

3상 6/8극 SRM의 설계 및 운전 특성

陳昊*, 李東熙, 安珍雨

Design and Drive of 3-phase 6/8 SRM

Hao Chen, Dong-Hee Lee, and Jin-Woo Ahn

요 약

본 논문은 3상 6/8극 스위치드 릴럭턴스 전동기의 설계 및 특성해석에 대해 다루었다. 고정자와 회전자 극호각의 설계 범위를 해석하고 최적값을 해석하였다. 최적의 값은 선형, 비선형으로 나누어 전통적인 설계접근 방식과 설계용 CAD를 이용하여 해석하였으며 실제 전동기를 제작하여 설계결과를 확인하였다. 이 전동기는 동일한 8/6 SRM에 비해 구동회로가 단순해지며, 권선의 전류밀도와 동손이 감소하여 효율이 상승하는 장점이 있다.

ABSTRACT

The design and analysis of a three-phase 6/8 structure SRM (switched reluctance motor) are described. The range of the stator pole arc and the rotor pole arc of the motor are analyzed in the linear region. The optimum range of the stator pole arc and the turn-off angle of the main switches in the power converter are given with the 2-D finite element electro-magnetic field calculation of the motor and the nonlinear simulation. Test results of the prototype are discussed. This type is good for high efficiency drive because the drive circuit is simple and current density and copper loss of the winding are low.

Key words : SRM, 6/8 structure, optimum range of stator pole arc

1. 서 론

SRM은 이중 돌극형 구조의 전동기로 기계적 구조가 단순하며 견고하여 현재 산업용 및 가정용 전기기계의 응용에 많은 관심이 집중되고 있다. 특히 저주파 스위칭이 가능한 펄스형 전압 인가 방식의 구동에 의해 기존의 AC 전동기에 비하여 효율이 높고, 전기적인 커뮤테이션 방식에 의해 유지 및 보수 문제 없는 장점을 가진다^{[1]-[3]}.

또한 고속 및 견인 능력이 우수하므로, 전기자동차 및 가변속 전동기구조의 적용이 확대되고 있다^{[4]-[5]}.

현재까지 대부분의 SRM은 단상의 경우 6/6극이, 다상의 경우에는 고정자와 회전자의 극이 6/4극, 8/6극, 그리고 12/8극 등이 주로 연구되었으며, 일부분은 실용화되고 있다. 6/4극의 경우 고정자의 상수가 3상으로 8/6극에 비해 인버터의 구조가 단순한 장점을 가지고 있으며, 반면에 8/6극 구조는 6/4극 구조에 비해 토크 맥동이 감소하는 장점을 가진다. 따라서, 본 논문에서는 6/4극 구조와 8/6극 구조의 장점을 가지는 6/8극의 설계 및 구동 특성을 해석하였다. 본 논문에서 제시된 6/8극은 고정자의 극이 6극으로 기존의 6/4극과 같은 3상 구조이므로 인버터의 구성이 단순하고, 또한 회전자의 극이 8극으로 토크의 맥동을 줄일 수 있는 장점이 있다.

*중국 광업대 교수
E-mail : chenhaocumt@163.net
접수일자 : 2002. 8.14
1차심사요청일 : 2002. 8.19 2차심사요청일 : 2002.10.14
심사완료일 : 2002.11. 5

본 논문에서는 6/8극의 기본적인 설계를 위한 선형 해석을 제시하고, 자기포화를 포함한 비선형적인 요소를 고려한 2D-FEM 해석을 통하여, 최적의 고정자 극호 및 턴 오프각의 범위를 해석하였다. 해석된 6/8극의 적합성을 검증하기 위하여 시작기를 제작하고, 실험을 통하여 그 적합성을 검증하였다^[1].

2. 6/8극 SRM의 기본 구조 및 동작 원리

2.1 기본 구조 및 동작원리^[2]

그림 1은 본 논문에서 제안하는 6/8극 SRM의 기본 구조 및 동작원리를 나타내고 있다. 제안된 전동기는 6개의 고정자극과 8개의 회전자극을 가진 3상 6/8극으로 6개의 고정자극에 집중권 방식의 권선이 감겨있고 반대쪽 자극에 직렬로 연결되어 있어 3상의 권선을 형성하고 있다. 전동기의 출력을 증가시키고 소음의 원인이 되고 있는 방사방향의 자기흡인력을 감소시키기 위해 한상을 이루는 한 고정자극은 N극으로 다른 고정자극을 S극으로 동작하게 하고 각 상에 전류가 흐르는 동안 자기 통로는 NS SN극이 되도록 하였다.

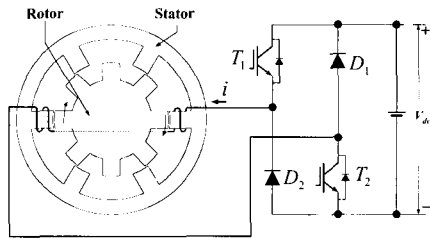


그림 1 6/8극 SRM의 기본 구조
Fig. 1 Basic structure of 6/8 pole SRM

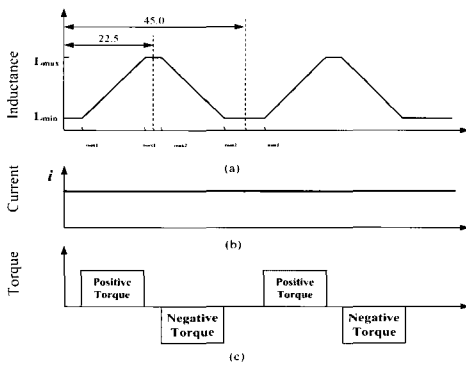


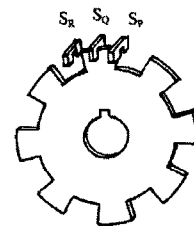
그림 2 6/8극 SRM의 인덕턴스 프로파일과 토크
Fig. 2 Inductance profile and torque

그림 2는 6/8극의 한 상에 대한 인덕턴스 프로파일과 정전류 인가 상태에서의 토크 발생 영역을 나타내고 있다. 6/8극의 인덕턴스 영역은 45°이며, 상간격은 15°가 된다. 그림 2의 인덕턴스 상승구간($\theta_{min1} \sim \theta_{max1}$)에서의 인가된 정전류는 정토크를 발생하게 되며, 하강구간($\theta_{max2} \sim \theta_{min2}$)에서는 부토크 발생 영역이 된다.

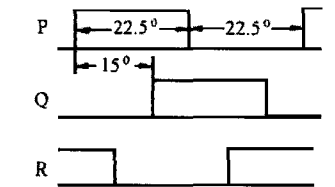
2.2 회전자 위치 검출

회전자 위치검출은 회전자의 위치정보와 속도정보를 얻기 위한 필수적인 요소이다. 본 연구에서 적용된 회전자 위치 검출방식은 포토 인터럽터를 이용한 회전자 돌극의 정보를 판단하는 방식으로, 그림 3은 회전자 위치센서의 구성과 출력 신호를 나타내고 있다. 회전자 위치센서는 회전자의 극수와 동일한 8개의 슬롯을 가진 디스크와 3개의 포토커플러로 구성되어 있으며, 그리고 회전자 축에 부착되어 있는 슬롯을 가진 디스크는 한 주기가 45°이며, 반주기가 22.5°인 치(teeth) 간격으로 구성된다.

또한 3개의 포토 인터럽터는 고정자에 고정되어 연속으로 세 상의 신호를 나타내기 위하여 15° 간격으로 배치된다. 세 개의 포토 인터럽터 신호 P, Q 그리고 R은 각 상의 주 스위치를 제어하기 위한 기본 신호로 사용되며, 속도 제어를 위한 PWM 신호와 조합되어 최종적인 스위칭 패턴을 형성하게 된다.



(a) 회전자 위치센서의 구조



(b) 회전자 위치센서의 출력신호

그림 3 회전자 위치센서의 구성 및 출력신호
Fig. 3 Schematic diagram of the rotor position detector and output signals

3. 6/8극 SRM의 기본 설계 및 특성 해석

3.1 기본 설계

SRM은 종래의 직류기나 교류기와는 다른 설계과정을 가진다. 이는 전동기의 토크 발생원리가 종래의 전기기기와는 다르게 릴럭턴스 토크를 이용하며 인가 전압 및 전류도 정현파가 아닌 펄스파를 사용하기 때문이다. 또한 상여자도 순차적으로 행해지며 고정자 및 회전자 극수에 따라 운전방식과 특성이 다르게 된다.

본 논문에서는 기본 설계를 위한 선형적인 해석과 자기포화를 고려한 비선형 해석을 병행하였다. 기본적인 SRM의 설계를 토대로, 비선형적인 요소는 FEM 해석하여 실험결과와 비교하였다.

고정자 내외경, 턴수 등 전동기의 기본설계에 관한 사항은 전통적인 출력방정식에 의한 접근 방식에 따라 설계하였다^[6]. 전동기의 설계변수에 따른 특성산정과 치수에 따른 영향은 설계 CAD프로그램을 이용하였다. 정토크 영역에 일정한 전류가 흐른다고 가정하면 한 상에서의 발생 토크는 다음과 같이 표현된다.

$$T_{em} = \frac{1}{2} i^2 \frac{\Delta L}{\Delta \theta} \tag{1}$$

$$\text{단, } \Delta L = L_{\max} - L_{\min}$$

이때, 최대 인덕턴스와 최소 인덕턴스의 비가 선형적이라고 가정하면, 최대 인덕턴스와 최소 인덕턴스의 비는 상수로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L_{\min} = \frac{1}{K_1} L_{\max} \tag{2}$$

K_1 은 설계된 최대 인덕턴스 L_{\max} 와 최소 인덕턴스 L_{\min} 의 비를 나타내게 되며, 따라서 6/8극의 평균 토크는 전동기의 인덕턴스와 전류의 크기에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$T_{sav} = \frac{3}{\theta_r} \int_0^{\theta_r} T_{em} \cdot d\theta = \frac{3(K_1 - 1)i^2}{2K_1\theta_r} \cdot L_{\max} \tag{3}$$

이때, θ_r 은 회전자의 극호로 6/8 SRM의 경우 $1/4\pi$ 가 된다.

한편, 최대 인덕턴스는 회전자 극과 고정자 극이 일치하였을 경우에 발생하며, SRM의 자기 회로에서 상 인덕턴스의 최대값은 다음과 같이 계산된다.

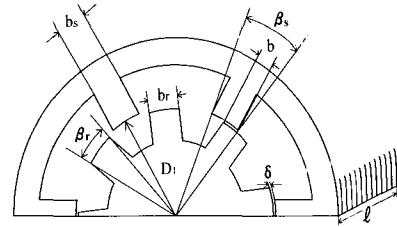


그림 4 6/8 SRM의 설계 형상
Fig. 4 Designed 6/8 SRM

$$L_{\max} = \frac{1}{2} N^2 \frac{\mu_0 b l}{\delta} \tag{4}$$

여기서, μ_0 는 공기의 투자율, δ 는 공극의 길이, N 은 상당 턴수를 나타낸다. 쇠교자속의 유효면적은 고정자 극과 회전자 극이 일치하였을 때의 자로의 유효폭 b 와 철심의 유효길이 l 의 곱으로 표현된다. 이중 돌극 구조의 SRM에서 자로의 유효폭 b 는 고정자의 치폭(齒幅)과 회전자의 치폭(齒幅) 중 최소 값으로 결정된다.

6/8 SRM의 고정자의 치폭은 전동기의 설계에서 고정자의 내경 D_1 과 고정자 극수에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$b_s = D_1 \frac{\alpha_s \pi}{6} \tag{5}$$

이때, α_s 는 고정자의 치폭을 결정하는 상수로 돌극 부분과 슬롯부분의 비율을 의미한다. 또한 회전자의 치폭은 고정자의 내경 D_1 과 회전자의 극수에 따라 다음과 같이 결정된다.

$$b_r = (D_1 - 2\delta) \frac{\alpha_r \pi}{8} \tag{6}$$

이때, α_r 은 회전자 치폭을 결정하는 상수로 회전자 1극의 돌극부분 비율을 나타낸다.

일반적으로 누설자속을 줄이기 위해 고정자 치폭 b_s 는 회전자 치폭 b_r 보다 작거나 같은 것이 유리하므로, 식 (4)에서 한 상의 최대 인덕턴스를 결정하기 위한 자로의 유효치폭 b 는 b_s 와 같다. 따라서 6/8 SRM의 전동기 구조에 따른 평균 토크는 식 (3)으로부터 다음과 같이 계산된다.

$$T_{sav} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{(K_1 - 1)i^2}{K_1} \cdot \frac{\mu_0 l}{\delta} \right) \alpha_s D_1 N^2 \quad (7)$$

즉, 식 (7)에 의해 6/8극의 평균출력 토크는 고정자의 내경과 고정자의 치폭에 비례하며, 권수의 제곱에 비례함을 알 수 있다. 하지만, 출력토크를 만족하는 기계적 치수의 선정에서 최대 및 최소 인덕턴스의 비가 적은 경우 상대적으로 출력이 감소하여 전동기의 외경이 증가하게 되므로, 6/8극의 최소 인덕턴스의 값을 줄이기 위해서는 회전자의 치폭비율은 다음의 조건을 만족하여야 한다.

$$(D_1 - 2\delta)(1 - \alpha_r) \frac{\pi}{8} > b_s \quad (8)$$

따라서,

$$\alpha_r < \left(1 - \frac{8 D_1}{6(D_1 - 2\delta)} \alpha_s \right) \quad (9)$$

그림 5는 6/8극 SRM의 설계 가능한 고정자의 극호각 β_s 와 회전자 극호각 β_r 의 관계를 도식적으로 나타내고 있다.

한편, 고정자 슬롯의 면적은 전동기의 상전류와 전류밀도에 의해 결정되는 도체의 면적과, 턴수에 의해 결정되는 권선도체의 점유면적을 만족해야 한다. 그림 6은 SRM의 일반적인 슬롯 구조를 나타내며, 그림에서 고정자 슬롯의 면적은 다음과 같다.

$$A_s = \frac{\pi \left[\left(\frac{D_1}{2} + h_s \right)^2 - \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \right]}{6} - h_s b_s \quad (10)$$

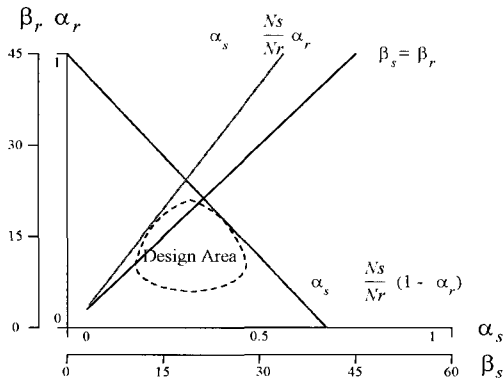


그림 5 고정자 및 회전자 극호각 설계 영역
Fig. 5 Design area of stator and rotor pole arc

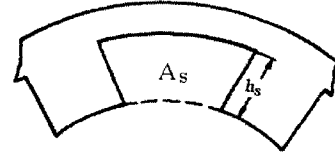


그림 6 고정자 슬롯의 구조
Fig. 6 Schematic diagram of the stator slot

여기서, h_s 는 고정자극의 높이를 의미한다. 고정자 권선의 실제 점유면적은 슬롯 면적과 도선의 점유율을 고려하여 다음과 같이 계산된다.

$$A_s K_f = A_w N \quad (11)$$

여기서, K_f 는 고정자의 슬롯의 도선의 점유율이며, A_w 는 고정자 권선의 단면적을 나타낸다. 고정자 권선의 단면적은 전류와 상 권선의 전류밀도에 따라 결정된다.

식 (5)에 의해 고정자 치폭비율에 대한 고정자 슬롯의 면적 A_s 은 다음의 관계로 설명된다.

$$A_s = \frac{\pi}{6} \cdot \left[\left(\frac{D_1}{2} + h_s \right)^2 - \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \right] - \frac{\pi}{6} D_1 h_s \alpha \quad (12)$$

따라서 식 (7), (10), 그리고 (12)로부터 고정자 치비율 α_s 와 6/8 SRM의 평균출력 토크 T_{sav} 는 다음과 같은 관계가 있다.

$$T_{sav} = C_1 \cdot (C_2 - C_3 \alpha_s)^2 \cdot \alpha_s \quad (13)$$

단,

$$C_1 = D_1 \cdot \left(\frac{K_f}{A_w} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{(K_1 - 1)i^2}{K_1} \cdot \frac{\mu_0 l}{\delta} \right)$$

$$C_2 = \frac{\pi}{6} \cdot \left[\left(\frac{D_1}{2} + h_s \right)^2 - \left(\frac{D_1}{2} \right)^2 \right]$$

$$C_3 = \frac{\pi}{6} D_1 h_s$$

3.2 비선형적 해석

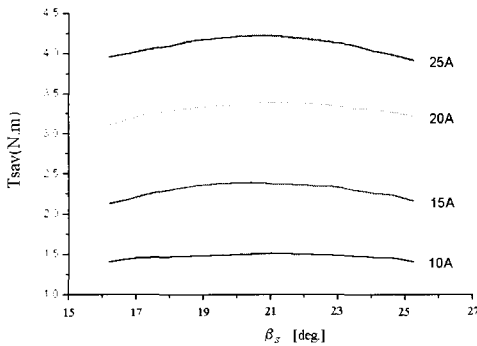
SRM은 다른 전동기구조보다 자기포화가 심한 상태에서 구동하는 전동기이다. 따라서 기본 설계를 위한 선형 해석은 빠른 접근이 가능하지만, 정밀한 특성의 해석을 위해서는 비선형 영역에서의 해석이 요구된다.

본 논문에서는 선형영역에서 기본적으로 설계된 6/8극 SRM의 고정자 치비율에 대한 최적의 값을 FEM 분석을 통하여 해석하였다.

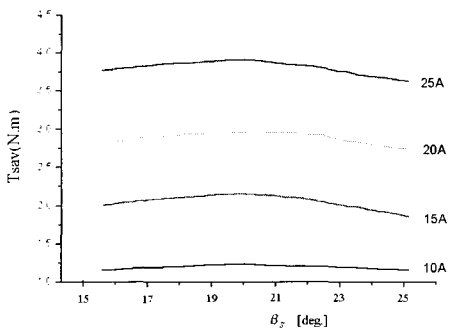
그림 7은 회전자 극호각 β_r 이 각각, 15°와 16.5°인 경우에 상 전류의 크기에 대한 출력 토크 파형을 나타내고 있다. 전류의 상승에 따라 자기회로의 포화가 증가하며, 따라서 평균출력토크의 크기는 비선형적으로 증가하게 된다.

제안된 6/8 SRM의 비선형 해석결과 회전자 극호각이 13~17°범위의 적정 설계 기준에서 고정자 극호각이 18~23°의 범위에 있을 때, 평균 출력토크의 크기가 최대임을 알 수 있다.

그림 8은 설계된 6/8 SRM의 회전자와 고정자의 극호각이 각각 16.5°와 20°인 경우의 스위칭 각도에 따른 출력과 효율을 나타내고 있다. 설계된 전동기의 인가 전압은 36[V]이며, 해석된 전동기의 속도는 1200[rpm]에서 분석되었다. 정해진 스위칭 온각의 크기에서, 스위칭 오프각이 감소할수록 효율은 증가하지만, 전동기의 출력은 감소하게 된다.



(a) 회전자 극호각이 16.5도인 경우



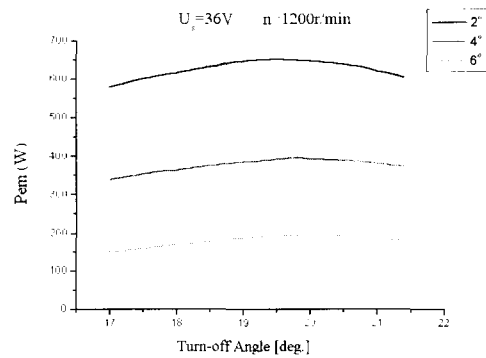
(b) 회전자 극호각이 15도인 경우

그림 7 고정자 극호의 최적범위
Fig. 7 Optimum range of the stator pole are factor

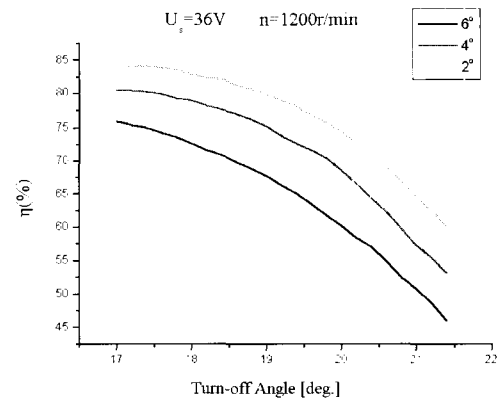
따라서 적절한 효율과 전동기의 출력을 고려할 때, 최적의 스위칭 오프 각은 17.5~18.5°의 범위내에 존재함을 알 수 있다.

그림 9는 동일한 정격과 크기를 가진 6/4, 8/6 그리고 제안된 6/8 SRM의 상전류 파형과 출력 토크 파형을 나타내고 있다. 입력전압 36[V], 정격속도 1800[rpm]의 조건에서 해석되었으며, 고정자의 내경 및 외경, 회전자의 내경 및 외경은 동일한 조건에서 해석되었다.

6/4 SRM의 경우 평균 출력토크는 1.6[Nm]이고, 4상 8/6극과 제안된 3상 6/8극의 경우에는 1.2[Nm]로 다소 낮게 나타났다. 하지만, 토크 리플의 크기는 6/4 SRM의 경우에 한주기 실효치가 1.048 [Nm]이며, 제안된 6/8의 경우에는 0.814[Nm]로 크게 감소함을 알 수 있으며, 효율도 약 3[%] 높게 나타났다. 또한, 8/6극에 비해 제안된 6/8극은 전기적으로 3상 구조를 가지므로, 전체 드라이브의 구성이 단순해지는 장점이 있다.

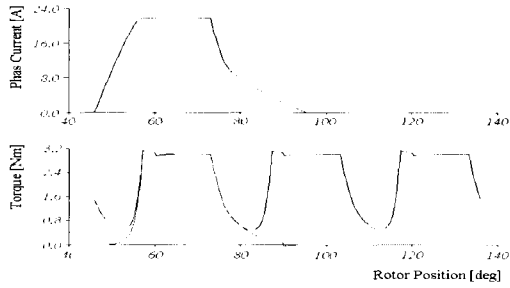


(a) 턴 오프 각에 따른 출력(극호각 16.5°)

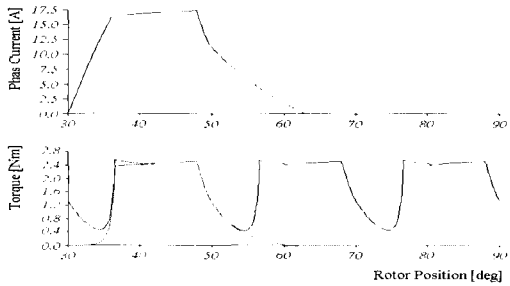


(b) 턴 오프각에 따른 효율(극호각 20°)

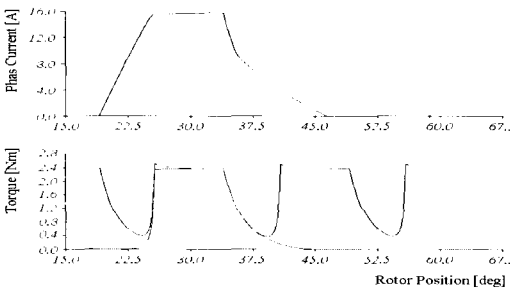
그림 8 스위치 각도에 따른 SRM의 출력 및 효율
Fig. 8 Output power and efficiency according to switching angle



(a) 6/4 SRM



(b) 8/6 SRM



(c) 6/8 SRM

그림 9 6/4, 8/6 및 6/8 SRM의 상 전류 및 출력 토크
Fig. 9 Output torque and phase current in 6/4, 8/6 and 6/8 SRM

4. 실험 결과 및 고찰

제안된 3상 6/8극 SRM의 적합성을 검증하기 위하여 시작기를 제작하고 그 특성을 해석하였다. 그림 4와 표 1은 본 논문에서 설계된 6/8극 SRM의 형상 및 설계 파라미터를 나타내고 있다. 비선형 해석을 통하여 분석된 고정자와 회전자 극호각으로 설계되었으며, 공극은 0.2[mm]이다.

표 2는 제작된 시작기의 실험 결과를 나타내고 있다. PWM의 듀티비를 변경하여, 속도에 따른 출력 특성 및 효율을 측정하였다. 제작된 6/8 SRM의 실험 결과는 비선형 해석에 의한 해석결과와 매우 근사하게 나타남을 알 수 있다. 입력전압은 36[V] 이고 PWM 신호의 주파수는 6 [kHz] 이다. 제안된 6/8극은 고정자의 슬롯 면적이 넓게 설계될 수 있으므로, 때문에 실제 설계시 동일한 상권선의 점유율을 가지는 8/6극에 비해 상권선에 낮은 전류밀도로 흘릴 수 있고 동손도 줄일 수 있기 때문에 높은 효율을 갖는다.

표 1 6/8 SRM의 설계 파라미터
Table 1 Design parameters of 6/8 SRM

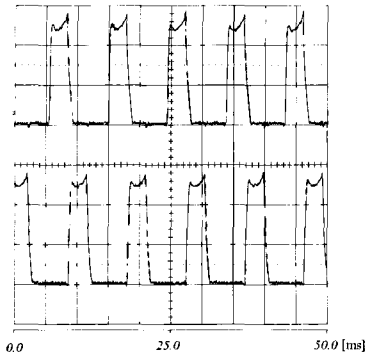
| | | | |
|---------|---------|---------|----------|
| 고정자 극수 | 6 극 | 회전자 극수 | 8 극 |
| 고정자 극호각 | 20° | 회전자 극호각 | 16.5° |
| 고정자 외경 | 45 [mm] | 공극 | 0.2 [mm] |
| 고정자 내경 | 36 [mm] | 고정자 스택 | 95 [mm] |

표 2 시작기의 실험결과
Table 2 The test results of the prototype SRM

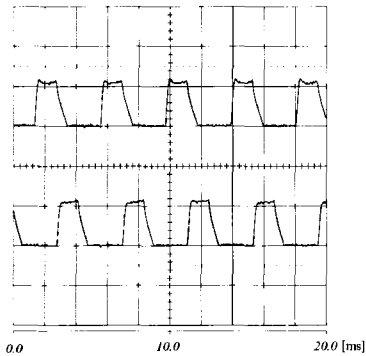
| 속도 (r/min) | 출력 (W) | 상전류 (A) | 상전류 최대치 (A) | 효율 (%) | 듀티비 (%) |
|------------|--------|---------|-------------|--------|---------|
| 500 | 190 | 15.5 | 48.7 | 63.6 | 46.0 |
| 800 | 190 | 10.6 | 28.9 | 76.4 | 59.0 |
| 1000 | 190 | 8.7 | 20.2 | 80.6 | 66.5 |
| 1200 | 190 | 7.7 | 16.1 | 83.0 | 73.5 |
| 1600 | 190 | 6.4 | 12.4 | 85.7 | 89.6 |
| 1800 | 190 | 6.0 | 11.6 | 86.5 | 96.5 |

그림 10은 제작된 시작기의 800[rpm]과 1800[rpm]에서의 상전류 파형을 나타내고 있다. 그림 10(a)에서는 부하 토크가 약 3.0[Nm] 인가되었으며, 1800[rpm]에서는 약 1.25[Nm]의 부하가 인가된 상태를 나타내고 있다.

그림 11은 제작된 시작기의 속도에 따른 효율곡선을 나타내고 있다. 비선형 해석에 의한 정격속도에서의 효율은 87[%]이며, 실제 측정된 효율은 86.5[%]로 매우 근사한 결과를 보이고 있다.



(a) 800[rpm]



(b) 1800[rpm]

그림 10 시작기의 전류파형(10[A/div])
Fig. 10 Current waveforms in prototype SRM

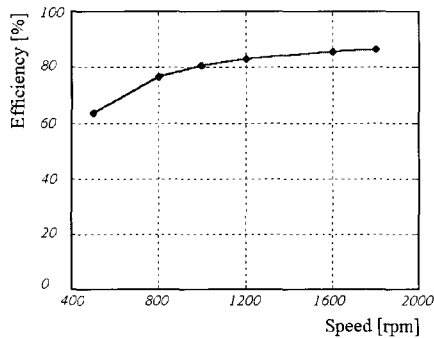


그림 11 제작된 6/8 SRM의 효율곡선
Fig. 11 Efficiency characteristics of prototype 6/8 SRM

5. 결 론

본 논문에서는 6/8극 SRM의 기본 설계 및 고정자

및 회전자 극호각의 최적 범위를 비선형 해석에 의하여 분석하였다. 제안된 6/8극 SRM은 6/4극 SRM에 비해 출력토크의 형상이 부드러워 토크 리플이 감소하며, 8/6 SRM에 비해 3상 이므로 구동회로가 단순해지는 장점이 있다. 특히, 동일한 구조의 8/6 SRM에 비해 고정자 권선의 면적이 증가하므로, 동손이 감소되고 권선의 전류밀도가 감소되어 효율이 증가하는 장점을 가진다.

제안된 6/8극 SRM은 출력토크의 관점에서 고정자 극호각의 최적범위를 해석하였으며, 정해진 인가전압에서 효율 및 출력을 고려한 최적의 스위칭 오프각을 해석하였다. 제안된 6/8 SRM의 타당성은 시작기의 제작 및 실험을 통하여 그 성능을 검증하였다.

본 연구는 과학재단 목적기초연구(N0. R01-2001-000300-0)와 BB21사업 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] P.J. Lawrenson, J.M. Stephenson, and P.T. Blenkinsop et al, "Variable-speed Switched Reluctance Motors", IEE Proc. B, vol. 127, no. 4, pp. 253~265, 1980.
- [2] H. Chen, G. Xie, and D. Liu et al, "Analyzing the Windings Arrangement of Switched Reluctance Motor Using FEM", in Proceedings of the 3rd International Conference on Electro-magnetic Field Problems & Appl., pp. 162~165, 1997.
- [3] S.G. Oh, Y.B. Choo, and Y.M. Hwang, "A Study on Electromagnetic Energy Recovery in SRM System", proc. of 96 IEEE/IECON, vol. 1, pp. 90~95, 1996.
- [4] S.Y. Pyo, J.W. Ahn, "High Efficiency PLL Control for SRM Drive", Trans. on KIPE, Vol. 5, No. 3, pp. 215~220, 2000.
- [5] D.J. Cheon, D.Y. Jung, S.H. Lee, B.S. Lee, and Y.R. Park, "Development of Variable Speed Digital Control System for SRM using Simple Position Detector", The Journal of Power Electronics, KIPE, Vol. 6, No. 2, pp. 202~208, 2001.
- [6] 안진우, 스위치드 릴럭턴스 전동기, 오성미디어, pp. 166~190, 2001.
- [7] 안진우 외 2, "SRM 드라이브의 운전성능향상을 위한 스위칭각 특성에 관한 연구", 전력전자학회 논문지, 6권 6호 pp. 506~513, 2001.12.

저 자 소 개



Chen Hao(陳昊)

1969년생. 1991년 중국 남경항공대학 졸업. 1996년 동 대학원 자동제어공학과 졸업(공학). 1998년~현재 중국 광업대 자동화공학과 교수. 2001년 2월~현재 경성대 방문교수.



이동희(李東熙)

1970년 11월 11일생. 1996년 부산대 전기공학과 졸업. 1998년 동 대학원 졸업(석사). 2001년 동 대학원 졸업(박사). 2001년 3월~현재 경성대 Post Doc. 및 강사. 2002년 10월~현재 LG OTIS 근무.



안진우(安珍雨)

1958년생. 1984년 부산대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년 12월~1996년 2월 영국 글래스고우대 방문연구원. 1998년 8월~1999년 8월 미국 위스컨신대 방문교수. 1992년~현재 경성대 전기전자컴퓨터공학

부 교수. 당 학회 학술이사.