

단상 SRM의 역률 개선을 위한 구동방식

안진우, 박성준*, 손익진, 오석규**, 황영문***
 경성대, 동명대*, 진주산업대**, 부산대***

Single-Phase SRM Driving Method for Power Factor Correction

Jin-Woo Ahn, Sung-Jun Park*, Ick-Jin Son, Seok-Gyu Oh**, Young-Moon Hwang***
 Kyung-sung Univ, Dongmyung College*, Chinju Nat'l University**, Pusan Nat'l Univ***

ABSTRACT

A novel single-stage power factor corrected (PFC) drive for switched reluctance motor (SRM) is presented to achieve sinusoidal, near unity power factor input current. The proposed PFC SRM drive has no additional active switch. And a single-stage approach, which combines a DC link capacitor used as dc source and a drive used for driving the motor into one power stage, has a simple structure and low cost. The characteristics and validity of the proposed circuit will be discussed in depth through the experimental results.

1. 서 론

스위치드 릴럭턴스 전동기(Switched Reluctance Motor, SRM)는 일반적인 상호토크(mutual torque)를 이용하는 구동방식과는 달리 단일 여자방식(single exciting method)으로 릴럭턴스 토크를 이용하여 구동하며 넓은 범위의 가변속운전 등의 장점을 가진 전동기로서 여러 산업분야 및 가전분야에 그 적용범위를 넓혀가고 있다^[1,2].

SRM을 구동하기 위해서 사용되는 DC전원은 입력단에 벌크성 커패시터를 가지게 되므로 입력 인덕터와 커패시터의 값에 따라 짧은 도통각으로 인한 피크성의 전류가 흐르게 된다. 따라서 입력 전압과 전류가 동위상이 되지 않아 역률이 0.6정도로 낮으며, 불필요한 무효전력의 발생으로 에너지 효율이 감소된다.

최근 이러한 낮은 역률에 대한 문제점을 해결하기 위해서 SRM 구동회로에 역률 보상회로를 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나, 이들 역률 보상회로는 2단방식의 구조로 DC전원으로 이용되는 커패시터 앞단에 역률 보상회로를 부가하여 역률을 보상하고 있다. 2단방식을 이용하는 역률 보상회로는 1단 방식에 비하여 구

성이 복잡하고, 소자의 수가 증가하여 경제적으로 불리하다. 본 연구에서는 부가적인 능동 회로가 없이 SRM 구동회로를 1단 방식으로 구성하여 2단 방식의 역률 보상회로와 비교하여 간단하면서도 단위역률이 가능한 SRM 구동회로를 제안한다.

2. 단상 SRM의 동작원리와 입력역률

2.1 단상 SRM의 기동

현재까지의 연구결과 SRM의 회전자와 고정자의 극수 조합은 6/4, 8/6, 12/8 극의 조합이 가장 널리 쓰이고 가장 실용성이 큰 것으로 입증되고 있다^[2]. 하지만 이 경우 스위칭 소자 수의 증가로 인해 경제적인 면에서 매우 불리하다. 이러한 스위칭 소자수의 감소를 위한 방식이 바로 단상 SRM이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 단상 SRM은 특정위치에서 기동토크가 발생되지 않는 영역이 존재한다. 따라서 초기 기동위치를 설정하기 위한 정지용 자석(parking magnet)이 필요하다^[3].

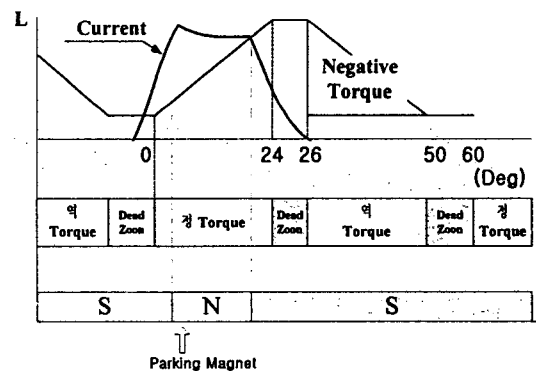


그림 1 단상 SRM의 운전 특성

Fig. 1 Operation characteristics of single-phase SRM

본 논문에서는 이러한 특성을 가진 단상 SRM을 저토크 영역에서 사용가능하고 토크리플이 크게 문제되지 않

는 송풍기용으로 응용하여 그림 1에서와 같이 인덕턴스가 증가하기 시작한 점으로부터 4° 변위에 파킹마그네트를 채용하였다.

2.2 단위역률용 단상 SRM 인버터

SRM구동에 있어서 입력측 전원의 역률을 단위역률로 하기 위해서는 기존의 구동드라이버에 단위역률을 위한 컨버터부와 제어회로가 부가되어야 한다. 이것은 2단방식의 구동회로로서 직류전원으로부터 독립된 컨버터부의 추가로 인해 경제적인 단점을 가지고 있다. 따라서 이것의 개선을 위해 새로운 형태의 구동장치로서 최근 부가적인 능동회로가 없이 SRM 구동회로를 1단 방식으로 구성하는 형태에 대한 요구가 증대되고 있다.

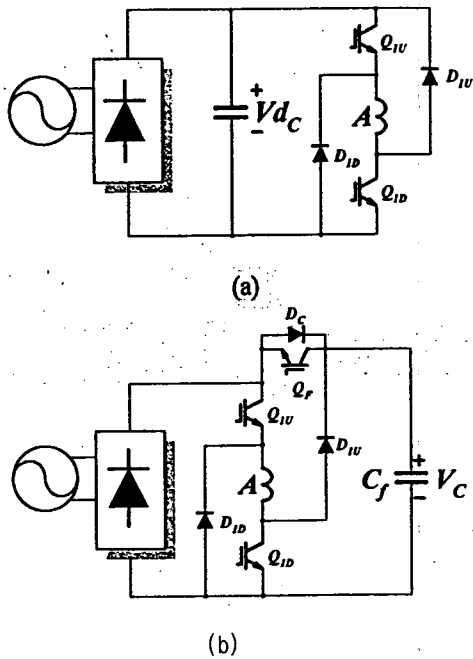


그림 2 기존의 비대칭 인버터와 제안된 단위역률 인버터
(a) 비대칭 인버터 (b) 단위역률 인버터
Fig. 2 Asymmetric inverter & proposed power factor inverter
(a)asymmetric inverter (b)proposed power factor inverter

그림 2는 기존의 비대칭 SRM 드라이브와 제안된 1단 방식의 인버터를 나타내고 있다. 그림 2(a)와 같이 기존의 비대칭 인버터는 다이오드 정류기 출력단에 벌크성 콘덴서를 내장하고 있으며 이는 전압의 리플을 방지하고 회수 에너지를 저장하는 역할을 한다. 이것으로 인하여 입력 전원측에는 펄스성의 전류가 흐르게 된다.

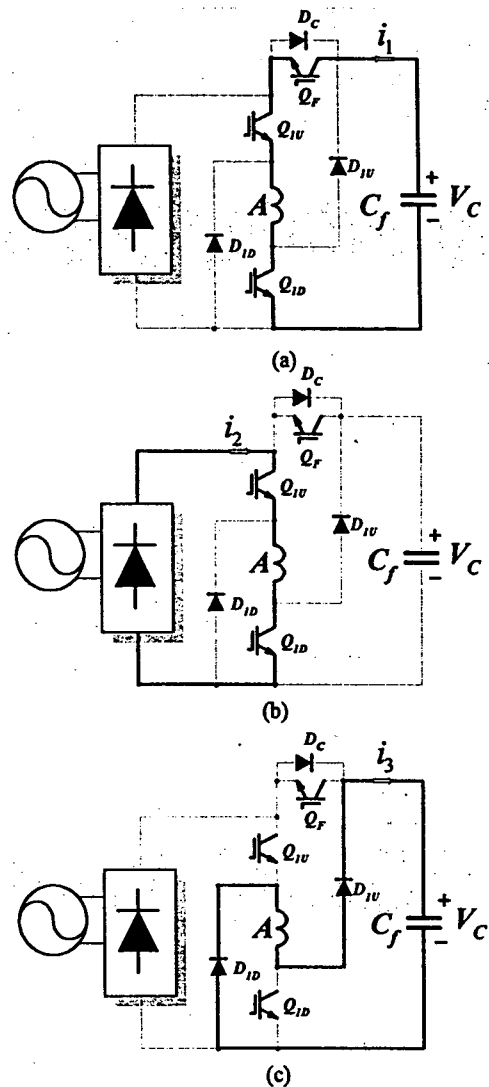


그림 3 제안된 인버터의 각 모드
(a)방전모드 (b) 입력모드 (c) 회수모드
Fig. 3 Proposed inverter mode
(a) discharge mode (b) input mode
(c) charge mode

그림 2(b)의 제안된 1단 방식의 구동회로에서 가장 큰 특징은 다이오드 정류기 출력측에 콘덴서가 없다는 것이다. 따라서 입력측 전원의 전 영역에 대하여 전류의 형성이 가능한 구조가 된다. 또한 콘덴서(C_f)는 입력측과 독립적으로 작용하며 상 스위치 오프시에 발생하는 회수 에너지를 저장한다.

그림 2(b)에 제안된 인버터의 동작은 그림 3과 같이 3개의 모드로 구별하는 것이 편리하다.

그림 3(a)의 방전모드는 상 스위치 온 및 방전 스위치 (Q_F)를 온함과 동시에 시작되며, 상 스위치 오프시 회수된 높은 전압으로 신속한 평활전류 정착용으로 사용된다. 이때 상전류는 C , Q_F , Q_{IU} , Q_{ID} 를 통하여 형성된다.

그림 3(b)의 입력모드는 방전 스위치를 오프 한 시점부터 시작되며, 이 모드는 전원측에서 전동기로의 전력 전달이 이루어지는 시점이다. 이때 상전류는 정류용 다이오드, Q_{IU} , Q_{ID} 를 통하여 형성된다.

그림 3(c)의 회수모드는 상 스위치가 오프되는 순간부터 시작되며 킬링다이오드 D_{ID} , D_{IU} 를 통하여 상권선에 존재하는 무효전력을 회수하게 된다

그림 4는 단상 6/6 SRM의 회전자 위치를 검출하기 위한 자기 엔코더를 나타내고 있다. 자극은 6/6 SRM의 한 상에 해당되는 60° 주기를 갖게 설계하고 N극의 변위는 초기 기동시 스위칭 신호의 안정화를 위하여 확실한 정토크 발생영역으로 결정하였다.

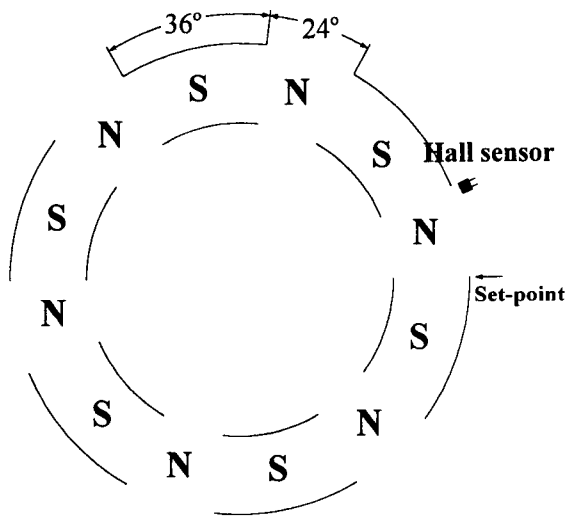


그림 4 단상 SRM용 엔코더
Fig. 4 Encoder of single phase SRM

그림 5는 상스위치를 제어하기 위한 제어기의 블록도이다. 제어 및 상태를 표시하기 위해서 제어기는 PIC16C877을 사용하였다. 우선 기동을 위해서는 속도 제어부에서 인코더의 상 신호를 받아 바로 CCP1 출력으로 한다. 이때 속도 제어부의 PWM제어는 소프트 스타트 기능을 갖도록 1차 함수로 제한전류의 크기까지 PWM신호를 발생한다.

속도지령치는 외부의 가변저항으로부터 절대치 회로와 비교기의 출력을 AD와 IO 포트의 조합에 의한 11 Bit정보로 얻게된다. 실제속도는 CCP2에 연결된 인코더의 상 신호의 폭으로부터 구한다. 속도제어부는 지령속도와 실제속도의 차에 의해 스위칭 온각 변위를 제어하게 된다^[4].

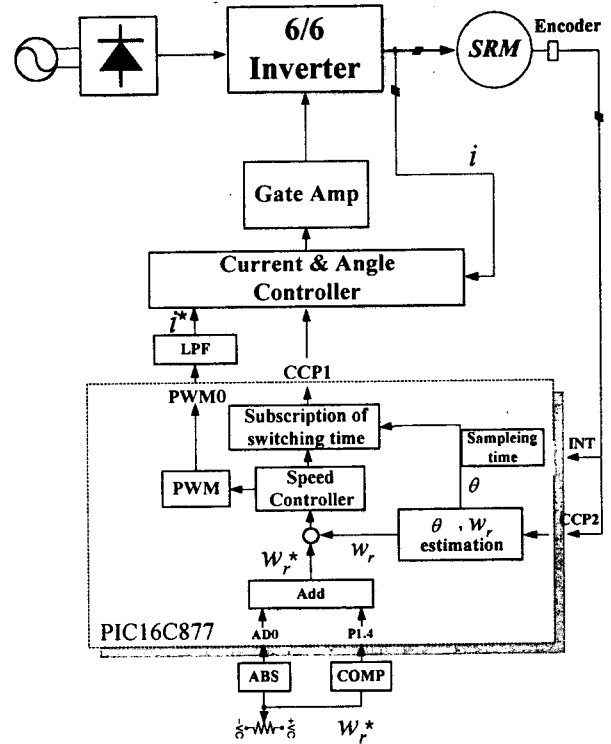
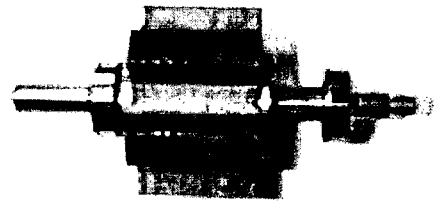
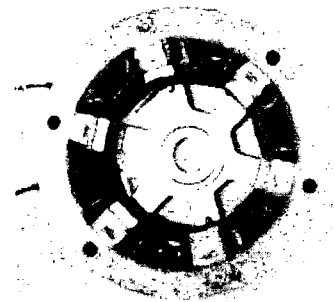


그림 5 제어기의 블록도
Fig. 5 Block diagram of the controller

3. 실험 및 고찰



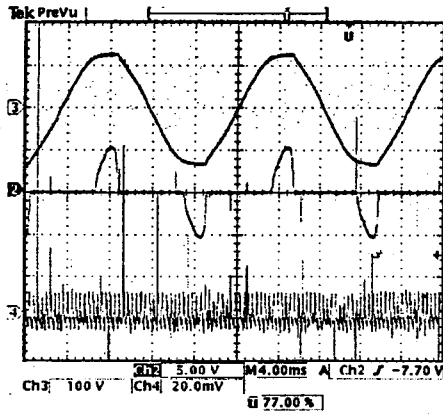
(a)



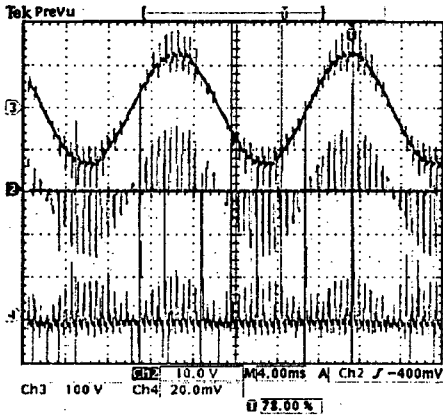
(b)

그림 6 단상 SRM의 회전자와 고정자
(a) 회전자 (b) 고정자
Fig. 6 Rotor and stator of single phase SRM
(a) Rotor (b) Stator

그림 6은 실험에 사용된 단상 SRM의 회전자와 고정자를 보여준다. 회전자와 고정자의 극수는 6극으로 하였고 고정자의 권선은 직렬로 연결하였다.



(a)



(b)

그림 7 기존 및 제안된 인버터의 입력전압, 전류
(a) 기존의 비대칭 인버터 (b) 단위역률 인버터
(CH3 : AC 입력전압, CH2 : DC Link 전류, CH4:상전류)

Fig. 7 Input voltage and current of general inverter and proposed power factor inverter
(a) Classic inverter
(b) Proposed power factor correction inverter
(CH3:AC input voltage, CH2:DC Link current, CH4:Phase current)

그림 7은 기존의 비대칭 인버터로 동작할 때와 제안된 1단 방식의 단위 역률 인버터로 동작할 경우의 입력 전압과 전류를 비교한 것이다.

그림 7(a)는 기존의 인버터는 입력단에 벌크성 커패시터로 인해 짧은 도통각으로 인한 피크성의 전류가 흐르고 있으나, 그림 7(b)의 제안된 1단 방식의 단상 SRM에서는 입력 전류와 전압이 동위상이 되어 양호한 역률이 유지됨을 알 수 있다.

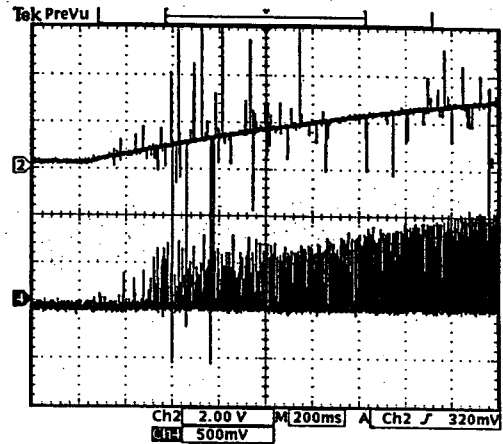


그림 8 기동시 상전류 파형
(CH2 : 지령치 전류, CH4 : 상전류)

Fig. 8 Current at starting
(CH2 : Commands current, CH4 : Phase current)

그림 8은 기동시 지령전류와 상전류 파형을 나타내고 있으며, 실제치가 지령치를 양호하게 추정하고 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 단상 SRM구동 회로를 부가적인 능동 회로 없이 1단 방식으로 구성하여 기존의 2단 방식의 역률 보상회로와 비교하여 보다 간단하면서도 단위 역률보상이 가능한 단상 SRM구동 회로를 제안하였다. 나아가 제안된 1단 방식의 단상 SRM용 인버터를 사용하여 입력 역률을 개선함과 동시에 경제적으로 저가화를 구현함으로써 단상 SRM의 실용화 가능성을 실험을 통해 입증하였다.

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] D. W. J. Puller "New data base for switched reluctance drive simulation." Proc. IEE, Vol. 138, Pt-B, No. 6, pp. 331~336, 1991.
- [4] P. H. Chappell, W. F. Ray and R. J. Blake, "Microprocessor Control of a Variable Reluctance Motor", Proc. IEE, Vol. 131, No. 2, Part. B, pp. 51~60, 1984.