

리니어 홀 센서를 이용한 영구자석형 동기모터의 벡터제어

전찬용, 목형수, 박관균
건국대학교

Permanent Magnet Synchronous Motor Vector Control Using Linear Hall Sensors

Chan Yong Zun, Mok. Hyung Soo, gwan gyun. park
Konkuk University

ABSTRACT

차량용 영구자석형 동기전동기는 벡터제어를 사용한다. 이때 사용 되는 벡터제어는 3상의 전류를 2상으로 변경 후 정지좌표계의 값을 동기좌표계로 변환 시켜줌으로써 순시제어를 실시한다. 이때 벡터제어 정지/동기 좌표계의 변환 시 위치 정보 θ 는 정지/동기 좌표계 변환의 기준으로 매우 중요한 정보이다.

따라서 정확한 제어를 위한 위치정보를 얻기 위해 이용되는 센서로 엔코더, 레졸버, 레치형 홀센서 등이 사용된다. 일반적으로 낮은 가격의 BLDC 모터의 경우 레치형 홀센서가 많이 이용된다. 그러나 레치형 홀센서의 경우 위치 정확도가 60° 로 한정되어 정확한 전기각을 추출하는데 문제가 있다.

본 논문에서는 BLDC 모터의 레치형 홀센서를 대신하여 리니어 홀센서를 이용함으로써 신호의 불균형 및 오프셋 등 문제를 보완, 이전의 시스템보다 더욱 정확한 전기각을 추출하여 벡터제어를 실시한다. 검증방법으로는 700[W]급 범용 영구자석형 동기전동기를 이용 시험을 실시함으로써 검증하였다.

1. 서 론

영구자석형 동기전동기 (Permanent Magnet Synchronous Motor, 이하 PMSM)의 벡터제어와 같이 자극의 위치를 기준으로 제어를 하는 경우 회전자의 위치 정보는 매우 중요하며, 위치정보를 얻기 위한 센서로 엔코더, 레졸버, 홀 센서 등이 사용되고 있다.

이중 홀 센서 방식은 엔코더나 레졸버 방식의 위치센서 보다 가격이 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 그러나 BLDC 등의 모터 제어에 많이 사용되는 레치형 홀 센서의 경우 위치 정확도가 60° 로 한정 된다는 단점이 있다. 본 논문에서는 레치형 홀 센서의 이러한 단점을 보완하기 위해 리니어형 홀 센서를 사용하여 위치 해상도를 높였으며, 더불어 자속의 크기 및 센서 위치 등의 상태에 따라 발생하는 센서 신호의 크기 불균형 및 오프셋 현상을 보완 할 방법을 제안한다.

2. 신호보상 알고리즘

그림 1은 본 논문에서 제안하는 홀 센서의 신호크기 불균형 및 오프셋 현상을 보완하는 알고리즘의 블록 다이어그램을 나타내었다.

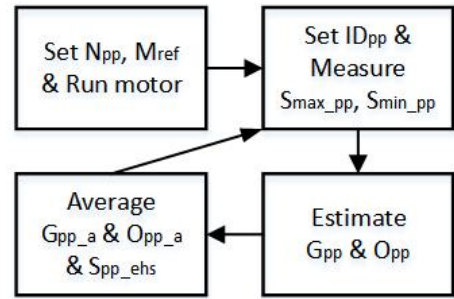


그림 1. 개선된 센서 신호 알고리즘

Fig. 1 Proposed enhanced sensor signal algorithm

먼저, 모터 구동 전 모터의 극수(N_{pp})와 센서의 기준크기 (M_{ref})를 지정한 후 모터를 구동한다. 모터의 기계적 1회전이 이루어는 동안 전기적 1회전 마다 센서의 최대값($S_{max,pp}$) 및 최소값($S_{min,pp}$) 값을 측정하여 수식 (1)과 같이 이득값(G_{pp}) 및 오프셋값(O_{pp})을 각각 계산한다.

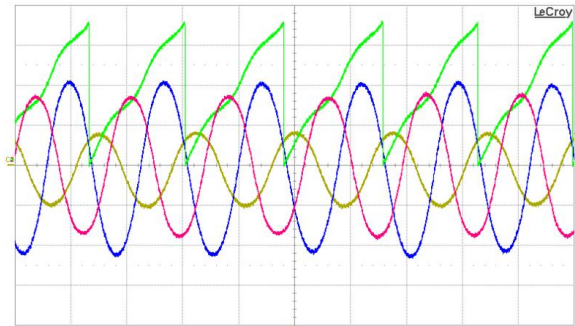
$$G_{pp} = M_{ref} / (S_{max,pp} - S_{min,pp})$$
$$O_{pp} = [(S_{max,pp} \times G_{pp}) + (S_{min,pp} \times G_{pp})] / 2 \quad (1)$$

이후, 각 전기각 마다 측정된 이득 값과 오프셋 값은 모터의 기계적 1회전이 이루어 질 때마다 이동평균값 ($G_{pp,a}$, $O_{pp,a}$)을 산출하여 수식 (2)와 같이 최종적으로 적용될 개선된 신호 ($S_{pp,ehs}$)를 산출한다.

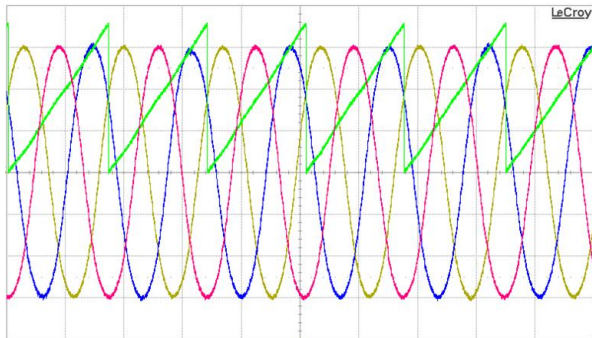
$$S_{pp,ehs} = (S_{pp} \times G_{pp,a}) - O_{pp,a} \quad (2)$$

3. 실 험

제안하는 알고리즘을 검증하기 위하여 레치형 홀 센서가 장착 된 BLDC 모터와 리니어 홀 센서를 부착한 동일 사양의 BLDC 모터를 이용하였다. 그림(2)는 (a)기존의 방식을 이용한 리니어 홀센서의 파형과 (b)제안한 방식을 이용하여 개선된 전기각 파형을 비교하였다.



(a) 기존의 알고리즘 사용(홀센서 신호)



(b) 제안한 알고리즘 사용(홀센서 신호)

그림 2. 기존과 제안한 알고리즘의 홀센서 신호 비교

Fig. 2 compare with conventional and proposed algorithm
(a) conventional algorithm (b) proposed algorithm with hall sensor signal

시험 방식은 각 상의 전류에 외부 외란을 주입하여 기존의 방식과 제안한 방식의 전기각을 비교함으로써 제안한 방식이 더욱 정확한 전기각을 추출함을 증명하였다. 이때 각 상 전류에 주입된 외란은 A상 : 홀 센서 신호의 0.5배, B상 : 홀센서 신호의 1배, C상 : 홀센서 신호의 1.3배를 이용하였으며 그림 2의 정현파는 3상의 홀센서 신호를, 녹색의 톱니파는 전기각을 나타내고 있다.

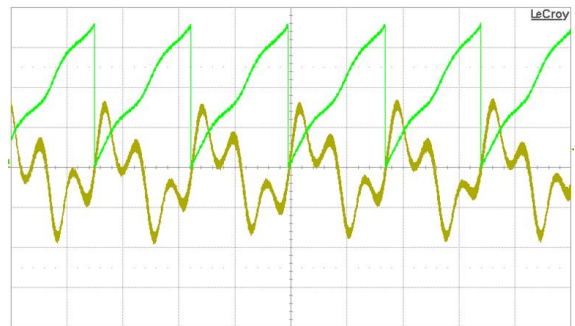
그림 2의 (a)에서 보상 전 위치센서의 값은 자석의 세기, 센서의 기계적 위치편차 등으로 인해 크기 편차 및 오프셋이 존재하여, 모터가 일정회전수로 구동됨에도 불구하고 전기각이 일정하게 상승하지 않음을 볼 수 있다. 그리고 그림(2)의 (b)는 보상 알고리즘이 적용된 결과 파형으로 위치 센서의 크기불균형과 오프셋이 개선되어 이를 바탕으로 계산된 전기각이 일정하게 상승됨을 알 수 있다. 또한 그림 3의 녹색 파형의 전기각과 노란색의 A상전류 파형을 통해서 그림 2와 동일한 결과를 볼 수 있다.

4. 결 론

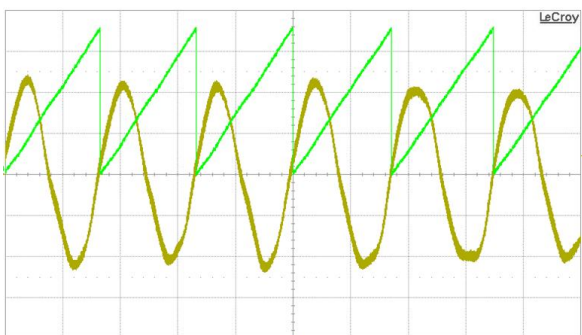
본 논문에서는 리니어 홀센서를 사용하여 저가의 위치센서를 사용하고도 고가의 센서에 상응하는 성능을 낼 수 있음을 확인하였다. 향후 센서의 기계적 위치 불균형에 따른 위상 편차를 보상하는 알고리즘과 리니어 홀 센서의 고장에 대응하는 알고리즘을 적용할 예정이다.

References

- [1] 선형 홀센서를 이용한 정현파 엔코더의 DSP 구현 [SCOPUS, KCI 등재] 황정호, 정찬수 대한전기학회, 전기학회논문지 61(2), 2012.2, 298 302 (5 pages)
- [2] 선형홀센서를 이용한 전기식 구동장치의 속도 신호 구현 [SCOPUS, KCI등재] 구정희, 송치영 대한전기학회, 전기학회논문지 59(1), 2010.1, 70 75 (6 pages)
- [3] PMSM control based on edge field measurements by Hall sensors ungyoon Jung; Beomseok Lee; Kwanghee Nam Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty Fifth Annual IEEE
- [4] PMSM control based on edge field measurements by Hall sensors Sungyoon Jung; Beomseok Lee; Kwanghee Nam Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), 2010 Twenty Fifth Annual IEEE Year:2010 Pages:2002 2006, DOI: 10.1109/APEC.2010.5433509
- [5] High Precision Rotor Position Detection for High Speed Surface PMSM Drive Based on Linear Hall Effect Sensors Xinda Song; Jiancheng Fang; Bangcheng Han IEEE Transactions on Power Electronics Year: 2016, Volume: 31, Issue: 7 Pages: 4720 4731, DOI: 10.1109/TPEL.2015.2479642 Cited by: Papers (1)



(a) 기존의 알고리즘 사용(A상 전류파형)



(a) 제안한 알고리즘 사용(A상 전류파형)

그림 3. 기존과 제안한 알고리즘의 A상 전류파형 비교

Fig. 3 compare with conventional and proposed algorithm
(a) conventional algorithm (b) proposed algorithm with A phase current wave