

유니폴라 구동회로를 이용한 단상 SRM의 속도 특성 측정

김용현*, 이은웅*, 이종한*, 조연찬*
충남대학교*

The Speed Character Measurements of the Single Phase SRM by using the Unipolar driving circuit

Yong-Heon Kim*, Eun-Woong Lee*, Jong-Han Lee*, Yeon-Chan Jo*
Chungnam National University*

Abstract - Switched Reluctance Motor(SRM) is rotated by reluctance force generated between rotor pole and stator pole. So SRM must be switched by exciting current according to rotor position. but SRM takes the advantages of high speed driving and very simple structure. The single phase SRM can not be start by itself and torque ripple is generated more than multi-phase SRM. But mechanical structure and driver is simpler than multi-phase SRM.

The single phase SRM driver is composed with the absolute encoder and DSP to control exciting section and current, and is supplied by constant voltage.

So The paper is intend to measure the speed character of double silent pole type SRM by using the unipolar driving circuit .

1. 서 론

회전자 극과 고정자 극 사이에서 발생하는 SRM의 릴럭턴스 토크는 회전자의 위치에 따라 여자 전원을 on/off 해야 하므로 토크 리플과 소음이 발생하는 단점이 있다. 그러나 여자 권선이 고정자 극에만 감겨져 있고 회전자 극과 고정자 극이 모두 돌극 구조로 되어 있어 간단하고 견고할 뿐만 아니라 고속회전과 고온 사용에 우수한 성능을 발휘한다.

이와 같은 특징을 갖는 단상 SRM의 선행 연구에서 설치장소가 좁고 유지보수가 어려운 곳에 사용하기 위해 축방향 자속을 이용하여 축 길이를 짧게 할 수 있는 디스크 형의 외륜형을 설계 제작하여 여러 특성시험을 하였다.[1][2]

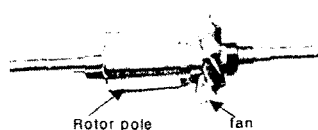
본 연구에서는 새로 제작한 내륜 돌극형 단상 SRM에 정전압을 인가하고 애플루트 엔코더와 DSP를 사용한 구동 장치로 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하였다. 그리고 유니폴라 구동회로를 단상 SRM에 적용하므로써 구동 방식에 따른 단상 SRM의 속도 특성을 연구하고자 한다.

2. 실험용 SRM

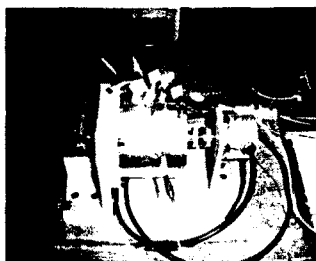
2.1 실험용 SRM의 모델 사양



<그림 2.1> 단상 SRM의 고정자



<그림 2.2> 단상 SRM의 회전자



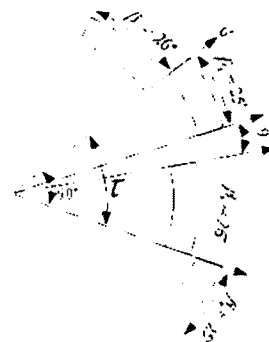
<그림 2.3> 단상 SRM의 구성

<표 2.1> 단상 SRM의 설계사양

설계요소	단위	기호	설계값
출력	W	P	400
회전자 체적당 토크	Nm/m ³	TRV	15
회전자 지름에 대한 stack 길이의 비		L_{stk} / D_r	1.5
회전자 극수	No.	N_r	6
고정자 극수	No.	N_s	6
DC 공급전압	V	V_s	48
상수	No.	m	1
정격 회전 속도	rpm	n	1800
고정자 반지름	mm	R_s	44
회전자 반지름	mm	R_r	23
축방향 길이	mm	L_{stk}	35
공극	mm	g	0.3
고정자 극호	[°]	β_r	25
회전자 극호	[°]	β_s	26
고정자 슬롯 깊이	mm	d_s	7
회전자 슬롯 깊이	mm	d_r	6
고정자 요크 두께	mm	y_s	7
회전자 요크 두께	mm	y_r	8
축 반경	mm	R_{sh}	15

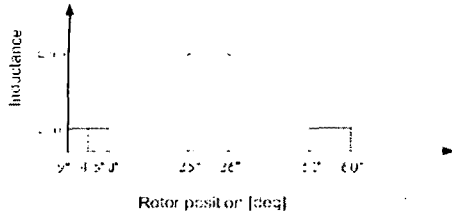
2.2 실험용 SRM의 인덕턴스 파형

제작한 단상 SRM은 그림 2.4처럼 회전자 극호 크기 β_r 가 26°이고 고정자 극호 크기 β_s 는 25°이다. 회전자와 고정자의 극 간격 τ 은 60°로 배치되어 있다. 그림 2.4에서 회전자 극이 고정자 극에 걸치기 시작하는 위치를 0°라고 하면 인덕턴스 파형은 그림 2.5와 같다. 인덕턴스 변하는 구간의 크기는 25°이고 최소 인덕턴스 구간은 $\tau - \beta_s + \beta_r = 9^\circ$ 이며 최대 인덕턴스 구간은 $\beta_r - \beta_s = 1^\circ$ 이다. [3][4]



<그림 2.4> 단상 SRM의 극호의 크기

그림 2.1은 단상 SRM의 고정자이고 그림 2.2는 단상 SRM의 회전자이다. 그리고 표 2.1은 단상 SRM의 설계 사양이다. 회전체의 무게를 작게 하는 내륜형 6/6극으로 단상 SRM을 설계했 하였다.

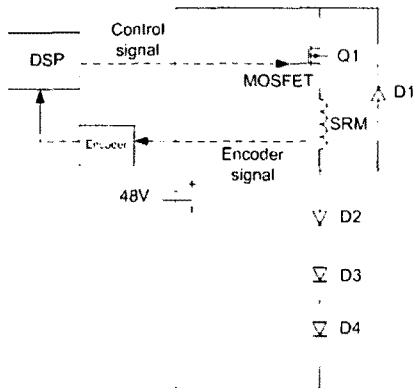


〈그림 2.5〉 단상 SRM의 인덕턴스 파형

그리고 단상 SRM의 시작기의 고정자 극호의 크기 β_1 가 25°, 회전자 극호의 크기 β_2 가 26°일 때 그림 2.5에 최대 인덕턴스 구간의 크기는 1°이고 최소 인덕턴스 구간의 크기는 9°가 된다. 그러므로 이론적으로 시작기를 여자시킬 수 있는 구간은 그림 2.5에서처럼 -4.5°~26° 사이가 된다. 시작기를 이론적으로 여자시킬 수 있는 구간이 -4.5°~26° 이므로 단상 SRM이 턴 온 (turn on) 되었다가 턴 오프(turn off)되는 도통각(Dewell angle)의 최대 범위는 -4.5°~26° 가 된다. [3][4]

3. 실험 방법 및 결과

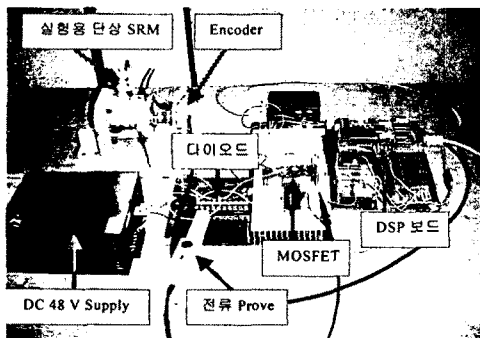
3.1 실험 방법



〈그림 3.1〉 제작한 유니폴라 구동회로

그림 3.1은 코일의 위에 스위칭 소자(MOSFET)가 위치해 있고, 다이오드가 스위칭 소자 위쪽과 코일의 아래쪽에 연결 되어 있다. 유니폴라 구동회로는 스위칭 소자(MOSFET)가 오프되고 역기전력이 접지 쪽으로 흐르게 하므로서 코일과 다이오드에서 빠르게 소비되도록 한다.

제작한 유니폴라 구동회로도 그림 3.1의 다이오드 D1은 역기전력을 전원으로 환원하기 위해서 설치 하였고 D2, D3, D4 는 또한 역기전력을 접지 쪽으로 흐르게 하므로써 다이오드 또는 코일 안에서 역기전력이 소비되도록 하였다.[5]



〈그림 3.2〉 제작한 유니폴라 구동회로의 실험 구성

실험에서는 엔코더의 위치를 -4°~26° 로 설정하여 실험하였다. 유니폴라 구동회로의 스위칭 소자로 MOSFET(FBA50CA50)를 사용하였으며 단상 SRM에는 다이오드(IN5403)를 설치하여 턴 온/오프 시에 유기되는 기전력을 전원으로 환원시켰다.

유니폴라 구동회로에서는 MOSFET(FBA50CA50)를 사용하였으며 기전력을 환원할 수 있도록 3개의 다이오드(IN5403)를 전원의 접지측에 직렬로 연결하였다. 시작기의 축에 엔코더를 설치하여 엔코더의 기준각(0°)을 고정자와 회전자가 접하기 시작하는 위치로 설정하였다. DSP 보드에는 도통각에 따른 온/오프 위치가 프로그램 되어있다. 실험장치의 전원은 단상 220V 전원을 변환한 48V 정전원을 사용하였고 DSP에서는 엔코더로부터 회전자

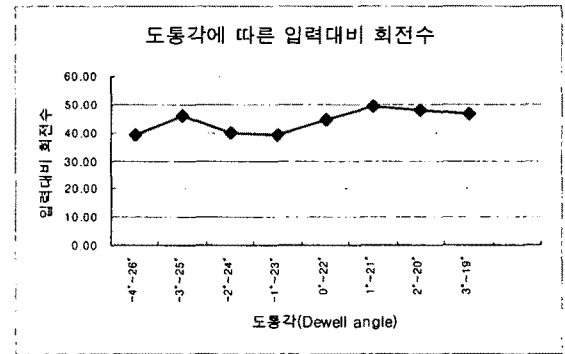
의 위치를 받아 턴 온/오프각 신호를 여자구간에 맞추어 출력되도록 하였다. 본 실험에서는 시작기의 턴 온/오프되는 각도인 -4°~26° 사이의 각을 1° 간격으로 변화시키면서 각각의 변화구간에 대해 도통각에 따른 회전수를 측정하였다.

3.2 실험 결과

표 3.1은 제작한 유니폴라 구동회로로 구동한 단상 SRM의 무부하 회전수를 측정하여 나타낸 것이다. 여자입력이 가장 많은 도통각 -4°~26°에서 회전수가 1472 (RPM)으로 가장 많고 여자입력이 가장 적은 3°~19°에서 793(RPM)으로 가장 작았다. 입력대비 회전수에서는 1°~21°의 여자구간에 49.40(RPM/W)로 가장 많았고 -4°~26°과 -1°~23°에서 38.83(RPM/W)로 가장 작았다.

〈표 3.1〉 유니폴라 구동회로의 무부하 회전수 및 입력 측정

여자 구간	-4°~26°	-3°~25°	-2°~24°	-1°~23°	0°~22°	1°~21°	2°~20°	3°~19°
회전수 (RPM)	1472	1449	1237	1131	1040	989	842	793
입력 (W)	37.91	31.82	30.95	29.12	23.37	20.02	17.49	17.07
입력대비 회전수 (RPM/W)	38.83	45.53	39.97	38.83	44.50	49.40	48.13	46.45



〈그림 3.3〉 도통각에 따른 입력대비 회전수

4. 결 론

본 연구에서는 시작기 단상 SRM의 속도를 측정하기 위하여 단상 SRM에 정전압을 인가하였고 앰페리트 엔코더와 DSP를 사용한 구동 장치를 이용하여 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하였다.

유니폴라 구동회로는 도통각 -4°~26°에서 속도가 1472 (RPM)으로 가장 빠르게 나타났는데 이와 같은 특성은 입력전원 가장 많기 때문으로 분석된다. 구동회로에서 도통각이 클 때 여자 입력 에너지가 많으므로 회전속도가 빠르다. 그리고 입력대비 회전수를 측정하여 1°~21°에서 49.40(RPM/W)로 가장 많이 나타나는 것을 확인하였다.

따라서 본 연구에서는 유니폴라 구동장치를 제작하여 실험을 통하여 속도와 입력대비 회전수를 측정하였고 단상 SRM의 드라이브 제작에 필요한 자료를 얻었다.

[참 고 문 헌]

- [1] T.J.E.Miller, "Switched reluctance motor drives", PCIM Reference Book, Intertec Communications, Inc., Ventura, California, 1988
- [2] H.R. Bolton and D.A.G.Pedder, "Low-cost reluctance drive system for low-power, low-speed application", IEE Conf. Pbul. 179, pp.88-92, 1979
- [3] 안진우, 황영문, "스위치드 릴럭턴스 전동기 구동과 응용", 신지서원, pp.65-80, 1998
- [4] Jong-Han Lee, Eun-Woong Lee, Yong-Houn Kim, "Design of Single Phase SRM for Blower Considering the Pole Arc", ICEE2004(Sapporo Japan), Vol.I, pp.236-240, July 2004
- [5] 진벽국조, "스테핑 모터의 제어회로 설계", 도서출판 세운, pp.35-41, 1996