

자석과 디지털 신호처리 칩을 이용한 BLAC모터의 회전자 위치검출 방법

신윤수, 오태석, 김일환
강원대학교 전자통신공학과

The Rotor Position Sensing Method of BLAC Motor using a Magnetic and Digital Signal Processing Chip

Yun-Su Shin, Tae-Seok Oh, Il-Hwan Kim
Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Kangwon National University

Abstract - 모터의 정밀한 제어를 위해서 홀센서와 모터의 회전자 위치를 검출해내는 엔코더의 사용이 필수적이라 할 수 있다. 본 논문에서는 BLAC모터의 회전자 위치검출 방법으로 자석과 디지털 신호처리 칩을 이용하여 엔코더와 홀센서의 기능을 구현하였다. 이러한 방법의 장점은 기구적인 구조가 단순하여 저가로 구현할 수 있다는 것이다. 단순 2극 자석이 칩의 중심점을 축으로 회전하면 칩 중심 부위의 통합적 홀소자가 칩 표면 자기장을 전압으로 변환한다. 이 신호를 받아 DSP의 아날로그/ 디지털 변환 기능을 이용하여 절대각도 위치 정보를 검출해내어 기존의 엔코더 성능을 대치하는 연구과정을 본 논문에서 보았다.

2.1.1 자석의 선택

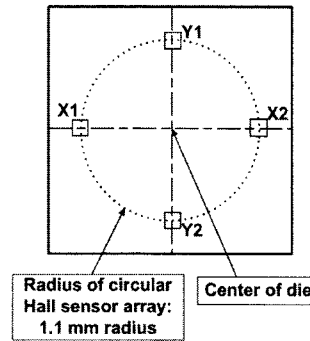
칩 중심점을 축으로 회전하는 자석은 일정한 자속의 힘을 가지고 있어야 한다. 그림 1에서 보듯이 자석의 직경은 6mm 이고 높이가 2.5mm 이상이어야 하며, 자기장 Bv가 1.1mm 반경의 중심원(R1)을 따라 ±45mT ~ ±75mT 범위 내여야 한다.

2.1.2 자기장 검출

자석은 홀 센서 어레이들이 모여 있는 자기 감도 영역인 1.1mm 반경의 중심원의 중심에 위치하여야 한다. 자기장의 직교 관계 성분을 자동적으로 샘플링 하도록 구성된 이 홀 센서 어레이들은 표면에 분포된 자기장의 수직 벡터를 검출한다.

1. 서론

BLAC 전동기는 제어가 용이하고, 긴 수명과 넓은 속도 영역에서 운전이 가능한 장점으로 인하여 가변속 구동장치로서 많이 사용되고 있다. 이러한 BLAC 전동기의 고성능 제어를 위한 방법과 제어기 구성에 대한 연구가 수십 년 동안 진행되어 왔으며, 많은 발전을 거듭해왔다. 이런 고성능의 동적 특성은 벡터제어에 의해 달성되는데 이는 자속과 토크를 정확히 분리하여 제어하는 이론이다. 회전자 자속벡터에 대해서 고정자 전류벡터가 원하는 위치와 크기를 가지도록 제어하는 이론의 이점은 속도 제어기의 출력인 토크 지령이 제어기에 피드백 된다는 것인데, 이 제어기는 회전자 자속 벡터와 고정자 전류 벡터간의 원하는 관계를 확립해 주는 역할을 한다. 이렇게 하여 자속의 크기가 원하는 크기로 유지되면, 전동기의 토크는 그 명령치에 정확하게 비례하게 된다. 그런데 분리된 자속으로부터 근거한 토크 제어는 회전자 자속의 기준 프레임에서 전류 명령치 신호를 공급하기 때문에, 회전자 자속이 설정된 동기 좌표계와 고정 좌표계 사이의 좌표변환이 필요하다. 그러므로 좌표변환을 수행하기 위해 회전자 자속의 위치정보는 반드시 필요하다. 이에 속도정보를 검출해내는 엔코더의 사용은 필수적이라 할 수 있다. 일반적으로 산업용 서보 제어기에는 주로 광학식 엔코더가 사용되고 있다. 광학식 엔코더는 절대 위치 엔코더와 증분형 엔코더로 나눌 수 있고 증분형 엔코더는 회전수에 비례하여 펄스가 발생된다. 절대 위치 엔코더는 신호처리가 간단하고, 초기 기동시 회전자의 위치를 정확하게 알 수 있는 장점이 있지만, 가격이 비싸기 때문에 증분형 엔코더가 많이 사용된다. 하지만 증분형 엔코더의 경우 초기 회전자의 위치를 정확하게 알 수 없는 한계가 있다. 본 논문에서 구현한 자석과 디지털 신호처리 칩을 이용한 방법은 낮은 가격을 충족하고, 자석의 위치에 따라 자기장의 세기가 틀리기 때문에 초기 회전자 위치도 검출해 낼 수 있다.

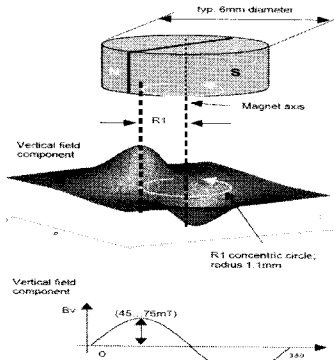


<그림 2> 홀 센서 어레이 정렬

2. 본론

2.1 시스템의 구성

시스템은 칩 중심점을 축으로 회전하는 단순 2극 자석과, 그 자석의 자기장을 읽어 들어 벡터를 제공하는 홀 센서 어레이, 그리고 두 개의 벡터의 전압을 가지고 AD 변환을 통해 절대 각도 위치를 계산해 내기 위한 디지털 신호 처리 칩으로 구성된다.



<그림 1> 일반적 자석 및 자기장 분포

2.2 절대 각도 위치 계산

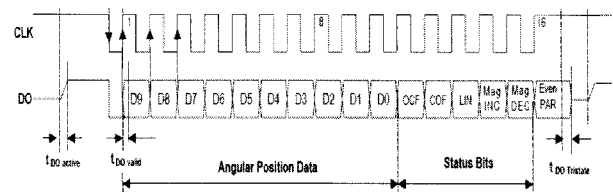
차동 신호 Y1-Y2는 자기장의 사인 벡터를 제공하고 차동신호 X1-X2는 자기장의 직교 관계 코사인 벡터를 제공한다. 홀 센서 어레이를 통해 얻은 자기장 신호가 전압표현으로 DSP에 인가되고 아날로그 디지털 변환을 통하여 각도 변위를 계산해 낼 수 있다. 두 벡터를 입력으로 하여 각도 변위(θ)는 다음과 같이 모델링 할 수 있다.

$$\theta = \arctan \frac{(Y1 - Y2)}{(X1 - X2)} \quad \text{식(1)}$$

360°는 1024단계로 나누어지므로 절대 각도 위치는 0.35°까지 분해가 가능하다. 여기서 절대 각도 위치는 10kHz (0.1ms)의 속도로 샘플링 되는데 이 속도는 어떤 위치도 건너뛰지 않고 0.1초 (9.76Hz) 이내에 360°에 걸쳐 모든 1024단계의 위치를 읽어들일 수 있으므로 600rpm의 최대 회전 속도를 갖는다 할 수 있다.

2.3 절대 각도 위치 출력

절대 각도의 위치는 동기 직렬 통신 인터페이스(SSI)를 통해 다음과 같은 형식으로 얻어진다. 직렬 위드는 16비트를 포함하고, 처음 10비트는



<그림 3> 절대 각도 위치 데이터를 제공하는 동기 직렬 인터페이스

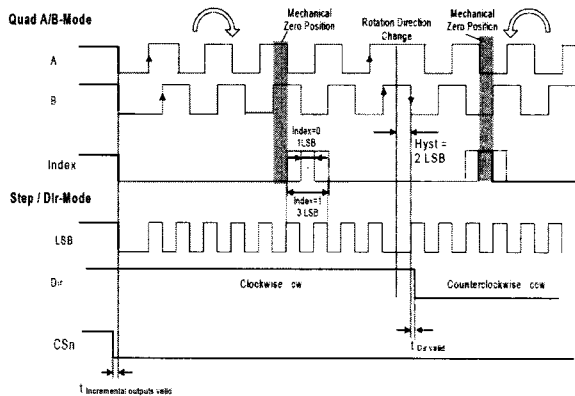
각도 정보 D[9:0]이며, 이후 6비트는 패리티, 자기장 상태(증가, 감소)등의 데이터의 유효성에 관한 시스템 정보를 포함한다. MagINCn의 정보는 자석이 표면에 가깝게 이동해서 자기장 강도가 증가할 때 하이(High)가 되고 MagDECn은 반대로 멀어지게 되어 자기장 강도가 감소할 때 하이(High)가 된다. 다시 말해서 두 신호가 하이이면 자기장이 허용된 범위를 벗어났다는 것을 나타내는 것이다. 표 1은 두 비트의 상태에 따른 설명을 나타낸 것이다.

〈표 1〉 자기장 강도 변동 표시자

MagINCn	MagDECn	설명
0	0	거리 변동 없음
0	1	거리 증가
1	0	거리감소
1	1	자기장 입력 필드 부적절

2.4 증분 출력

동기 직렬 인터페이스를 통해 절대 각도 위치 데이터를 얻음으로써 초기의 회전자 위치를 검출해 내고 이후에는 증분 출력을 통해 속도와 위치를 계산해 낸다. 증분 출력은 쿼드러처 A/B 출력과 스텝/방향 출력으로의 두 가지 모드로의 사용이 가능하다.

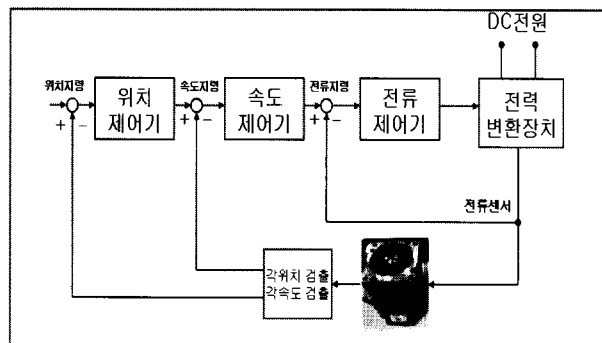


〈그림 4〉 증분 출력의 두가지 모드

쿼드러처 A/B출력의 경우 A 및 B 채널 사이의 위상 편이를 통해 자석 이동의 방향, 즉 전동기의 회전 방향을 알아낸다. 스텝/방향 출력의 경우 Dir 출력은 자석의 회전 방향에 관한 정보를 제공하고, LSB가 변경될 때마다 갱신된다.

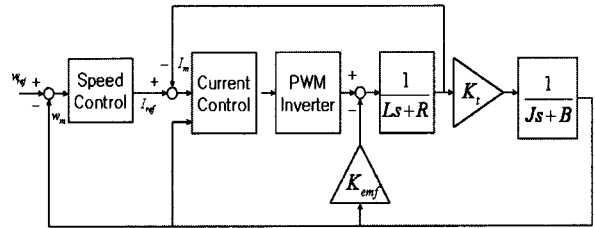
2.5 제안된 방법으로 구현된 모터 및 시스템

그림 5는 AC모터를 제어하기 위한 시스템의 블록도이다. 구동 시 초기 회전자의 절대 각도 위치를 파악하기 위해 먼저 직렬 동기 통신 인터페이스를 통해 절대 각도 위치에 대한 정보를 읽어 들인다. 회전자의 절대 위치가 파악 되면 각 제어기의 지령에 따라 전력 변환 장치에 의해 전압이 인가되어 AC 모터를 구동한다. 모터가 구동됨에 따라 자석과 통합적 홀이 레이의 자기장 검출에 의한 증분 출력이 각 제어기의 입력이 되어 모터의 정밀한 제어가 가능해진다.



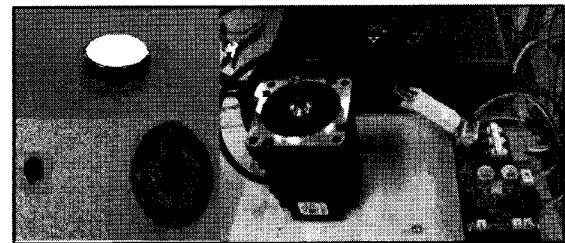
〈그림 5〉 AC 모터 제어 시스템의 블록도

위와 같은 모터 제어 시스템의 구성을 제어기로 나타내면 다음과 같다.



〈그림 6〉 제어 시스템의 구성

위와 같은 제어기로 AC 모터를 구동하였다. 그림 7은 실제로 사용된 2극 원통형 자석과 디지털 신호처리 칩이 부착된 AC 모터, 그리고 모터를 돌리기 위한 모터 드라이버로 실제 구동 모습을 나타낸 것이다.



〈그림 7〉 자석과 모터의 구동 모습

3. 결 론

본 논문에서는 자석과 디지털 신호처리 칩을 이용한 BLAC 전동기의 회전자를 검출해 내는 방법을 기술 하였다. 사용될 수 있는 자석의 특성과 함께 홀 소자들을 통해 절대 각도를 계산해 내는 방법을 설명하였다. 통합적인 홀소자가 단순 2극 자석의 자기장의 차동 신호를 통해 사인벡터와 코사인 벡터를 전압 표현으로 디지털 신호처리 칩에 인가한다. 이 벡터를 가지고 디지털 신호처리 칩은 아날로그 디지털 변환을 통해 절대 각도 위치를 계산해 낸다. 직렬 통신 인터페이스를 통해 이 정보를 읽어 들여 초기의 회전자 위치정보를 알아내고, 증분 출력을 통해 속도를 계산해 냄으로써 속도 정보를 검출하기 위해 일반적으로 쓰이는 엔코더와 홀센서의 기능을 충족시키면서 가격적인 면에서의 단점을 보완할 수 있음을 보였다. 하지만 고속 디지털 신호처리 칩을 이용하지만 신호처리 지연시간 등으로 인하여 샘플링 주기에 한계가 있다.

〔참 고 문 헌〕

[1] Gang-Youl Jeong, "Speed-sensorless Induction Motor Control using a Rotor Flux Estimation", Soonchunhyang J.Institut. Technol, 10(1), 59-67, 2004
 [2] Jeng-Pyo Hong, Soon-Jae Kwon, "Speed Sensorless Vector Control for AC servo Motor Using Flux observer", Journal of the Korean Society of Marine Engineers, vol.28, No.2, 185-191, 2004
 [3] P.C., Kjaer, F. Blaaerg, J.K. Pedersen, "A new indirect rotor position sensor and current sensor in switched reluctance motor driver", Proc. IC EM'94, 555-560, 1994