

# 가상 dq축 기반 단상 영구자석 동기 전동기 회전자 자극 검출

서승우<sup>1</sup>, 이선영<sup>1</sup>, 김한얼<sup>1</sup>, 황선환<sup>†</sup>, 박종원<sup>2</sup>  
 경남대학교<sup>1\*</sup>, 지엠비코리아(주)<sup>2</sup>

## Rotor Polarity Detection Of Single-phase Permanent Magnet Synchronous Motor Based On Virtual dq-axis

Sung-Woo Seo<sup>1</sup>, Seon-Yeong Lee<sup>1</sup>, Han-Eol Kim<sup>1</sup>, Seon-Hwan Hwang<sup>†</sup>, Jong-Won Park<sup>2</sup>  
 Kyungnam University<sup>1\*</sup>, GMB Korea Corp.<sup>2</sup>

### ABSTRACT

본 논문에서는 단상 영구자석 동기 전동기의 센서리스 운전을 위한 회전자 자극 검출 기법을 제안한다. 제안한 회전자 초기 자극 검출 방법은 비대칭 공극을 갖는 단상 영구자석 동기 전동기에 고주파 전압 및 옴셋 전류를 인가하여 회전자 자극 위치에 따른 전류 옴셋의 크기를 검출함에 있다. 이를 위해 가상의 dq축 모델을 이용한 고정자 전류의 크기를 비교하여 회전자 자극을 검출하고자 한다. 제안된 방법은 다수의 실험 결과를 통해 타당성을 입증하였다.

### 1. 서론

높은 전력 밀도와 효율을 가지는 영구자석 동기 전동기(PMSM)의 사용은 지속적으로 증가되고 있다. 최근 효율 및 경량화의 필요성이 증가되는 가전분야에서 단상 PMSM의 활용도가 증가되고 있다. 단상 PMSM의 경우 단일 전류 센서, 스위치 소자 개수가 줄어들어 따라서 비용과 크기 면에서 우수한 장점을 가진다. 그러나 3상 PMSM과 달리 비대칭 공극 설계가 일반적이며<sup>[1-2]</sup>, 위치 센서 및 노이즈, 고온 특성의 문제로 센서리스 제어 알고리즘이 필요하다. 논문의 경우 단상 PMSM의 센서리스 운전을 위해 초기 회전자 자극 검출 기법을 제안한다. 제안한 방법은 고주파 전압 주입 기법을 이용하여 가상의 dq축 모델을 이용한 고정자 전류의 크기를 관찰하여 초기 회전자 자극을 검출한다. 제안된 방법은 다수의 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 단상 PMSM 회전자 자극 검출 기법

단상 PMSM의 전압 방정식 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v_s = R_s i_s + L_s \frac{di_s}{dt} + \omega_r \lambda_{pm} \quad (1)$$

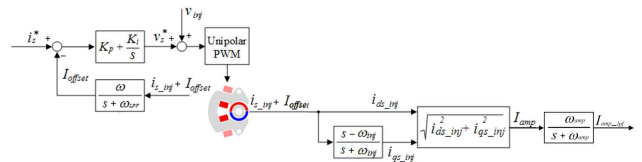
위의 식에서  $v_s$ 는 고정자 전압이며  $R_s$ ,  $L_s$ 은 고정자 저항 및 인덕턴스  $i_s$ 는 고정자 전류,  $\omega_r$ 와  $\lambda_{pm}$ 은 각속도 및 회전자 영구자석에 의한 쇄교 자속이다.

고주파 전압을 기반으로 정지 상태에서  $\omega_r$ 은 0이며, 고정자 저항 전압 강하를 무시할 때 식 (2)와 같이 표현 할 수 있다.

$$v_{s\_inj} = \omega_{inj} L_s i_{s\_inj} \quad (2)$$

이에 단상 PMSM을 기동시키는 전압보다 작은 고주파 전압의 영향으로 정지상태에서 발생된 교번 자계 및 자속의 변화는 회전자 영구자석의 쇄교자속의 영향으로 고정자 공극에서의 증자 및 감자가 일어나며 비대칭 공극에서 부분적으로 포화, 비포화가 나타난다. 부분적인 포화로 인해 고정자  $L_s$  값의 변동을 야기하며 유도된 전류의 경우 회전자 극성에 따른 크기 편차가 발생한다. 이때, 단상 PMSM의 경우 인가되는 전압의 크기에 따라 포화가 발생되지 않는 범위에서 자극 판별의 어려움이 있다. 따라서 옴셋 전류를 주입하여 부분적 포화 효과를 증대시켜 극성 판별의 용이성을 증가시킨다.

그림 1은 제안된 알고리즘의 전체 블록다이어그램이다. 이와 같이 유도된 전류는 APF를 이용하여 만들어진 가상의 dq축을 기반 하여 회전자 자극을 판단할 수 있다.



1 가상 dq축 기반 회전자 자극 검출 블록도

Fig. 1 Block diagram of rotor stimulus detection based on virtual dq-axis

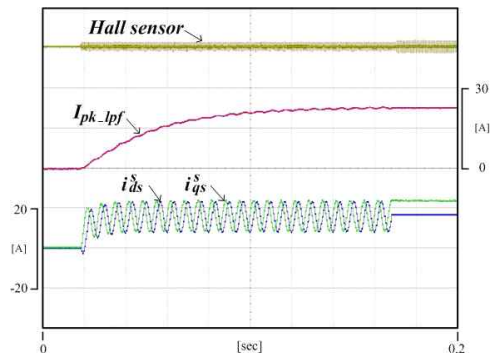
#### 2.2 실험 결과

그림 2는 정지 상태에서 고주파 전압 및 옴셋이 인가 될 때 유도된 전류를 바탕으로 가상의 dq축 기반으로 출력된 값을 저역통과 필터를 통해 검출된 자극 정보 결과를 보여주고 있다. 그림 3의 (a)는 hall 신호가 High 상태로 유도된 전류의 크기가 작아 N극, (b)의 경우 hall 신호가 Low 상태로 유도된 전류의 크기가 상대적으로 큼으로 S극으로 판별 할 수 있다.

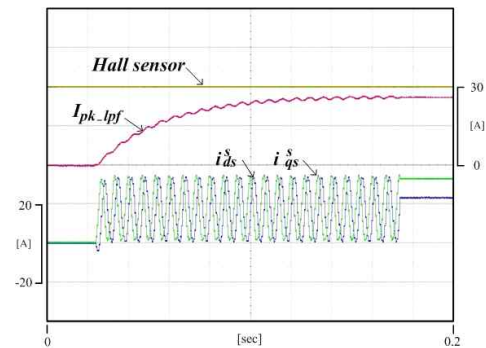
### 3. 결론

본 논문에서는 단상 영구자석 동기 전동기의 정지 상태에서 회전자 자극 검출을 위한 방법을 제안한다. 제안된 방법의 경우 고주파 전압 주입을 통해 회전자 영구자석의 영향을 고려한 자기적 특성을 이용하여 가상의 dq축을 기반으로 유도된 전류의 크기 판별을 통한 회전자 자극을 검출하고 있다. 이를

통해 센서리스 운전에서 역기전력 및 자속 추정이 불가능한 정지상태에서의 초기 자극 검출을 통한 안정적인 센서리스 운전이 가능하다.



(a) Waveform for N pole



(b) Waveform for S pole

## 2 회전자 자극 판별 파형

Fig. 2 Rotor polarity discrimination waveform

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의“산업 위기지역 미래자동차 핵심부품개발 및 실증지원 사업”(과제번호 P0009421)으로 수행된 연구결과입니다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Chiu, Y. Chen, Y. Liang and R. Liang, “Optimal driving efficiency design for the single phase brushless DC fan motor,” IEEE Trans. on Magnetics, vol.46, no.4, pp. 1123-1130, April 2010
- [2] C. Chiu, Y. Chen, and W. Jhang, “Properties of cogging torque, starting torque, and electrical circuits for the single-phase brushless DC motor,” IEEE Trans.on Magnetics, vol.44, no.10, pp. 2317-2323, Oct 2008
- [3] D. Kim, K. Lee, B. Kim and B. Kwon, “A novel starting methods of the SPM-type BLDC motors without position sensor for reciprocating compressor”, IEEE Industry Application Conf. (IAS), vol.2, pp.861-865, Oct. 2006.
- [4] W. C. Chen and Y. Y Tzou, “Current-Mode Sensorless Control of Single-Phase Brushless DC Fan Motors”, IEEE Ninth International Conference on Power Electronics and Drive Systems, pp. 659-663, Dec. 2011.

- [5] H. Ohta, T. Sato, I. Masugane and K. Matsuse, “Rotor pole discrimination and simple starting method of new single-phase PM motor without position sensor”, Proceedings IPEMC 2000. Third International Power Electronics and Motion Control Conference (IEEE Cat. No.00EX435), Aug. 2002.