

# 동기전동기의 가감속 위치오차 보상방법

조웅, 김양환, 현병조, 박준성, 최준혁  
전자부품연구원 지능메카트로닉스 연구센터

## Method for Compensating Acceleration/Deceleration Position Error of Synchronous Motor

Woong Jo, Yang Hwan Kim, Byongjo Hyon, Joon Sung Park, Jun Hyuk Choi  
Korea Electronics Technology Institute

### ABSTRACT

홀센서를 이용하여 동기전동기를 구동하는 경우 홀센서 설치 위치에 따라 60° 구간의 시간이 일정하지 않아 토크리플 및 전류 리플을 더욱 크게 만들 수 있다. 본 논문은 홀센서를 이용한 동기전동기의 가감속 구간의 위치오차를 줄이기 위한 회전자 위치 보상기법을 제안하고, 실험을 통하여 성능을 검증하였다.

### 1. 서 론

동기전동기의 안정적인 제어를 위하여 회전자의 위치정보는 필수적이며, 오차가 발생할 경우 전류리플, 토크리플이 발생하여 제어안정성이 떨어질 수 있다. 따라서, 보다 정밀한 회전자 위치정보를 취득하기 위하여 일반적으로 고분해능 위치 센서인 엔코더나 레졸버를 사용하고 있으나 이와 같은 고분해능 위치 센서는 고가격 및 사용환경의 제약을 받는다. 홀센서를 이용할 경우 이와 같은 사용 환경 제약에서 벗어날 수 있으나 저분해능으로 인하여 정밀도가 낮아질 수 있다. 일반적으로 동기전동기에서 BLDC는 홀센서를 이용하여 6구간에 대한 제어를 하지만, BLAC 제어를 위해서는 좀 더 세분화된 위치 정보가 필요하다. 즉 가격 저감을 위해 BLAC 시스템에 홀센서를 적용할 경우, 6개의 60도 구간내에서 세분화된 각도를 필요로 한다. 따라서, 정밀한 각도를 얻기 위해서 홀신호를 센싱 받은 후, 그 사이의 시간을 DSP의 타이머 기능을 이용하여 구하는 방법을 제안한다. 또한 홀센서의 치부 위치에 따른 오차를 보상하는 제어 알고리즘을 2가지 방식에 대하여 비교하고, 최적 알고리즘을 도출한다.<sup>[1]</sup> 제안한 알고리즘을 가감속 운전 시 적용하고, 실험을 통해 이를 검증하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 홀신호를 이용한 등속 운전

홀신호를 이용하여 위치 정보를 받는다면 일반적으로 그림 1과 같이 60° 구간의 시간만을 구할 수 있다. 이러한 각 구간의 시간이 등속 운전 시와 가감속운전시에는 차이가 발생하게 되는데 현재 구간을 n, k차 이전 구간을 n k로 정의 한다면 등속 운전이라는 것은 식 (1)과 같은 전제 조건을 가지게 된다. 등속 운전 시 식 (1)의 전제 조건을 만족해야하기 때문에 이를 이용

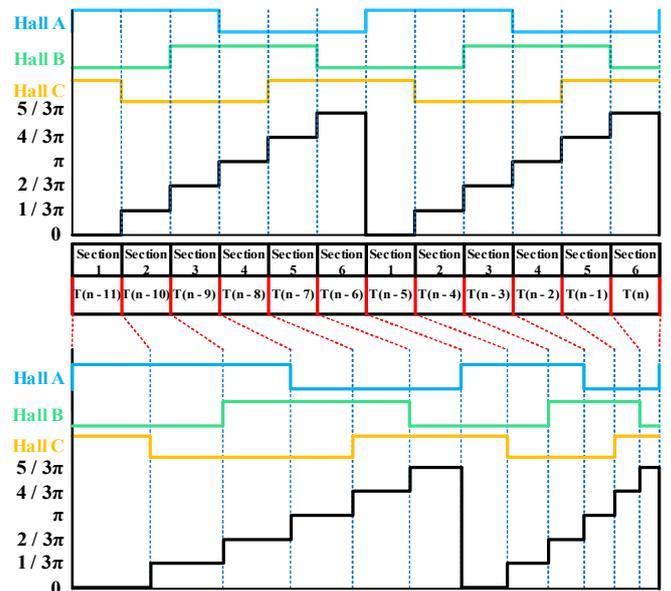


그림 1 등속, 가속 운전시에 홀신호 모사

하여 현재 구간은 식 (2)와 같이 평균값으로 얻을 수 있다. 여기서 m은 평균을 내기위한 최대 차수로 정의 한다.

$$T(n) = T(n-1) = T(n-2) = \dots T(n-k) \quad (1)$$

$$T_{avg}(n) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m T(n-k) \quad (2)$$

#### 2.2 홀신호를 이용한 등가속 운전

등속 운전 시에는 그림 1과 같이 현재(n)를 기준으로 1 스텝 전구간(n 1)과 2 스텝 전구간(n 2)이 동일하기 때문에 n 1차와 n 2차의 오차는 0이다. 하지만 등가속 운전 시에 n 1차와 n 2차 사이에 오차가 발생하게 되는데, 이 오차분 K가 일정하다는 식 (3)을 만족해야 한다. 이를 기반으로 한 방법으로 외삽법이 있다. 1차 외삽법은 식 (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$T(n) - T(n-1) = T(n-1) - T(n-2) = T(n-k) - T(n-(k+1)) = K \quad (3)$$

$$T_{ext}(n) = \frac{1}{3} [2T(n-1) + T(n-2) + T(n-3) - T(n-4)] \quad (4)$$

등가속 운전 시에도 식 (2)를 이용한 평균값을 이용한 식을 이용한 방식을 사용할 수 있지만 외삽법을 이용하는 경우가 시스템의 왜란에 강인하여 전동기의 가감속 시에 시스템의 응답 특성이 좋아진다. 이를 실험으로 비교해 보도록 하겠다.

### 3. 실험

그림 2의 Hall Signal 파형은 입력받은 digital 신호인 홀신호를 DSP로 입력받아 하나의 신호로 합산한 파형이다. Theta1 파형은 홀신호 A의 rising edge를 기준으로 각 구간마다  $1/3\pi$ 로 더해줘 회전자 위치를 만들어준 파형이다. Theta2는 2차 평균법, Theta3은 외삽법 방식으로 각 구간을 평균내서 홀신호 A의 rising edge마다 보상된 파형을 DAC를 통해 출력한 파형이다. 그림 3의 (a)와 (c)의 경우 보상이 없는 가감속 구간에서 Theta 파형이다. 아무런 보상이 없이 이전구간의 시간을 이용하여 가감속 운전 시에는 Theta의 파형이 각 홀신호의 Edge를 기준으로 이전 구간 타이머 카운터와 현재 타이머의 비로 기울기가 결정되기 때문에 오차가 크게 발생하는 모습을 보인다. 또한 그림 3의 (b)와 (d)는 2차 평균법을 적용한 가감속시의 Theta 파형이다. 보상이 없는 그림 3의 (a), (c) 파형보다 오차가 줄어든 것을 알 수 있다. 그림 4는 외삽법을 적용한 가감속시의 Theta 파형이다. 가감속시에 각 60도 구간의 시간 오차가 줄어들어 절환 시에 부드러운 Theta가 나오는 모습을 보이고 있다.

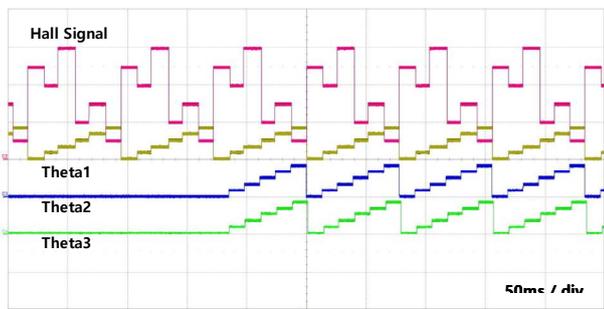


그림 2 실제 홀신호와 보상된 60° 평균 구간

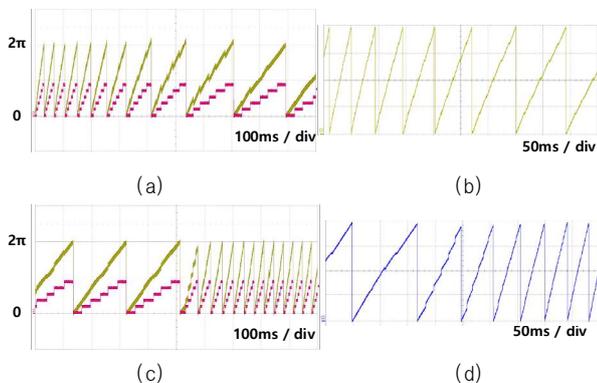
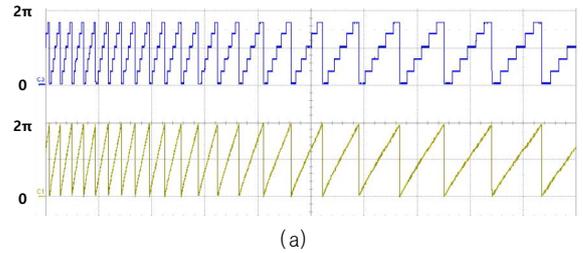
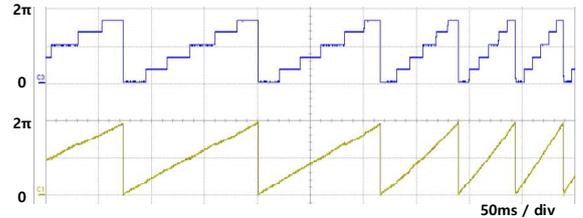


그림 3 감속 시 theta 파형 (a)홀신호 사용 (b) 2차 평균법 적용 가속 시 theta 파형 (c)홀신호 사용 (d) 2차 평균법 적용



(a)



(b)

그림 4 1차 외삽법을 적용한 가감속시에 Theta 파형 (a)감속 시 (b)가속 시

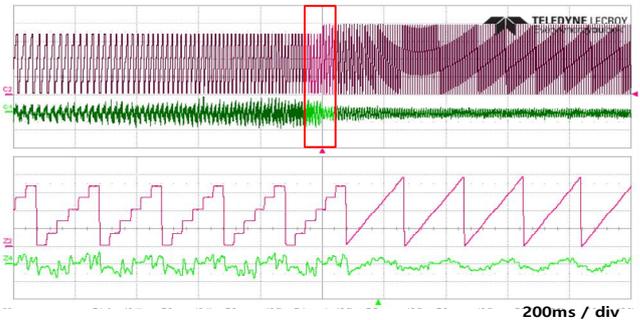


그림 5 외삽법을 적용한 Theta로 구형파에서 정현파로 절환

그림 5는 초기에 홀센서를 이용한 구동방법과 후기의 보상 기법이 적용된 구동방식에서 각 출력 상전류 파형과 회전자의 위치 정보이다. 절환을 위하여 각 구간의 카운터를 충분히 확보하고 1200rpm, Hall\_A의 rising edge 시점에 Theta가 0이 되는 지점에서  $\pm 1^\circ$  조건에 만족하는 시점에서 벡터제어 방식으로 절환 하는 파형이다.

### 4. 결론

본 논문은 홀센서를 이용한 동기전동기 구동중 가감속 운전 조건에서 저분해능 홀센서로 인한 위치 오차를 알아보고 이를 보상하는 기법인 외삽법을 이용한 방법이 2차 평균법을 이용한 방법보다 가감속 구간에서 더 오차가 적음을 실험을 통해 도출하였다.

이 논문은 산업통상자원부와 한국산업기술평가관리원의 산업핵심기술개발사업 “부피 30%이상 축소가 가능한 초저손실 SiC 기반 그린카용 고밀도 전력변환시스템 기술개발 (No.10080329)”의 지원을 받아 수행되었습니다.

### 참고 문헌

[1] Nikolay Samoylenko, “Dynamic Performance of Brushless DC Motors With Unbalanced Hall Sensors”, “IEEE TRANSACTIONS ON ENERGY CONVERSION, VOL. 23, NO.3 P.752 763, SEPTEMBER 2008