

## 회전자 돌극형 단상 SRM에서 극호와 돌극 길이가 토오크에 미치는 영향

김준호\*, 이은웅\*, 오영웅\*, 이민명\*\*, 여상경\*\*\*  
 충남대\*, 한밭대\*\*, 우송대\*\*\*

### Influence of Pole Arc and Salient Pole length on Torque of Salient Pole Rotor Type Single Phase SRM

Kim Jun-Ho\*, Lee Eun-Woong\*, Oh Young-Woong\*, Lee Min-Myung\*\*, Yeo Sang-Kyom\*\*\*  
 Chungnam Nat. Univ.\*, Hanbat Nat. Univ.\*\*. Woosong Univ.\*\*\*

**Abstract** - The salient pole rotor type single phase SRM has a salient pole in the rotor in order to use axial direction fluxes and radial direction fluxes simultaneously. A flux linkage between the rotor and the stator are increased because of the salient pole in the rotor.

But, the inductance at unaligned position and aligned position is increased together. Therefore, the length of pole arc and salient pole should be selected that the inductance increment at aligned position is higher than the inductance increment at unaligned position.

On this paper, we will be studied the influence of the pole arc and the salient pole length on the torque of the salient pole rotor type single phase SRM.

#### 1. 서 론

회전자 돌극형 단상 SRM은 회전자에 돌극이 존재하여 축방향 자속과 방사방향 자속을 동시에 활용할 수 있는 구조이다. 자속의 이용률이 높아 체적당 에너지 밀도가 높고 범용 유도전동기에 비해 축방향 길이를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.[1][2]

회전자에 있는 돌극으로 고정자와 회전자가 접하는 면적이 늘어나기 때문에 쇄교하는 자속이 많아져 인덕턴스도 증가한다. 그러나, 극호와 돌극의 길이에 따라 정렬위치와 비정렬위치에서의 인덕턴스 증가가 다르게 나타난다.

SRM의 토오크는 인덕턴스의 변화량에 큰 영향을 받는다. 즉, 비정렬위치에서의 인덕턴스와 정렬위치에서의 인덕턴스 차이가 클수록 토오크가 증가한다. 따라서, 비정렬위치보다 정렬위치에서의 인덕턴스가 더 증가하도록 극호와 돌극의 길이를 결정해야 된다. 따라서, 본 논문에서는 극호와 돌극의 길이가 토오크에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

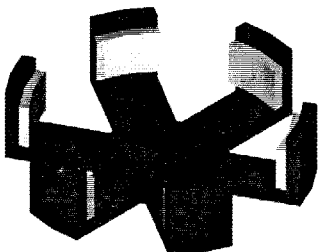


그림 1. 돌극이 있는 회전자

#### 2. 돌극의 길이가 토오크에 미치는 영향

#### 2.1 돌극의 효과

그림 1은 회전자 돌극형 단상 SRM의 회전자 모델이다. 회전자 안쪽에 있는 것이 돌극으로 그림 2처럼 방사방향 자속 뿐만 아니라 축방향 자속까지 활용하는 것이 가능하다. 따라서, 돌극이 없는 구조에 비해 자속 이용률이 높아서 체적당 에너지 밀도가 크다.[3]

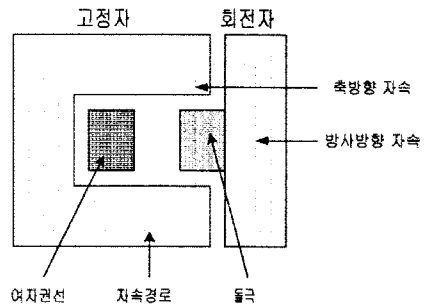


그림 2. 축방향 자속과 방사방향 자속의 이용

#### 2.2 돌극 조건

회전자에 돌극이 존재하면 자속의 사용률이 높아져서 인덕턴스가 증가한다. 그러나, 그림 3처럼 돌극의 길이가 너무 길면 비정렬위치에서 고정자 극이 회전자 돌극과 근접하게 되어 비정렬위치에서의 인덕턴스가 급격히 증가하게 된다. 즉, 정렬위치에서의 인덕턴스 증가량이 비정렬위치에서의 인덕턴스 증가량보다 작게되어 토오크가 감소하게 된다. 그러므로, 돌극의 효과를 충분히 얻기 위해서는 정렬위치와 비정렬위치에서의 인덕턴스 증가량을 고려하여 돌극의 길이를 결정해야 한다.

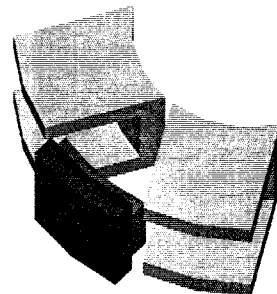


그림 3. 비정렬위치에서의 돌극 크기

그리고, 돌극이 여자 권선을 감는 고정자 극의 공간을 차지하므로 여자에 필요한 권선수를 감는데 소요되는 공간을 충분히 고려하여 돌극의 길이를 조절해야 된다.

## 2.3 돌극의 길이에 따른 토오크 변화

### 2.3.1 자속밀도 분포

그림 4는 6극 시작기에서 고정자와 회전자 극호가 27°, 축길이 32[mm], 그리고 고정자 외경이 60[mm], 회전자 내경이 60.2[mm]인 해석 모델이다. 3차원 유한요소법을 이용하여 기자력을 200[AT]로 입력하고 돌극의 길이를 증가시키면서 자속밀도 분포를 해석하였다. 그림 5는 비정렬위치에서 돌극의 길이에 따른 자속밀도 분포를 나타낸 것이다.

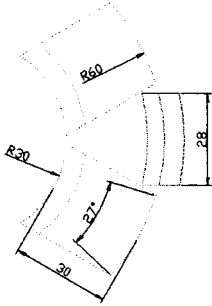
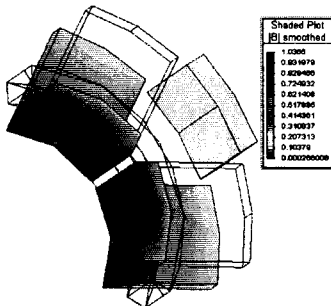
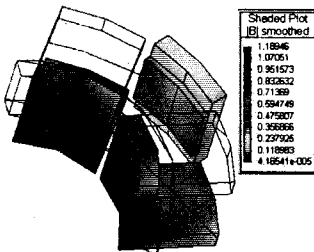


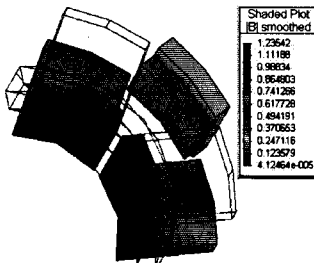
그림 4. 해석 모델



(a) 돌극 길이 0[mm]



(b) 돌극 길이 2.2[mm]



(c) 돌극 길이 5.2[mm]

그림 5. 돌극의 크기에 따른 자속밀도 분포

그림 5에서 돌극의 길이가 길어질수록 돌극의 자속밀

도가 높아지고, 돌극과 인접한 고정자의 자속밀도도 커진다는 것은 확인할 수 있다.

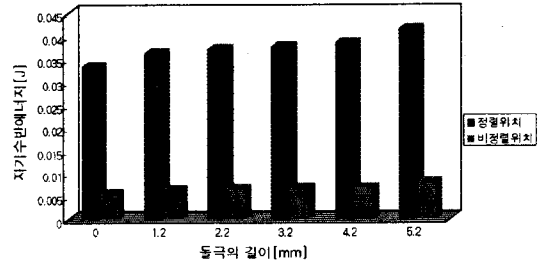
### 2.3.2 순간 토오크

식(1)과 3차원 유한요소법으로 구한 자속밀도 분포를 이용하여 돌극의 길이에 따른 자기수반에너지 분포를 구하였다. 그리고, 식(2)를 이용하여 순간 토오크를 구하였다. 자기수반에너지 분포와 순간 토오크의 변화는 그림 6과 같다.(4)

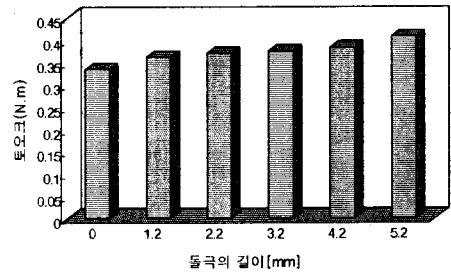
$$W = 2 \int \left( \frac{1}{2} \nu B^2 \right) dV - \nu_0 \int (HdB) dV \quad (1)$$

$$T = \frac{\partial W_c}{\partial \theta} \quad (2)$$

여기서,  $\nu$  : 자기저항율,  $\nu_0$  : 진공에서의 자기저항율,  $B$  : 자속밀도,  $H$  : 자계세기이다.  $W_c$  : 자기수반에너지,  $\theta$  : 회전자 위치이다.



(a) 자기수반에너지 분포



(b) 순간 토오크 변화

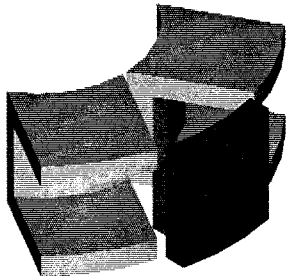
그림 6. 돌극의 길이에 따른 자기수반에너지와 토오크의 변화

그림 6에서 돌극의 길이가 커질수록 정렬위치와 비정렬위치에서의 인덕턴스가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 특히, 4.2[mm]부터 인덕턴스가 급격히 증가한다. 그러므로, 그림 4의 해석 모델에서는 돌극의 길이를 약 4~5[mm]로 결정하는 것이 좋다.

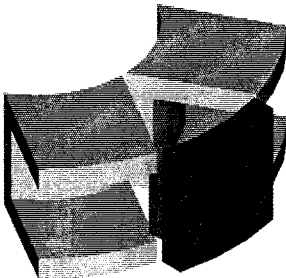
## 3. 극호의 길이가 토오크에 미치는 영향

### 3.1 자속밀도 분포

돌극의 길이에 따라 비정렬위치에서의 인덕턴스가 변화하지만, 돌극의 길이가 일정한 상황에서 극호의 크기에 따라라도 비정렬위치에서의 인덕턴스가 달라진다. 그림 7은 그림 4의 고정자 극호( $\beta_s$ )를 29°, 회전자 극호( $\beta_r$ )를 각각 29°, 30°로 변경하고 돌극의 길이는 4.2[mm]로 설정한 해석 모델이다. 그림 7에서 알 수 있는 것처럼 극호의 길이가 인덕턴스 변화 주기의 1/2에 근접할수록 돌극과 고정자가 겹치는 부분이 증가하여 비정렬위치에서 인덕턴스가 증가한다.



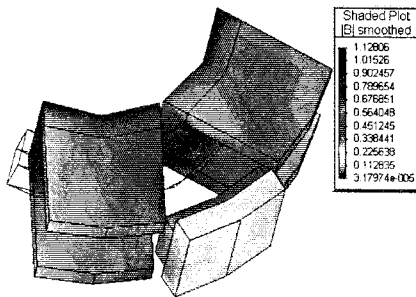
(a)  $\beta_s = \beta_r = 29^\circ$



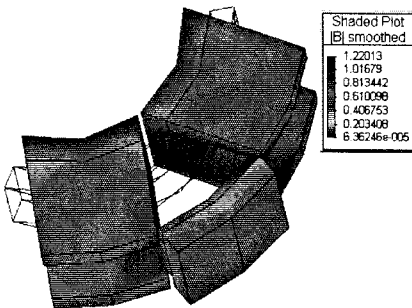
(b)  $\beta_s(29^\circ) < \beta_r(30^\circ)$

그림 7 비정렬위치에서의 극호 크기

그림 7의 해석 모델을 이용하여 고정자 극호를  $29^\circ$ 로 유지한 상태에서 회전자 극호를  $26^\circ \sim 30^\circ$ 까지 변화시키면서 유한요소법을 이용하여 자속밀도 분포를 해석하였다. 그림 8은 자속밀도 분포를 나타낸다.



(a) 회전자 극호 크기  $27^\circ$



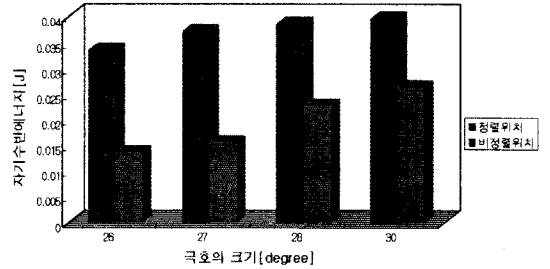
(b) 회전자 극호 크기  $30^\circ$

그림 8. 극호의 크기에 따른 자속밀도 분포

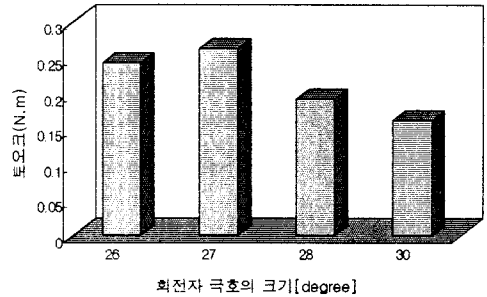
### 3.2 자기수반에너지

2.3.2절과 같은 방법으로 극호의 크기에 따른 자기수반에너지 분포와 순간 토오크를 그림 9와 같이 구하였다. 회전자 극호의 크기가  $27^\circ$ 일 때부터 비정렬위치에서의

자기수반에너지가 급격히 증가하여 토오크가 감소하는 것을 그림 9에서 확인할 수 있다. 그러므로, 고정자 극호의 크기가 인덕턴스 변화주기의  $1/2$ 과 비슷하면 비정렬위치에서 인덕턴스의 급격한 증가를 막기 위해 회전자 극호를 고정자 극호보다 작게해야 된다. 단, 고정자 극호의 크기가 인덕턴스 변화주기의  $1/2$ 보다  $2^\circ \sim 3^\circ$  이상 작으면 회전자의 극호를 고정자의 극호와 같게 해도 된다.



(a) 자기수반에너지 분포



(b) 순간 토오크 변화

그림 9. 극호의 크기에 따른 자기수반에너지와 순간 토오크의 변화

## 4. 결 론

회전자 돌극형 단상 SRM은 돌극과 극호의 크기에 따라 정렬위치와 비정렬위치에서의 인덕턴스 증가량이 변화하기 때문에 돌극의 효과를 최대한 얻기 위해서는 정렬위치에서의 인덕턴스 증가량이 비정렬위치에서의 증가량보다 커야 된다.

본 논문에서는 돌극과 극호의 크기에 따라 정렬위치와 비정렬위치에서의 자속밀도 분포 및 자기수반에너지 분포를 3차원 유한요소법으로 해석하여 토오크에 미치는 영향을 확인하였다. 또한, 비정렬위치에서의 인덕턴스 증가를 억제하기 위하여 돌극의 길이를 제한해야 된다는 것과 회전자의 극호가 고정자의 극호보다 작거나 같아야 된다는 것을 확인하였다.

### (참 고 문 헌)

- [1] C.C.Chan, "Single-phase switched reluctance motor" IEE Proc., Vol.134, Pt.B, No.1 pp.53-56, January 1987
- [2] 이종한, 이은용, 조원길, "디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 기본 설계", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.9-11, 1996
- [3] 오영용, 이종한, 이은용, 우성봉, 김성중, 이민명, "디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 공극 자속밀도의 3차원 해석", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B권, pp.194-196, 1999, 7
- [4] 오영용, 이은용, 김성중, 우성봉, 이민명, "디스크형 단상 스위치드 릴럭턴스 모터의 토오크 계산", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp.194-196, 1999, 10