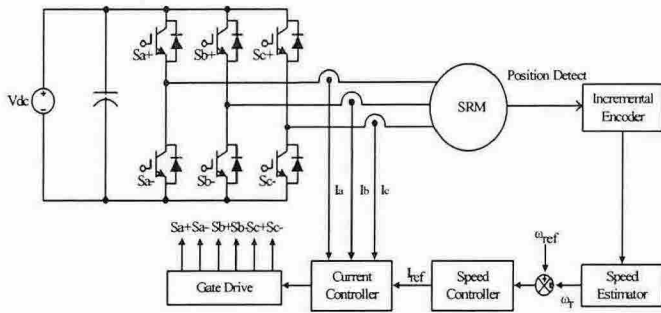


그림 6 제안한 SRM 구동 시스템
Fig. 6 Block diagram of experimental system

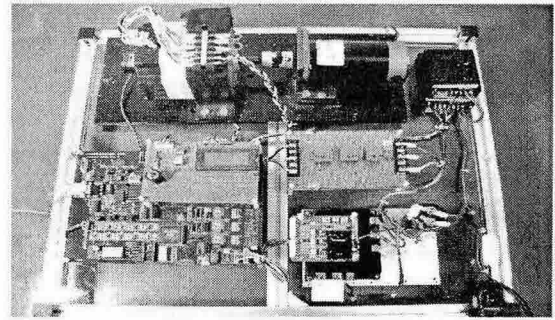


그림 9 실제 실험세트
Fig. 9 Actual experimental test-bed

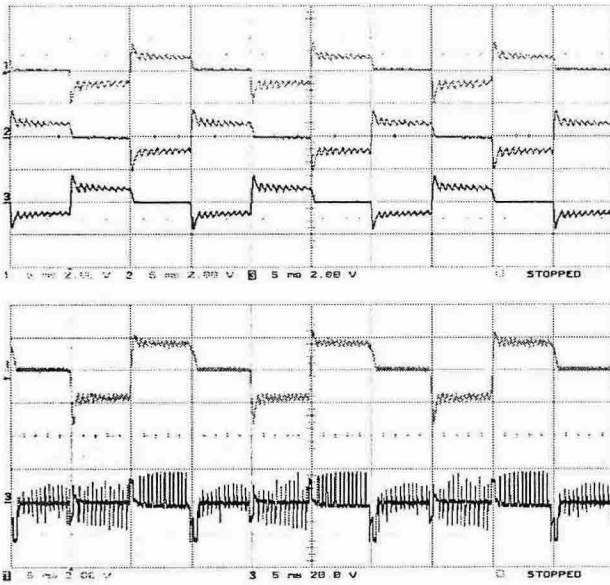


그림 7 상전류와 상전압
(상단) 상전류 (I_a, I_b, I_c), (하단) 상전류 및 상전압
(1:10A/div, 5ms/div, V:20V/div, 5ms/div)
Fig. 7 Phase current and voltage
(top) phase current, (bottom) phase current and voltage

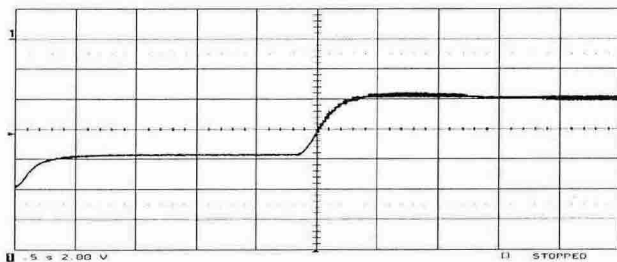


그림 8 속도 응답 파형 (1,000rpm → 2,500rpm)
Fig. 8 waveform of speed response(1,000rpm → 2,500rpm)

그림 9는 본 논문에서 Bipolar 스위칭 시퀀스를 사용하여 제안한 6-switch를 이용한 SRM구동용 전체 실험 세트로서 위치검출을 위하여 600펄스 증분형 엔코더, 구동부는 6-switch IGBT 모듈 그리고 250W, 3상 6/4극 SRM을 사용하였다.

표1은 실험에 사용된 전동기 파라미터이다.

표 1 전동기 파라미터

Table 1. Motor parameter

정격 출력	250 [W]	상 권선저항	0.02166 [Ω]
정격 전압	12 [V]	L_{max}	1.332 [mH]
상 수	3 [상]	L_{min}	0.241 [mH]
고정자 극수	6 [pole]	회전자 극수	4 [pole]

5. 결론

본 논문에서는 상용화된 6-switch IGBT 모듈을 이용하여 전체 SRM 구동시스템의 제조가격을 절감할 수 있는 드라이브 방식을 제안하였다. 따라서 6-Switch IGBT 모듈을 사용하여 기존의 한상씩 여자하던 방식에서 두 상씩 여자하는 방식을 사용하여 전동기 자체의 저가격에 대한 장점과 상용화된 인버터를 사용하여 전체 시스템의 비용 절감의 효과를 얻을 수 있다.

이 논문은 에너지관리공단(04-02-N0201-02)의 에너지 절약기술연구사업 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고 문헌

- [1] T.J.E Miller, Electric Control of Switched Reluctance Machines, Newnes, 2001.
- [2] R. Krishnan, Switched Reluctance Motor Drives, CRC Press, 2001.
- [3] J. W. Ahn and S. G. Oh, "A three-phase switched reluctance motor with two-phase excitation," IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 35, no. 5, pp. 1067-1075, 1999.
- [4] G. H. Rim, K. C. Lee and W. Kang, "Comparisons of Converter Topologies for Switched Reluctance Motors", Journal of KIEE, vol.6, Sept. 1993, pp. 1-9
- [5] T. J. E Miller, "Electronic Control of Switched Reluctance Machines", Newnes, 2001.