

영구자석 기동장치가 회전자 돌극형 단상 SRM의 평균 토크에 미치는 영향

김준호*, 이은웅**, 이충원**, 서정민*, 김견목*
 LG산전*, 충남대학교**

The Influence of The Starting Permanent Magnet on Average Torque of The Salient Pole Rotor Type Single Phase SRM

Kim Jun-Ho*, Lee Eun-Woong**, Lee Chung-Won**, Seo Jung-Min*, Kim Gyeon-Muk*
 LGIS*, ChungNam Nat'l Univ.

Abstract - Single phase SRM (switched reluctance motor) can not be start by itself because positive torque is generated in limited section. Therefore single phase SRM need starting device which is place the rotor in positive torque section when motor is begun to start.

The prototype of salient pole rotor type single phase SRM, fabricated in previous research, has permanent magnet starting device. It is installed in bottom of the rotor for starting by itself. But, it is affected the motor when driving and cause the decrease of torque and speed.

On this paper, average torque of the prototype was measured according to installation of the starting device or not. And influence of the starting device on average torque was confirmed by comparison of the results.

1. 서 론

여러 개의 극을 순차적으로 여자시켜 모든 영역에서 정 토크를 발생시킬 수 있는 3상 또는 다상 SRM과는 다르게 단상 SRM은 하나의 상으로 고정자극 모두를 동시에 여자시키므로 정 토크가 발생하는 구간이 한정되어 있다. 그러므로 3상 또는 다상 SRM은 스스로 기동이 가능하지만 단상 SRM은 스스로 기동을 할 수 없어 기동장치가 필요하다. 단상 SRM은 기동시에 회전자를 기동장치에 의해 정 토크가 발생하는 구간에 위치시켜 기동할 수 있도록 한다.[1][2]

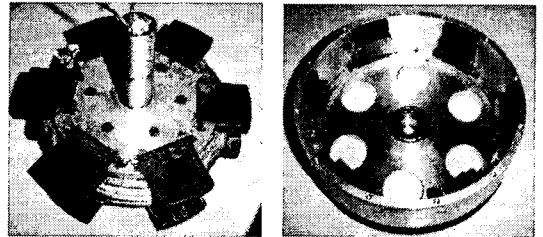
본 연구실에서는 선행 연구에서 회전자 돌극형 단상 SRM의 시작기를 제작하였고 기동장치로는 영구자석을 회전자 하판에 설치하여 시작기가 스스로 기동할 수 있도록 하였다.[3][4][5] 그러나, 이 영구자석 기동장치가 운전 중에 시작기에 토크 및 속도를 감소시키는 작용을 한다. 그래서 앞선 연구에서 영구자석 기동장치가 무부하 속도에 미치는 영향을 규명하였다.[6]

본 논문에서는 이 영구자석 기동장치가 평균 토크에 미치는 영향을 여자 구간을 변화시키면서 확인하였다.

2. 시작기의 구조

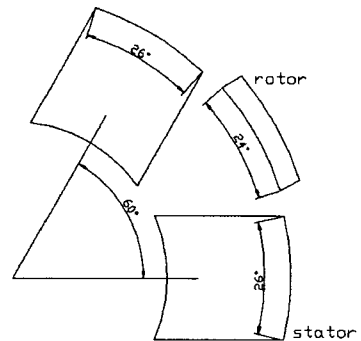
2.1 시작기의 구조

시작기는 그림 1(a), (b)처럼 회전자가 고정자의 바깥쪽에서 회전하는 외천형 구조로 되어 있다. 고정자극과 회전자극이 각각 6개로 60°간격으로 배치되어 있으며 그림 1(c)와 같이 고정자 극호의 크기는 26°, 회전자 극호의 크기는 24°이다.



(a) 고정자

(b) 회전자



(c) 고정자와 회전자 극호의 크기

그림 1. 회전자 돌극형 단상 SRM의 구조

2.2 시작기의 인덕턴스 파형

회전자 극호와 고정자 극호가 서로 접하기 시작하는 위치를 0°라고 하면 시작기의 인덕턴스 파형은 그림 2와 같다. 고정자 극호의 크기가 26°, 회전자 극호의 크기가 24°이므로 최대 인덕턴스 구간의 크기는 2°이고, 최소 인덕턴스 구간의 크기는 10°가 된다. 따라서 이론적으로 시작기를 여자시킬 수 있는 구간은 -5°~ 25° 사이이다.

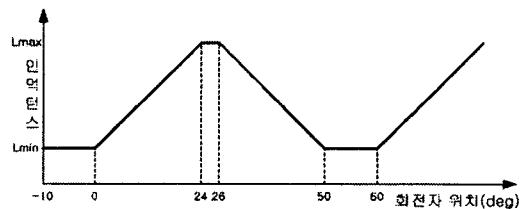


그림 2. 시작기의 인덕턴스 파형

3. 시작기의 기동장치

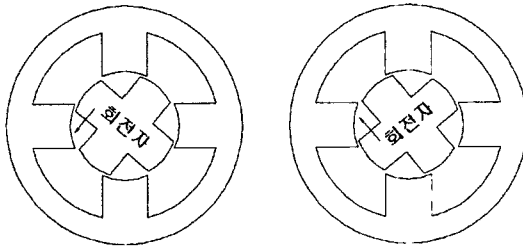
3.1 단상 SRM의 기동

단상 SRM의 토오크는 식(1)과 같다. 식(1)에서 확 인할 수 있듯이 토오크는 전류 i 의 제곱에 비례하고 인 덕턴스 L 의 변화률에 반비례한다.

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

그림 2의 시작기 인덕턴스 파형에서 최대 인덕턴스 구간인 $24^\circ \sim 26^\circ$, 최소 인덕턴스 구간인 $-10^\circ \sim 0^\circ$ 에 서는 토오크가 발생하지 않는다. $26^\circ \sim 50^\circ$ 사이에는 인 덕턴스의 변화률이 감소하는 구간이므로 부 토오크가 발 생한다. 정 토오크가 발생하는 구간은 인덕턴스가 증가 하는 $0^\circ \sim 24^\circ$ 뿐이다. 그러므로 단상 SRM을 기동시 키려면 기동할 때 회전자를 정 토오크가 발생하는 구 간에 위치시켜야만 한다.

기동뿐만 아니라 단상 SRM의 회전 방향을 결정하기 위해서도 기동장치가 필요하다. 그림 2의 인덕턴스 파형 에서 회전자를 $0^\circ \sim 24^\circ$ 사이에 위치하고 여자전류를 인가하면 회전자가 정렬위치로 이동하므로 오른쪽 방 향으로 회전한다. 그러나 $26^\circ \sim 50^\circ$ 사이에 회전자가 위 치하면 왼쪽으로 이동하며 정렬하기 때문에 왼쪽 방 향으로 회전한다. 즉, 그림 3(a)처럼 회전자가 위치하면 반 시계방향으로 회전하고 그림 3(b)처럼 회전자가 위치하 면 시계방향으로 회전한다.



(a) 반시계방향 (b) 시계방향 회전
그림 3. 회전자 위치에 따른 회전방향의 변화

3.2 시작기의 기동장치

그림 4처럼 시작기의 회전자 하판에 기동장치인 영구자석을 설치하였다. 영구 자석의 위치를 조절하 여 회전자의 정지 위치를 설정할 수 있어 시작기의 회전 방향을 결정할 수 있고, 인덕턴스가 상승하는 구간에 회전자를 위치시켜 스스로 기동할 수 있도록 한다.

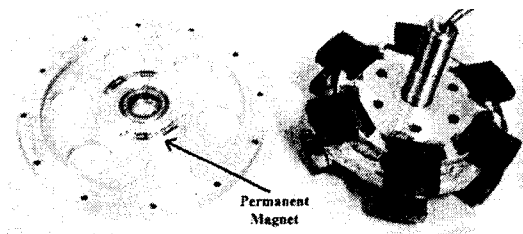


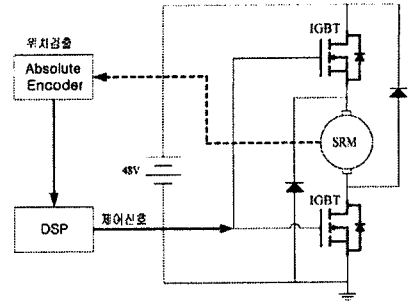
그림 4. 시작기의 기동장치

4. 평균 토오크

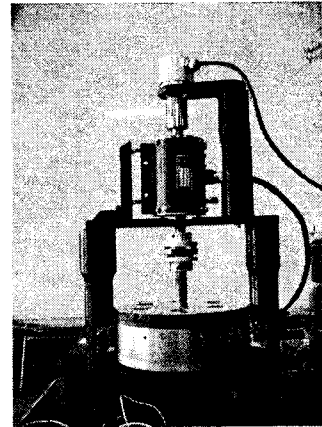
4.1 구동 및 제어장치

시작기의 구동 및 제어장치는 그림 5와 같다. 회전자 의 위치를 파악하여 여자 구간을 조절하기 위해 상부에 앰설루트 엔코더를 설치했으며, 가운데 위치한 것이 토 오크 미터, 아래에 있는 것이 시작기이다. 앰설루트 엔 코더의 신호를 분석하여 제어 신호를 발생하는 장치로는

DSP를 이용하였다.



(a) 구성도



(b) 구동 및 제어장치
그림 5. 실험 시스템

4.2 평균 토오크

시작기의 인덕턴스 파형은 그림 2와 같으므로 이론적 인 여자구간은 $-5^\circ \sim 25^\circ$ 사이이다. 실험에서는 잔류전 류에 의한 영향을 고려하여 $-4^\circ \sim 24^\circ$, 그리고 $0^\circ \sim 20^\circ$ 를 여자구간으로 설정하여 속도에 따른 평균 토오크 를 구하였다. 그림 6은 영구자석 기동장치의 유무에 따 른 평균 토오크의 차이를 나타낸 것이다.

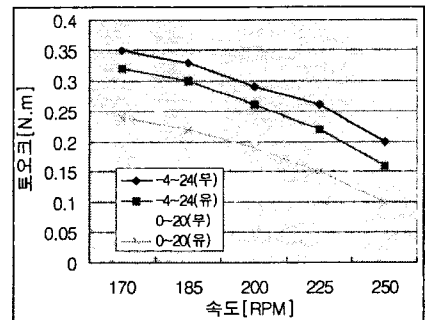


그림 6. 기동장치의 유무에 따른 평균 토오크

여자구간 $-4^\circ \sim 24^\circ$ 에서는 기동장치의 유무에 따른 평균 토오크 차이가 대략 $0.03[N.m]$ 이고, $0^\circ \sim 24^\circ$ 에서는 약간 낮은 $0.02[N.m]$ 이다. 그리고 기동장치의 유무에 따른 평균 토오크의 차이는 평균 토오크의 크기에 상관 없이 거의 일정하다. 즉, 고속도 저토오크 구동 을 할 경우에는 기동장치에 의한 토오크 감소가 상당히 크게 작용하겠지만 저속도 고토오크로 구동될 경우에는

영향이 작아짐을 알 수 있다.

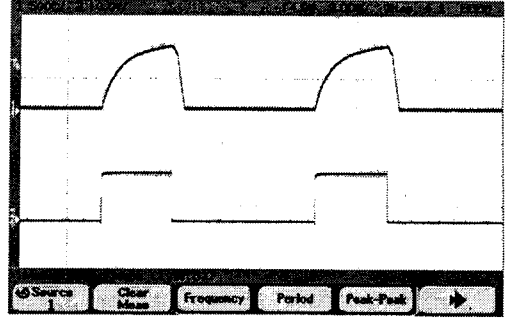
그림 7은 기동장치가 설치되어 있을 때에 발생하는 여자 전류와 제어 신호이고, 그림 8은 기동장치가 제거된 상태에서 구동할 때 발생하는 여자 전류와 제어 신호이다. 그림 7은 200(rpm)이고, 그림 8은 225(rpm)이다.

5. 결 론

회전자 돌극형 단상 SRM은 기동할 때 인덕턴스가 상승하는 구간에 회전자를 위치시켜 회전 방향을 결정하고 스스로 기동할 수 있도록 설치한 영구자석 기동장치는 운전 중에 속도 및 토크를 감소시켜 평균 토크에 미치는 영향을 확인하였다.

여자구간 $-4^{\circ} \sim 24^{\circ}$ 에서는 영구자석 기동장치의 영향으로 약 0.03(N.m)가 감소하였고, 여자구간 $0^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 에서는 약 0.02(N.m)가 감소하였다. 그리고 토크의 크기와는 무관한 거의 일정한 크기의 토크가 감소하는 것을 확인하였다.

따라서 영구자석 기동장치가 감속 및 토크 감소에 미치는 영향이 크지 않지만 도움이 되지 않으므로 다른 기동방법의 연구가 필요함을 확인하였다.

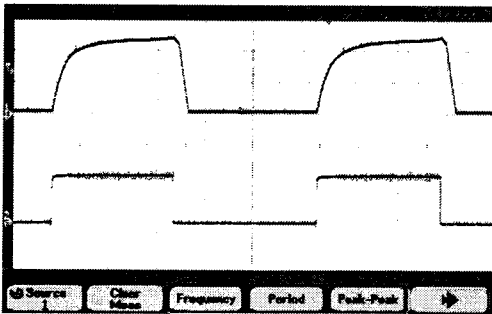


(b) 여자구간($0^{\circ} \sim 20^{\circ}$)

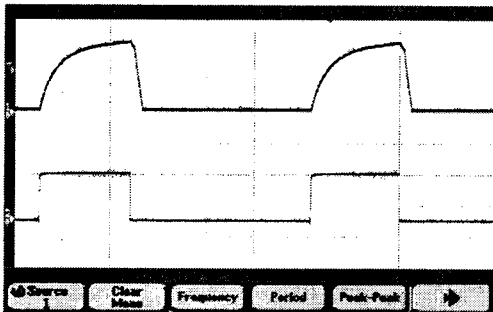
그림 8. 기동장치 무

[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] 이종한, 이은용, 조현길, "디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 기본 설계", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.9-11, 1996
- [3] 이종한, 이은용, 이동주, "포화를 고려한 디스크형 단상 SRM의 3차원 유한요소해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A권, pp.325-327, 1998
- [4] 이종한, 오영용, 이은용, "3차원 FEM 해석에 의한 디스크형 단상 SRM의 시작기 제작과 특성 해석", 대한전기학회 논문지, 48권 B, No.6, pp.316-321, 1999
- [5] 이종한, 오영용, 이은용, "디스크형 단상 SRM의 구동드라이브 제작과 성능 측정", 대한전기학회 논문지, 49권 B, No.1, pp.15-19, 2000
- [6] 김준호, 이은용, 조현길, 이승민, 이화수, "영구자석 기동장치가 회전자 돌극형 단상 SRM의 무부하 속도에 미치는 영향", 대한전기학회추계학술대회 논문집, pp.73-75, 2002.11

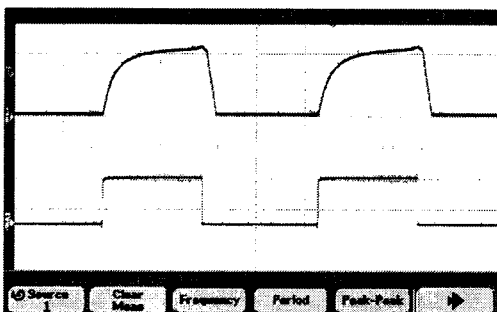


(a) 여자구간($-4^{\circ} \sim 24^{\circ}$)



(b) 여자구간($0^{\circ} \sim 20^{\circ}$)

그림 7. 기동장치 유



(a) 여자구간($-4^{\circ} \sim 24^{\circ}$)