영구자석 기동장치가 회전자 돌극형 단상 SRM의 무부하 속도에 미치는 영향

김준호*, 이은웅*, 조현길**, 이승민*, 이화수*
충남대학교 전기공학과*, LG산전**

The Influence of The Starting Permanent Magnet on No-Load Speed of The Salient Pole Rotor Type Single Phase SRM

Kim Jun Ho*, Lee Eun Woong*, Cho Hyun Kil**, Lee Seong Min*, Lee Hwa-Soo*
Chungnam Nat'l Univ.*, LGIS**

Abstract - Single phase SRM(switched reluctance motor) is very simple in structure and in driving circuit than three phase SRM. But it can't be started by itself. The prototype of salient pole rotor type single phase SRM was fabricated in former research and the starting device was installed in bottom of the rotor for generating start torque.

The starting device is composed of permanent magnet and it is placed the rotor at specific position which is generated positive torque when the prototype is started. Therefore the prototype was started by itself but it is also affected the torque and the speed in operation.

On this paper, the influence of the starting device on no-load speed of the prototype was confirmed by measurement of no-load speed according to installation of the starting device or not.

1. 서 론

3상을 비롯한 다상 SRM은 회전자와 고정자의 극수, 극호의 크기를 조절하여 모든 위치에서 토오크를 발생시킬수 있다. 따라서 회전자 위치에 관계 없이 스스로 기동이 가능하다. 그러나 단상 SRM은 토오크가 발생하지 않는 구간뿐만 아니라 부토오크가 발생하는 구간도 존재하기 때문에 기동을 시키기 위해서는 정지시에 정토오크가 발생하는 구간에 회전자를 정지시키는 기동장치가 필요하다.

본 실험실에서는 선행 연구[1][2][3]에서 회전자 안쪽에 돌극을 설치하여 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 활용하여 단위 체적당 에너지 밀도가 높은 회전자 돌극형 단상 SRM의 시작기를 제작하였다.

그리고 토오크가 발생하는 구간에 회전자를 정지시켜 스스로 기동을 할 수 있도록 시작기의 회전자 하판에 영구자석을 설치하였다.[3] 그러나 이 기동장치는 운전 중에 토오크 및 속도를 감소시키는 영향을 미칠 수 있다.

본 논문에서는 여자구간을 조절할 수 있는 구동 및 제어장치로 시작기를 구동하면서 영구자석 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도를 측정하여 시작기에 미치는 영향을 확인하였다.

2. 영구자석 기동장치

2.1 단상 SRM의 인덕턴스 파형

단상 SRM의 토오크는 식(1)과 같이 전류 i의 제곱에 비례하고 인덕턴스 L의 변화율에 반비례한다. 따라서 전류의 방향은 토오크의 방향과 무관하며 인덕턴스 변화율의 증감에 따라 토오크의 방향이 결정된다.

$$T_e = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \quad (1)$$

단상 SRM의 인덕턴스는 회전자/고정자 극호의 크기, 회전자/고정자 극 피치 등에 따라 그림 1과 같은 파형으로 나타난다. 그림 1에서 정방향 토오크가 발생하는 구간은 인덕턴스가 증가하는 $\theta_1 \sim \theta_2$이고, 부토오크가 발생하는 구간은 인덕턴스가 감소하는 $\theta_3 \sim \theta_4$이며, 인덕턴스의 변화율이 '0'인 $\theta_0 \sim \theta_1$, $\theta_2 \sim \theta_3$ 구간은 토오크가 발생하지 않는다. 따라서 단상 SRM을 기동시키기 위해서는 인덕턴스가 증가하여 정토오크가 발생하는 $\theta_1 \sim \theta_2$ 구간에 회전자를 정지시키는 기동장치가 필요하다.

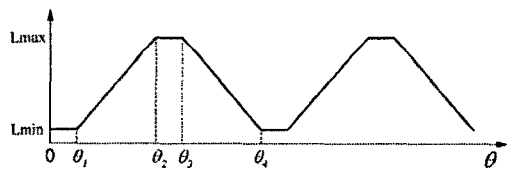
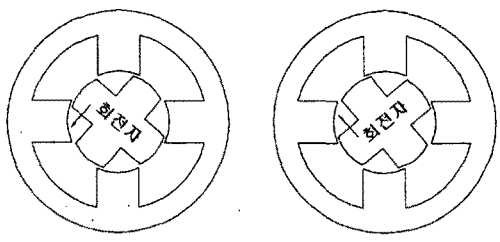


그림 1. 일반적인 단상 SRM의 인덕턴스 파형

그림 1은 회전자 극호와 고정자 극호의 상대적인 위치에 따른 인덕턴스 파형으로 회전방향이 바뀌어도 파형은 변하지 않고 회전방향에 따라 인덕턴스가 증가하는 구간과 인덕턴스가 감소하는 구간이 서로 바뀐다. 고정자 극과 회전자 극이 각각 4개인 단상 SRM의 회전자가 그림 2처럼 정지되어 있을 때 기동시키면 그림 2(a)는 반시계방향, 그림 2(b)는 시계방향으로 회전하게 되지만 인덕턴스 파형은 같다. 그러므로 단상 SRM의 회전방향을 선택하기 위해서는 회전자가 정지되는 위치를 결정하는 기동장치가 필요하다.



(a) 반시계방향 회전 (b) 시계방향 회전

그림 2. 회전자 위치에 따른 회전방향의 변화

2.2 영구자석 기동장치

그림 3은 시작기의 기동과 회전방향을 결정하는 영구자석 기동장치를 나타낸 것이다. 회전자 하판에 설치된

영구자석과 고정자에 수직으로 삽입된 쇠기둥이 작용하여 회전자를 인덕턴스가 증가하는 구간에 위치시켜 스스로 기동할 수 있도록 하고 시작기의 회전방향을 일정하게 한다.

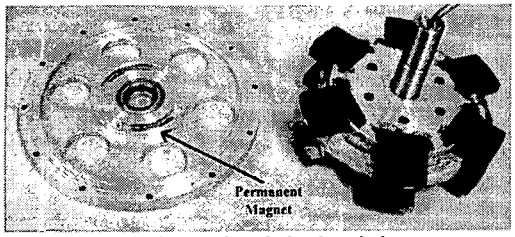
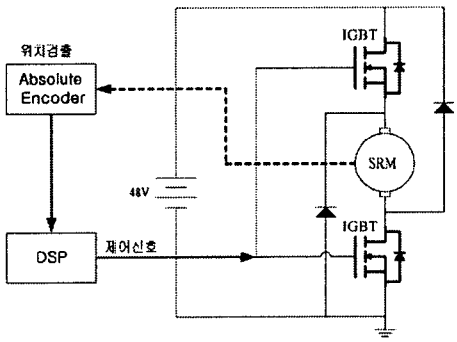


그림 3. 영구자석 기동장치

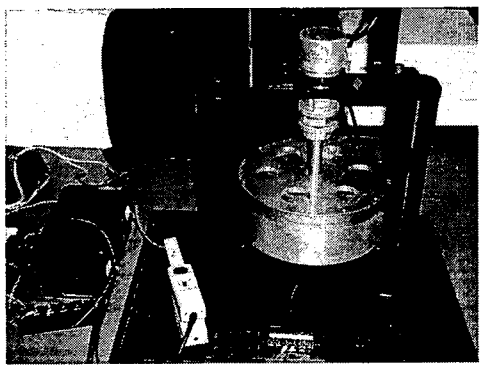
3. 무부하 속도

3.1 구동 및 제어 장치

영구자석 기동장치가 무부하 속도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 그림 4와 같이 구동 및 제어장치를 제작하였다. 여자구간을 조절하기 위하여 분해능이 360°°/8192인 앱솔루트 엔코더를 사용하였고, 엔코더에서 검출된 위치신호를 비교하여 원하는 위치에서 IGBT를 on/off하는 제어신호를 발생시키기 위해 DSP를 사용하였다.



(a) 구성도

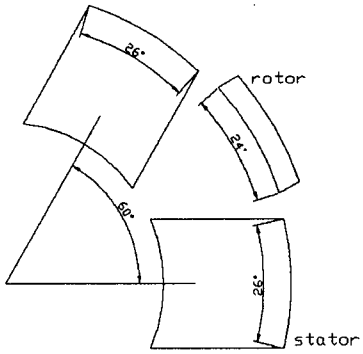


(b) 시작기

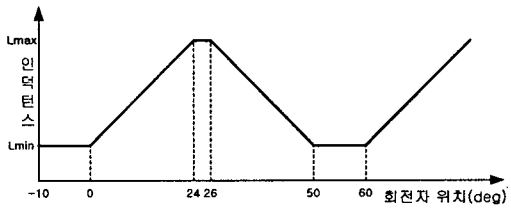
그림 4. 제어 및 구동장치

3.2 시작기의 인덕턴스 파형

회전자 돌극형 단상 SRM은 그림 5(a)처럼 회전자 및 고정자 극이 60° 간격으로 배치되어 있고 회전자 극호의 크기는 24°, 고정자 극호의 크기는 26°이다. 회전자 극호와 고정자 극호가 접하기 시작하는 위치를 0°라고 하면 시작기의 인덕턴스 파형은 그림 5(b)와 같다.



(a) 회전자 극과 고정자 극



(b) 인덕턴스 파형

그림 5. 시작기의 인덕턴스 파형

3.3 무부하 속도

인덕턴스 파형이 그림 5(b)와 같으므로 -5° ~ 25°까지 여자구간을 조절할 수 있다. 그러나 여자전류의 상승시간과 잔류전류를 고려해야 하므로 -3° ~ 22° 내에서 표 1과 같이 여자구간을 변경하며 영구자석 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도를 측정하였다. 표 1과 그림 6은 각각의 여자구간에서 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도를 나타낸 것이다.

표 1. 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도

여자구간	무부하 속도		속도 차이
	기동장치 무	기동장치 유	
-3° ~ 22°	637[rpm]	556[rpm]	81[rpm]
-2° ~ 21°	588[rpm]	510[rpm]	78[rpm]
-1° ~ 20°	538[rpm]	465[rpm]	73[rpm]
0° ~ 19°	483[rpm]	417[rpm]	66[rpm]
1° ~ 18°	429[rpm]	370[rpm]	59[rpm]
2° ~ 17°	373[rpm]	321[rpm]	52[rpm]

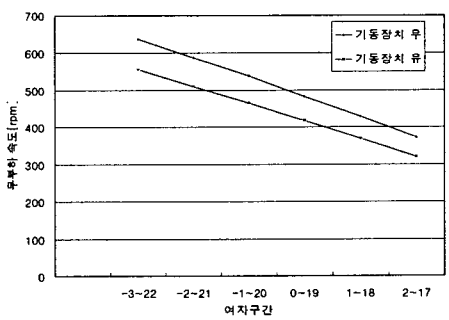
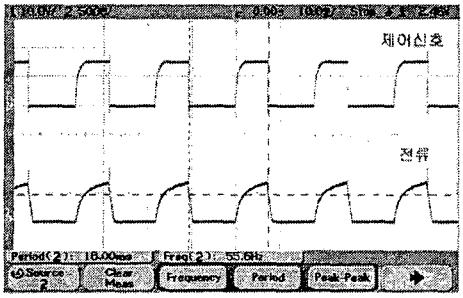


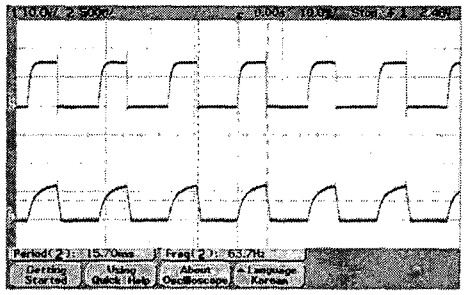
그림 6. 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도

여자구간이 -3° ~ 22°일 경우에 기동장치의 유무에 따른 속도 차이가 81[rpm]으로 가장 크고, 여자구간이 점점 작아질수록 속도 차이도 감소하여 2° ~ 17°일 경우에 가장 적음을 알 수 있다. 즉, 무부하 속도가 크면 클수록 영구자석 기동장치의 영향을 더 받는다. 따라서 기동장치로 영구자석을 사용할 경우에는 영구자석의 영향을 고려하여 설계를 해야 한다.

그림 7은 여자구간이 -3° ~ 22°일 때의 제어신호(위)와 전류(아래) 파형이다. 그리고 그림 8은 여자구간이 2° ~ 17°일 때의 제어신호와 전류 파형이다.

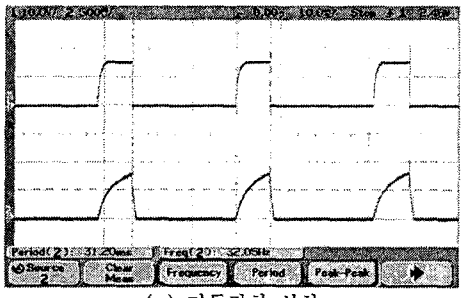


(a) 기동장치 설치

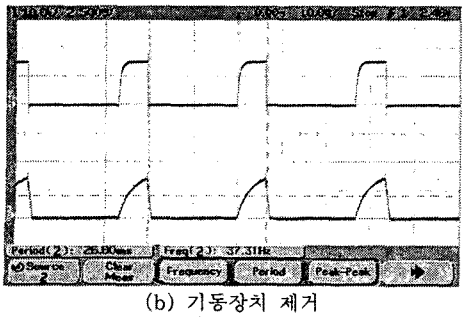


(b) 기동장치 제거

그림 7. 여자구간 -3° ~ 22°



(a) 기동장치 설치



(b) 기동장치 제거

그림 8. 여자구간 -2° ~ 17°

5. 결 론

회전방향을 결정하고 기동 토오크를 얻기 위해 시작기의 회전자 하판에 영구자석 기동장치를 설치하였지만 운정 중에도 계속 영향을 미쳐 토오크 및 속도 감소를 감소시킨다. 운전 중에 영구자석 기동장치가 무부하 속도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 구동 및 제어장치를 이용하여 여자구간을 변경시키며 기동장치의 유무에 따른 무부하 속도를 측정하여 무부하 속도가 크면 클수록 영구자석 기동장치의 유무에 따른 속도 차이가 크다는 것을 확인하였다. 따라서 영구자석 기동장치는 기동을 위해 필요한 장치이지만 운전 중에는 상당한 부하로 작용하고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 얻는 결과를 기본으로 앞으로는 기동장치에 사용된 영구자석과 무부하 속도와의 상관 관계에 대한 연구가 진행될 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] 이종한, 이은웅, 조현길, "디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 기본 설계", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.9-11, 1996

[2] 이종한, 이은웅, 이동주, "포화를 고려한 디스크형 단상 SRM의 3차원 유한요소해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A권, pp.325-327, 1998

[3] 이종한, 오영웅, 이은웅, "3차원 FEM 해석에 의한 디스크형 단상 SRM의 시작기 제작과 특성해석", 대한전기학회 논문지, 48권 B, No.6, pp.316-321, 1999