

## 팬 구동용 디스크형 단상 SRM의 토오크 특성 측정

김용헌\*, 이종한\*, 이은웅\*, 이현우\*  
충남대학교\*

### Torque Characteristic Measurement of Disk Type Single Phase SRM for Fan Drive

Yong-Heon Kim\*, Jong-Han Lee\*, Eun-Woong Lee\*, Hyeon-Woo Lee\*  
Chungnam Nat'l Univ\*

**Abstract** - The single phase SRM has some demerits that has a torque ripple, noise and vibration because of being excited by switching pulse power source. Therefore, to make up for these demerits, it is realized many studies for the structure design used by computer and the operating methods by power electronic technique.

On this paper, we will measure the accurate torque characteristics of the disk type single phase SRM, which is designed and manufactured for fan drive through the previous studies. With this results, we'll find the control elements to reduce the torque ripple and then design and manufacture the optimal drive circuit.

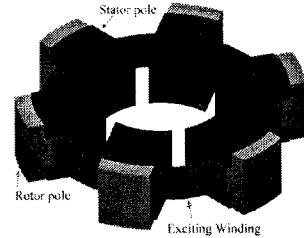


그림 1. 단상 SRM 시작기 모델

#### 1. 서 론

여러 개의 극을 회전 방향에 따라 순차적으로 여자시켜 모든 영역에서 정 토오크를 발생시키는 3상 또는 다상 SRM과 하나의 상으로 고정자극 모두를 동시에 여자시키므로 정 토오크가 발생하는 단상 SRM이 있다. 3상이나 다상 SRM은 정 토오크가 발생하는 각상의 구간이 중복되어 일정한 토오크가 발생하여 작은 토오크 리플이 발생하지만, 단상 SRM은 정 토오크가 발생하는 구간이 회전자 극과 조정자극이 일치 구간으로 정렬되기 전까지로 한정되어 일치되면 토오크가 발생하지 않으므로 간헐적인 토오크가 발생하게 되어 큰 토오크 리플이 발생한다[1][3].

본 논문에서는 선행연구에서 실측된 자화곡선에서 구간 인덕턴스와 전류를 비교 분석하여 단상 SRM의 토오크 리플을 감소시키는 여자구간을 선정하는 자료를 얻고자 한다.

#### 2. Disk형 단상 SRM 의 구조적 특징과 구동원리

그림 (1)은 시작기 모델을 나타낸 것으로 고정자 극과 회전자극이 각각 6개로 구성되어 있다. 하나의 단상 권선을 'I'형 고정자극에 감아 각 극이 동시에 여자될 수 있도록 하였고 회전자는 'I'자의 독극 외륜형이다. 돌극형 회전자는 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 활용할 수 있기 때문에 돌극이 없는 회전자 구조에 비해 자속의 회전자 표면적 이용률이 높다. 따라서 시작기는 단위체적당 에너지 밀도가 높게 된다[1][3].

고정자와 회전자의 극수가 같은 6개이므로 회전자극이 고정자 극과 일치하게 정렬되지 않는 위치에 정지하고 있어야 기동할 수 있고, 원통형 단상권선에 여자전류가 흐르면 6개의 고정자극이 동시에 여자되어 회전자극과 고정자극 사이에 자기저항이 최소화되는 방향으로 회전하며 완전히 정렬 위치에 도달하기 전에 여자전류를 차단하면 관성에 의해 회전자와 고정자의 벗어나게 되며 회전자극의 회전 방향 부분이 고정자극 사이의 가운데 위치를 벗어나갈 때 다시 여자하여 연속적인 회전력을 얻는 구동원리를 이용한다[1][3].

#### 3. 자화곡선과 인덕턴스 측정

단상 SRM은 고정자의 모든 극이 동시에 여자 되므로 고정자서 발생하는 자속을 측정하기가 곤란하여 고정자의 극에 서치코일을 별도로 감아 쇠교자속을 측정하였다.

$$v = Ri + \frac{d\Psi}{dt} \quad (1)$$

$$= Ri + L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{d\theta} \omega$$

여기서,  $v$ 는 권선의 단자전압,  $R$ 은 저항,  $i$ 는 전류,  $\Psi$ 는 쇠교자속,  $L$ 은 인덕턴스,  $\omega$ 는 각속도이다. 측정시 회전자를 고정시켜 위치 변화 속도에 대한  $L$ 의 변화를 무시하면 식 (1)의 쇠교자속  $\Psi$ 은 식 (2)로 구한다.

$$\Psi = \int (v - Ri) dt \quad (2)$$

식 (2)에서 저항  $R$ 은 동선 저항으로 매우 작은 일정값으로 권선에서 발생하는 열로 인한 저항의 변화는 무시하였다[1][2][4].

고정자에 대한 회전자 위치의 변화에 따라 각 위치에서 권선에 흐르는 전류와 서치코일에 나타나는 기전력을 측정하고, 식 (2)에 적용하여 각 위치와 전류에 따른 자화 곡선을 구하면 그림 (4)와 같다. 인덕턴스  $L$ 을  $\Psi/i$ 의 비로 정의 한다면 위치에 따른 인덕턴스 profile은 그림 (5)과 같다. SRM의 자기수반에너지  $W$ 는 식 (3)로 구해지며, 토오크  $T$ 는 식 (4)로 구해진다.

$$W_c' = \frac{1}{2} i^2 L \quad (3)$$

$$T = \frac{\partial W_c'}{\partial \theta} = \frac{1}{2} i^2 \frac{dL}{d\theta} \quad (4)$$

여기서,  $i$ 는 상권선의 전류,  $L$ 인덕턴스이다[1][2][4].

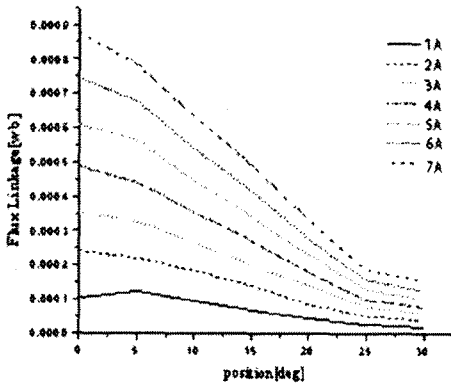


그림 4. 자화 곡선

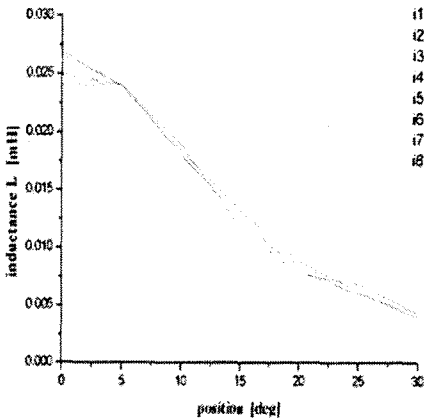


그림 5. 인덕턴스 프로파일

#### 4. 여자구간 설정과 토오크 산출

회전자 극호와 고정자 극호가 서로 접하기 시작하는 위치를 0°라고 하면 시작기의 인덕턴스 파형은 그림 (6)과 같다. 고정자 극호의 크기가 26°, 회전자 극호의 크기가 24°인 시작기 이므로 최대 인덕턴스 구간의 크기는 2°이고, 최소 인덕턴스 구간의 크기는 10°가 된다. 따라

서 이론적으로 시작기를 여자시킬 수 있는 구간은 -5°~25°사이 이다[3].

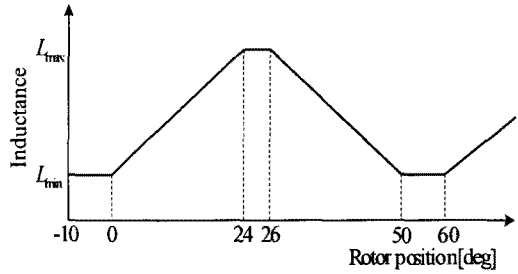


그림 6. 시작기의 인덕턴스 파형

측정된 인덕턴스 값과 그림 (7),(11)에서 측정된 전류를 계측기를 이용하여 5°간격으로 값을 측정한다. 측정된 전류값을 인덕턴스 profile과 대조하여 인덕턴스 중간 값을 측정된 전류에서의 인덕턴스 값으로 선형근사화한다. 이것을 이용하여 토오크식의 전류와 인덕턴스로 사용한다. 토오크 계산에 인덕턴스의 변화율은 변화된 인덕턴스 값에서 이전의 인덕턴스 값을 빼주면 되며, 각도의 변화는 5°도 간격으로 값을 측정했으므로 5°가 된다.

#### 5. 결 론

회전자 돌극형 단상 SRM을 여자구간에 따른 전류를 측정하여 인덕턴스 profile을 이용하여 선형근사화하여 토오크를 계산하였고, 여자구간이 토오크 리플에 미치는 영향을 확인하였다.

여자구간 0°~25°에서는 그림 (8)의 전류와 그림 (9)의 인덕턴스의 영향으로 그림 (10)의 15°~20°사이 토오크 리플이 커지는 것을 확인하였고, 여자구간 -5°~20°에서는 그림 (12)의 전류와 그림 (13)의 인덕턴스 영향으로 그림 (14)의 15°~20°사이 토오크 리플이 감소되는 것을 확인하였다.

따라서 토오크 리플을 줄일 수 있는 각도는 -5°~0°도 사이의 각이 되어야 하며, 회전자 돌극형 단상 SRM의 토오크 리플을 줄일 수 있는 각도는 -3° 또는 -4°로 정할 수 있다.

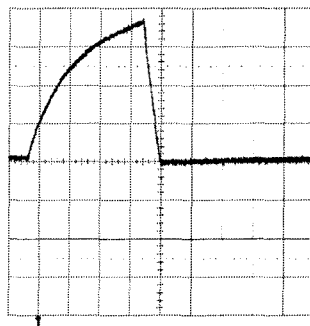


그림 7. 여자구간 0°~25°에서 측정된 전류

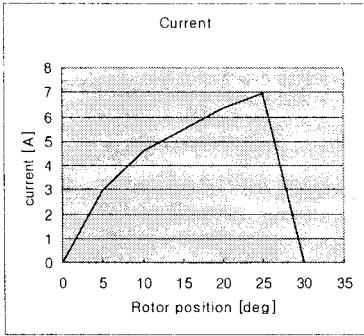


그림 8. 여자구간 0°~25°에서 전류

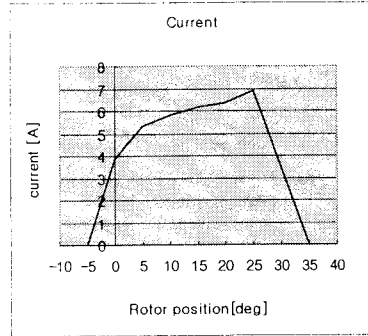


그림 12. 여자구간 -5°~25°에서 전류

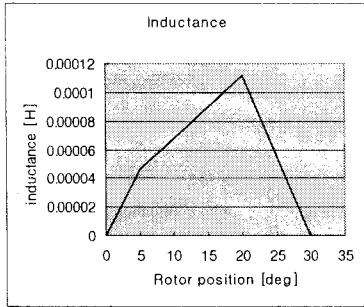


그림 9. 여자구간 0°~25°에서 인덕턴스

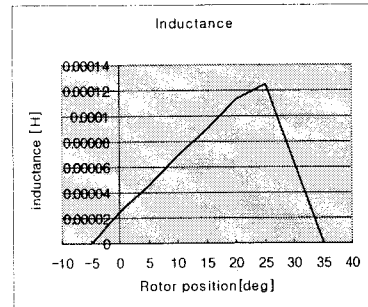


그림 13. 여자구간 -5°~25°에서 인덕턴스

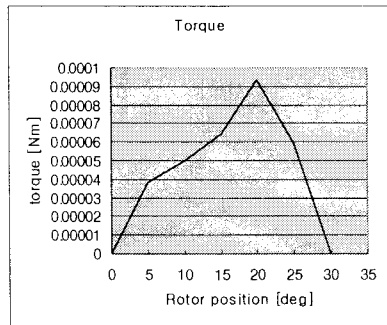


그림 10. 여자구간 0°~25°에서 토크

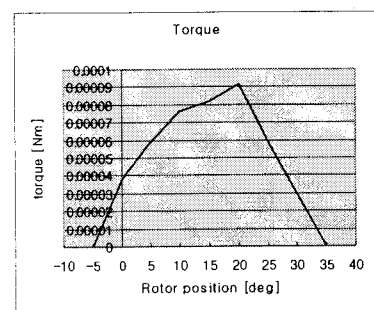


그림 14. 여자구간 -5°~25°에서 토크

### [참 고 문 헌]

- [1] 이충원,이은용,이종한,오영웅, "Disk형 단상 스위치드 리플턴스 전동기의 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p.988-990, 2003.7
- [2] 이충원,이종한,이은용,오영웅, "Disk형 단상 SRM의 기본 특성 해석을 위한 자화 곡선 측정", 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp.91-93, 2003.4
- [3] 김준호,이은용,이충원,서정민,김건목, "영구자석 기동장치가 회전자 돌극형 단상 SRM의 평균 토크에 미치는 영향", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1030-1032, 2003.7
- [4] Jong-Han Lee,Eun-Woong Lee,Chung-Won Lee, "Analysis of the Characteristic of the Disk Type Single Phase SRM", ICEMS2003(Baijing Chana),vol.1, pp.203-233, 2003.11

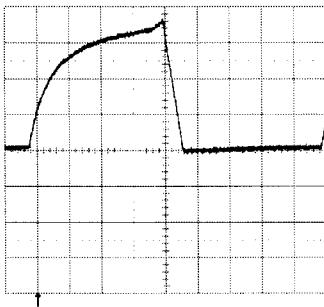


그림 11. 여자구간 -5°~25°에서 측정된 전류