

단상 SRM의 여자 구간에 따른 구동 특성

여상겸*, 이은웅**, 이민명***
 우송공업대학, 충남대학교**, 한밭대학교***

Driving Characteristics of Single Phase SRM with Exciting Section

Yeo Sang Kyom*, Lee Eun Woong**, Lee Min Myung***
 Woosong Technical College*, Chungnam Nat'l Univ.**, Hanbat Nat'l Univ.***

Abstract - Single phase SRM(Switched Reluctance Motor) can not be started by itself and torque ripple is more generated than multi-phase SRM. But it is excited by single phase current and has very simple structure. Therefore it can be used in domestic appliance.

Torque and speed of single phase SRM is controlled by adjusting exciting current and exciting section. Driver, which is composed with absolute encoder and DSP, is fabricated for control of exciting section on this paper. Then driving characteristics with exciting section is confirmed by using salient pole rotor type single phase SRM, which is fabricated in preceding research.

1. 서 론

단상 SRM은 모든 회전자 극이 고정자 극과 동시에 접하기 때문에 불연속 토크에 의해 토크 리플이 심하고 스스로 기동할 수 없다. 그러나 단상 권선에 의해 여자되고 기계적인 구조 및 구동장치가 다상 SRM을 비롯한 다른 전동기에 비해 간단하며 견고하기 때문에 범용 구동장치로 적합하다.[1][2]

단상 SRM은 회전자 극의 위치에 따라 여자 전원을 on/off해야 한다. 따라서 토크 및 속도를 제어하기 위해서는 여자 전류의 크기를 조절하거나 여자 전류가 인가되는 구간을 제어해야 한다.

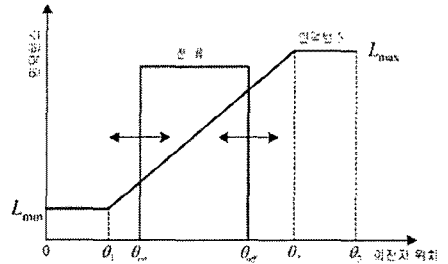
앞선 연구에서 회전자에 돌극을 설치하여 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 활용하는 회전자 돌극형 단상 SRM을 제작하였다.[3][4] 본 논문에서는 회전자 돌극형 단상 SRM에 정전압을 인가한 상태에서 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하기 위하여 앵글루트 엔코더(absolute encoder)와 DSP를 이용한 구동장치를 제작하였다. 그리고 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하여 그에 따른 단상 SRM의 구동 특성을 확인하였다.

2. 단상 SRM의 제어 방식

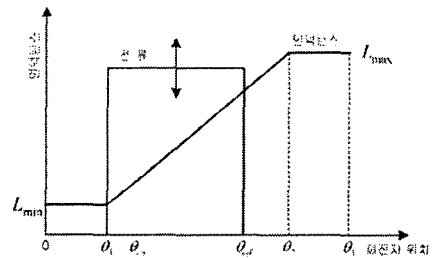
단상 SRM의 토크 및 속도는 여자 전류의 크기와 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하여 제어할 수 있다. 그림 1(a)는 여자 전류가 흐르는 구간, 그림 1(b)는 여자 전류의 크기를 조절하는 방법을 나타낸 것이다.

여자 전류가 흐르는 구간을 조절하면 토크가 발생하는 구간이 변하므로 토크의 맥동이 심해져 소음 및 진동의 원인이 된다. 여자 전류가 흐르는 구간을 일정하게 유지한 상태에서 여자 전류의 크기를 조절하면 토크 특성이 우수하지만 큰 전류를 제어하는 것이 쉽지 않고 가격이 상승하는 단점이 있다.

본 논문에서는 정전압을 인가한 상태에서 여자 전류가 흐르는 구간을 조절하는 방식으로 단상 SRM의 토크 및 속도를 조절하는 방법을 사용하였다.

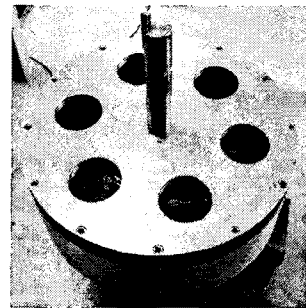


(a) 일정전류, 가변구간

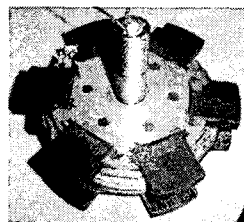


(b) 일정구간, 가변전류

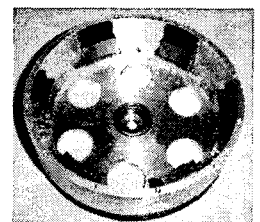
그림 1. SRM의 제어방식



(a) 전체 모델



(b) 고정자



(c) 회전자

그림 2. 회전자 돌극형 단상 SRM

3. 실험용 단상 SRM

3.1 구조

앞선 연구에서 제작된 회전자 돌극형 단상 SRM은 그림 2와 같다. "1"자 모양의 회전자와 "C"자 모양의 고정자가 60° 간격으로 6개씩 구성되어 있다. 회전자에는 돌극이 설치되어 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 활용할 수 있기 때문에 자속의 이용률이 높을 뿐만 아니라 단위 체적당 에너지 밀도도 크다. [3][4]

단상 SRM은 스스로 기동을 할 수 없기 때문에 기동 장치가 필요하다. 회전자 돌극형 단상 SRM은 회전자 상판에 영구자석을 설치하여 전동기의 회전 방향과 기동 위치를 설정할 수 있다. [5] 회전자를 포함하는 외함의 무게가 크기 때문에 회전자와 고정자가 5° 겹친 부분을 기동 위치로 설정하였다.

3.2 인덕턴스 파형

회전자 돌극형 단상 SRM의 회전자 극호의 크기는 24°, 고정자 극호의 크기는 26°이고 회전자 극과 고정자 극은 60° 간격으로 배치되어 있다. 회전자 극과 고정자 극이 접하기 시작하는 위치를 0°라고 하면 인덕턴스 파형은 그림 3과 같다. 인덕턴스가 변화하는 구간은 24°, 최소 인덕턴스 구간과 최대 인덕턴스 구간은 각각 10°, 2°이다.

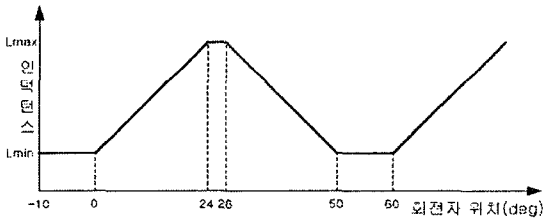


그림 3. 회전자 돌극형 단상 SRM의 인덕턴스 파형

4. 구동 시스템

48V의 정전압원을 단상 SRM에 인가한 상태에서 여자전류가 흐르는 구간을 조절할 수 있는 그림 4과 같은 제어 시스템을 구성하였다.

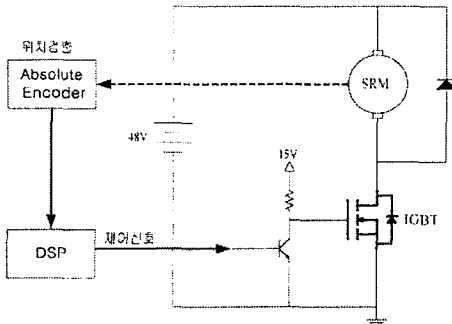


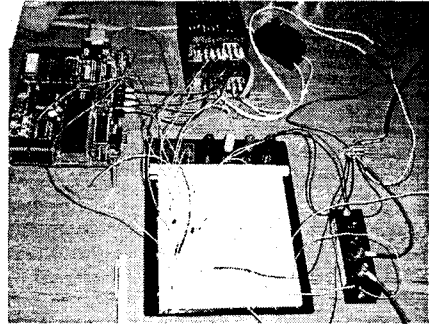
그림 4. 제어 시스템의 구성

전류의 방향이 토오크와 무관하고 단상 정전압원을 여자전원으로 사용하기 때문에 구동 부분은 하나의 전력용 반도체 소자로 구성되어 있다.

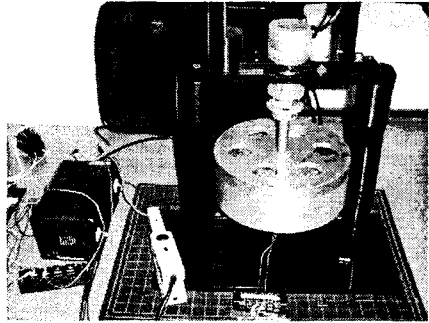
원하는 구간 동안 여자 전원을 인가하기 위해서는 회전자의 위치를 검출하는 엔코더가 필요하다. 제어 시스템의 전원이 꺼졌다가 다시 켜져도 위치 검출에 영향을

미치면 안되기 때문에 위치에 따라 항상 다른 위치 정보를 발송하는 분해능이 360°/8192인 앱설루트 엔코더를 사용하였다. 검출된 위치 신호를 분석하여 원하는 위치에서 IGBT를 on/off하는 것은 DSP로 처리하였다.

제작된 제어 시스템은 그림 5와 같다. 그림 5(a)의 왼쪽에 있는 것이 DSP이고 그림 5(b)의 전동기 위에 장치된 것이 앱설루트 엔코더이다.



(a) 제어부분



(b) 전동기 부분

그림 5. 제어 시스템

4. 여자 구간에 따른 구동 특성

회전자 극이 회전방향의 뒤에 위치한 고정자 극과 작용하여 부 토오크가 발생하는 것을 막기 위해서는 θ_{on} 의 위치가 비정렬위치의 중간 지점보다 앞서야 한다. 마찬가지로 θ_{off} 의 위치도 정렬위치의 중간 지점보다 작아야 한다. 따라서 회전자의 극 피치가 60°인 회전자 돌극형 단상 SRM의 여자 구간은 최대 -5° ~ 25°이다. [6] 그러나 잔류전류에 의한 부 토오크를 억제하기 위해서는 25° 이전에 여자 전류를 차단하는 것이 일반적이다. 최적의 운전 구간을 찾기 위하여 여자 구간을 -5° ~ 24° 사이에서 변화시키며 실험하였다.

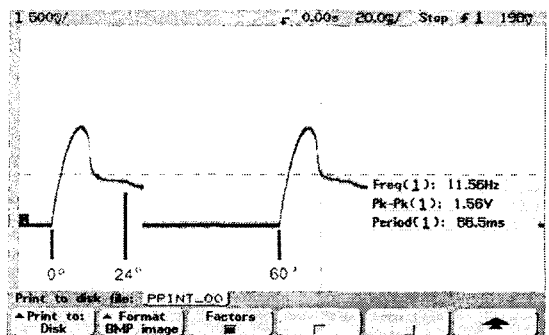


그림 6. 여자 구간 0° ~ 24°

그림 6는 0° ~ 24°까지 여자 전류가 흘렀을 때의 전류 파형이다. 여자 전류가 충분히 상승하는데 상당한 시간이 필요하고 여자 전류를 차단한 24° 이후에도 잔류 전류가 존재하는 것을 알 수 있다.

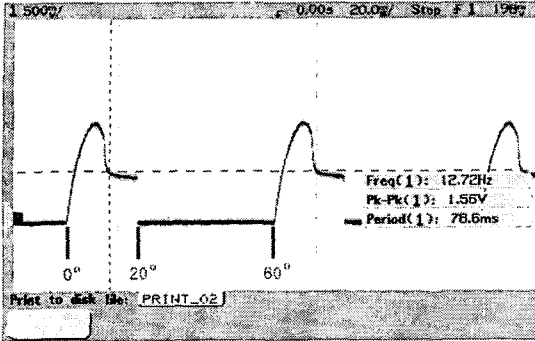


그림 7. 여자 구간 0° ~ 20°

인덕턴스가 감소하는 구간에서 잔류 전류가 흘러 부 토오크가 발생하는 것을 억제하기 위하여 0° ~ 20° 동안 여자 전류를 인가한 파형이 그림 7이다. 그림에서 잔류 전류가 존재하지 않는 것을 확인할 수 있다. 그리고 잔류 전류에 의한 부 토오크가 발생하지 않아 0° ~ 24° 보다 여자 구간은 적지만 속도는 15rpm 정도 더 빠르다.

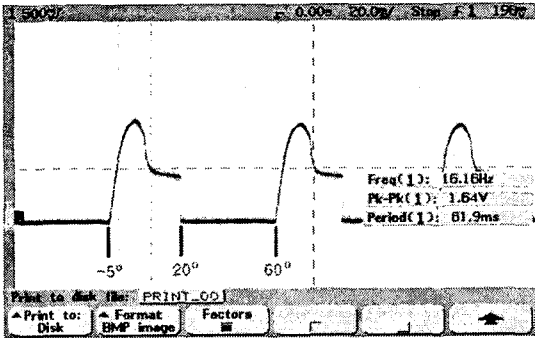


그림 8. 여자 구간 -5° ~ 20°

그림 8은 여자 전류가 충분히 상승하는데 필요한 시간을 확보하고 잔류 전류에 의한 부 토오크를 억제하기 위하여 -5° ~ 20° 까지 여자 전류를 인가했을 때의 전류 파형이다. 최소 인덕턴스 구간에서 여자 전류가 충분히 상승하기 때문에 0° ~ 20°까지 여자 전류가 인가된 경우보다 속도가 30rpm 정도 더 빠르다.

3. 결 론

여자 전류가 흐르는 구간에 따른 단상 SRM의 구동 특성을 확인하기 위하여 회전자의 절대 위치를 검출하는 엡설루트 엔코더와 검출된 위치 정보를 분석하는 DSP로 구성된 제어 장치를 제작하였다. 앞선 연구에서 제작한 회전자 돌극형 단상 SRM에 본 논문에서 제작한 제어 장치를 연결하여 -5° ~ 24°까지 여자 구간을 조절하면서 구동 특성을 실험한 결과 충분한 여자 전류의 상승을 위해 -5°에서 여자 전류를 인가하고 잔류 전류에 의한 부 토오크를 억제하기 위해 여자 전류의 차단 위치를 20°로 설정할 경우가 가장 구동 특성이 좋은 것을 확인하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] H.R. Bolton, D.A.G. Pedder, "Low-cost reluctance drive system for low-power, low-speed application", IEE Conf. Publ. 179, pp.88-92, 1979
- [2] C.C. Chan, "Single-phase switched reluctance motor", IEE Proc., Vol.134, Pt.B, No.1, pp.53-56, January 1987.
- [3] 이종한, 오영웅, 이은용, "3차원 FEM 해석에 의한 디스크형 단상 SRM의 시작기 제작과 특성 해석", 대한전기학회 논문지, 48권 B, No.6, pp.316-321, 1999
- [4] 이종한, 오영웅, 이은용, "디스크형 단상 SRM의 구동드라이브 제작과 성능 측정", 대한전기학회 논문지, 49권 B, No.1, pp.15-19, 2000
- [5] Kim Jun-Ho, Lee Eun-Woong, Oh Young-Woong, Lee Min-Myung, "Influence of Starting Permanent Magnet Installed in Salient Pole Rotor Type Single Phase SRM on Flux Linkage", ICEE 2001(China), Vol.3, pp.1777-1781, 2001. 7
- [6] G.S. Buja and M.I. Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part I : Operation in the saturated Region", IEEE Trans. Indu. Elec., Vol.38, No.5, pp.313-321, June 1991
- [7] G.S. Buja and M.I. Valla, "Control Characteristics of the SRM Drives-Part II : Operation in the saturated Region", IEEE Trans. Indu. Elec., Vol.41, No.3, pp.316-325, October 1991