

# 경제형 차량 구동용 허브 BLDC 전동기 벡터제어 시스템 설계

박원석 · 손민호 · 이민우 · 최중경

국립창원대학교

## Design of a Hub BLDC Motor Vector Control System for Patrol vehicle driving

Won-Seok Park · Min-Ho Son · Min-Woo Lee · Jung-keyng Choi

Changwon National University

E-mail : cjk@changwon.ac.kr

### 요 약

허브(hub) BLDC(Brushless Direct Current) 전동기란 아우터로터 타입 고효율 전동기로 다극의 영구 자석으로 이루어진 회전자가 바퀴의 구동축이 되는 직접구동용 모터를 말하며, 휠인 모터로도 불린다. 본 연구에서는 BLDC 허브 모터 구동을 위한 벡터제어 기법 속도 제어기를 dsPIC30f2010 16비트 마이크로 컨트롤러를 이용하여 설계한다. 특히 복잡한 연산 시간을 줄이는 벡터 제어 방법을 제안하고, MOSFET 인버터 구동기를 직접 설계하여 경제성을 높인다.

### ABSTRACT

Hub BLDC (Brushless Direct Current) motor is a multi-pole outer rotor-type high-efficiency electric motors and the Direct Drive Motor having permanent magnet rotor to drive shaft of the wheel, also called wheel-in motor. In this study, we design a speed controller with vector control technique using the dsPIC30f2010 16 bit micro-controller to drive Hub BLDC motor. Especially, we propose vector control method which reduce complex operation time, and design directly MOSFET inverter directly which gain high economics.

### 키워드

마이크로제어기, dsPIC30F2010, PWM

## I. 서 론

근래의 많이 사용되는 BLDC(Brushless Direct Current) 전동기는 기존의 직류 전동기의 약점인 정류자와 브러시의 유한한 수명으로 인한 정기적인 보수, 고속 회전 및 사용 환경의 제약을 극복하고 가장 큰 장점인 선형적인 전류-토크 특성을 구현 하였다. BLDC 전동기 중에서 특히 허브(hub) BLDC 전동기는 아우터 로터 타입의 고효율 전동기로 회전자가 바퀴의 구동축이 되는 직접 구동 모터를 말한다. 기존의 모터에서 체인이나 벨트를 사용하는 기계적 메커니즘에서 에너지 손실과 연결의 복잡함이 허브 BLDC 전동기에서는 완전히 제거 될 수 있다. 공항이나 항만 등, 상시 이동이 많은 곳에서 허브 BLDC 전동기를 이용한 전기차량이 많이 활용 되고 있다. 본 논문에서는 기존의 벡터 제어를 응용한 벡터제어기법 속도

제어기를 설계하여 적용한다. 아주 정밀한 제어 대신 구동용 전동기에서 응용 될 수 있는 구동 제어법이다. 기존의 벡터제어에서 전류 제어를 하지 않고 속도의 오차를 전압의 지령으로 바로 줌으로써 복잡한 연산을 단순화 하여 연산 시간을 줄일 수 있다.

본 연구에서는 절대위치 검출용 홀 센서를 장착한 허브 BLDC 모터를 사용한다. 구동 적용 모터로는 63슬롯 56극 500W의 24V/48V 겸용 허브 BLDC 모터를 사용한다.

## II. 허브 BLDC 전동기 및 구동제어기 구조

허브 BLDC 전동기는 아우터 로터 타입으로 회전자가 구동축으로 모터의 바깥쪽에 위치한다. 휠과 일체화가 가능하여 직접 구동을 할 수 있다. 또한 회전자에 20극 이상의 다극으로 이루어져

있어 아주 정밀한 제어는 필요 하지는 않는다.

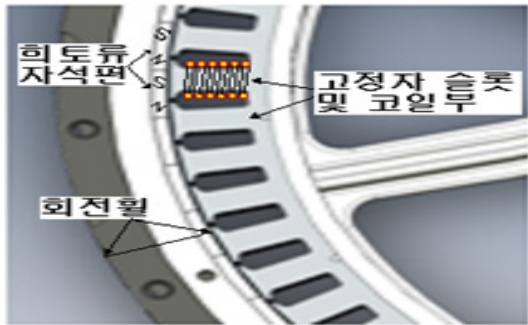


그림 1. 구동축에 사용된 허브 BLDC 모터 내부

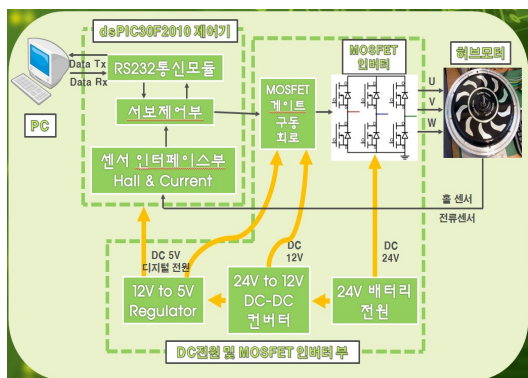


그림 2. 마이크로제어기 및 MOSFET 인버터 및 전원장치의 연결도

위 그림은 PIC 제어기와 하나하나 독립된 6개의 MOSFET 파워 IC를 구동하기 위해 설계된 전원 장치와 게이트 구동 회로의 연결 관계를 보여준다. 각 전원단과 게이트 구동 회로 부는 개별적인 소자들을 이용하여 아날로그적으로 설계되어 경제성을 확보하였으며, 유지보수의 편리성을 얻을 수 있도록 하였다.

### III. 인버터 구동기

본 장에서는 본 응용에서 직접 설계한 인버터 구동기에 대해 기술한다. High Side 와 Low Side 에 쓰인 MOSFET는 정격 전압 200V 정격 98A 사양을 가지고 있는 NMOS type IRFBA90N20D 을 사용하였다. 전용 게이트 드라이버를 사용하지 않고 아날로그 소자만을 이용하여 게이트 드라이버를 설계하였다.

특히, High Side FET의 경우 Gate와 Source 전압 12V를 유지시키기 위해 Charge-pump용 커패시턴스를 이용하고 High Side FET가 ON 될 때 이 게이트 단에 전하를 공급하는 역할을 하게 된다.

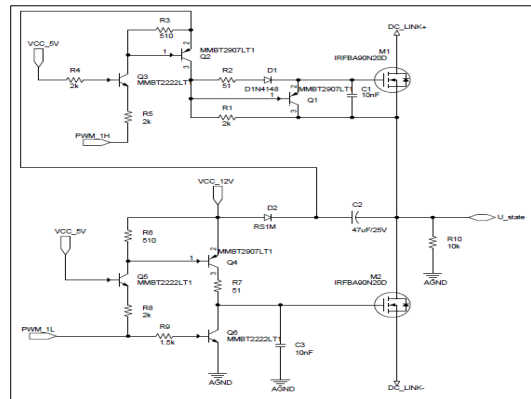


그림 3. 인버터 상, 하위 게이트 드라이브 및 MOSFET 회로

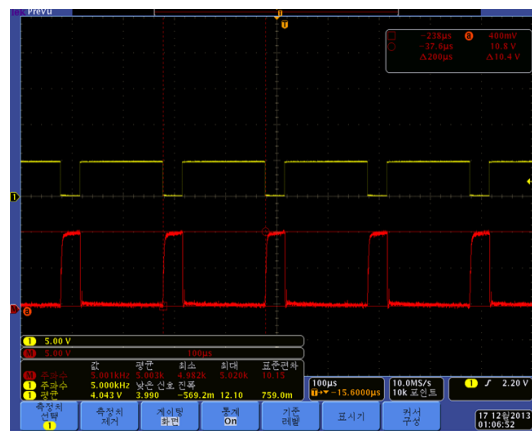


그림 4. 상단 PWM(황) 전압, 상단 MOSFET Gate-Source(적) 전압 파형 사진

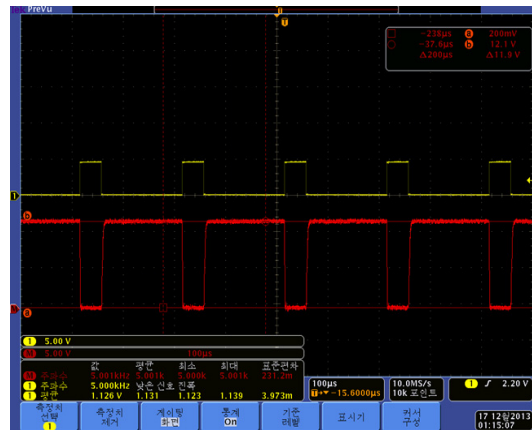


그림 5. 하단 PWM(황) 전압, 하단 MOSFET Gate-Source(적) 전압 파형 사진

### IV. 속도제어기

기존의 벡터제어에서는 3상의 전류를 측정하여 이를 클라크 변환을 통해 2축 고정좌표계로 변환한다. 구해진 2축 좌표계를 파크 변환을 통하여 2축 회전 좌표계로 변환한다. 기존 전류와 비교하여 출력전압 2축 회전 좌표계를 다시 3상 전압으로 클라크 파크 역변환을 하게 되는데, 고성능의 마이크로컨트롤러는 충분히 적당한 시간 내에 연산을 마칠 수 있지만, 본 응용에서 적용된 dsPIC30F2010 16비트 마이크로 컨트롤러에서는 연산시간이 오래 걸린다. 본 장에서는 벡터제어를 단순화하여 비교적 낮은 성능의 마이크로 컨트롤러에서 충분히 연산이 가능한 벡터 제어 기법 속도제어기를 소개한다.

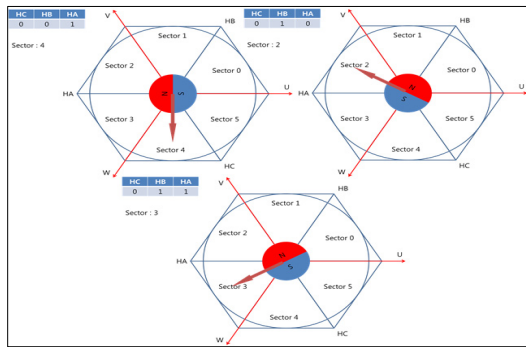


그림 6. Hall Logic을 이용한 Sector1, Sector2, Sector3 판별

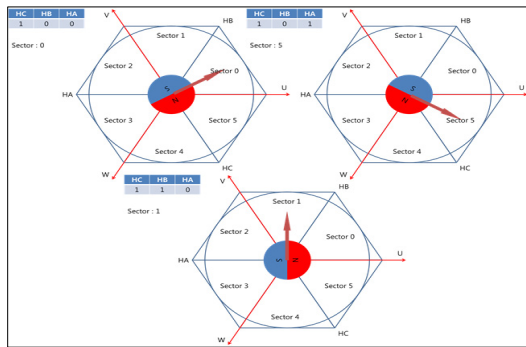


그림 7. Hall Logic을 이용한 Sector4, Sector5, Sector6 판별

Hall 센서 3개의 출력은 총 6개의 Logic을 만들어 내고 이 Logic들은 각각의 Sector들을 가리킨다. 측정된 전류를 이용한 연산을 통한 Sector 판별보다 간단하고 빠른 연산시간을 구현할 수 있다.

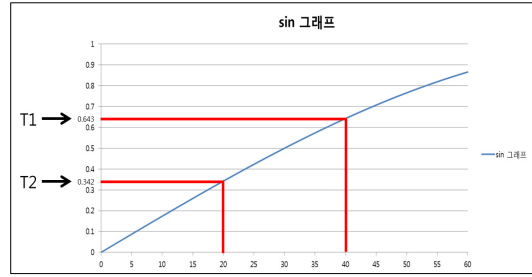


그림 8. Sine 값을 이용한 T1, T2 비 결정

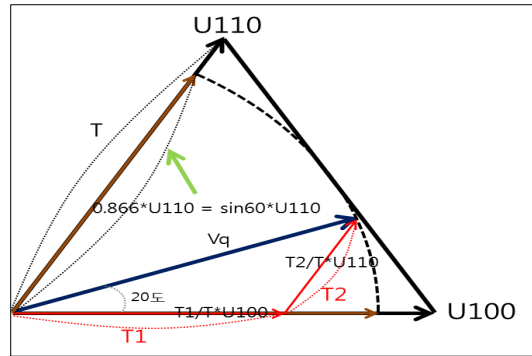


그림 9. Vq 전압벡터 생성 원리

벡터 제어에서 각 Sector는 60도 간격으로 나뉘어져 있고 총 6개의 Sector로 나뉘어져 있다. 전압 벡터 Vq는 각 섹터에서 구할 수 있다.

예를 들어 Sector1에서는 0도 60도 사이의 전압 벡터 Vq를 생성 할 수 있고, Sector2에서는 60도에서 120도 사이의 벡터 Vq를 생성 할 수 있다.

전압벡터 Vq는 전체 T 시간 중, 유효 벡터의 T1과 T2, 무효벡터의 T0의 비로 구할 수 있다.

Sector1을 예를 들면 Sector1의 T1은 0도 전압 벡터를 의미하고 T2는 60도의 전압의 벡터를 의미한다. T1과 T2의 비를 적절히 사용하면 0도에서 60도까지의 전압벡터 Vq를 생성 할 수 있다. 전압의 벡터의 크기는 무효 벡터 T0가 T에서 차지하는 비로 구할 수 있다.

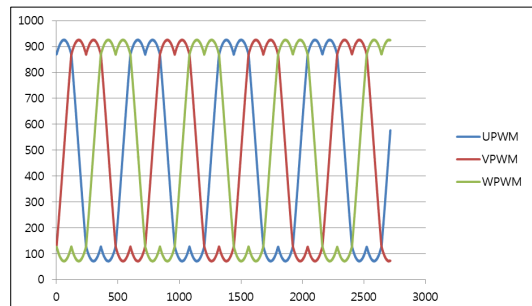


그림 10. 벡터제어기법 알고리즘을 적용한 PWM 파형

위의 그림은 본 장에서 소개한 벡터 제어 알고리즘을 적용 한 후 생성한 3상 PWM 파형이다. 기존의 벡터 제어에서 보여주는 PWM 파형과 일치함을 보여준다.

### V. 실험 결과

다음 그림들은 설계된 속도 제어기 및 인버터를 사용하여 속도제어를 수행한 결과들을 보여준다.

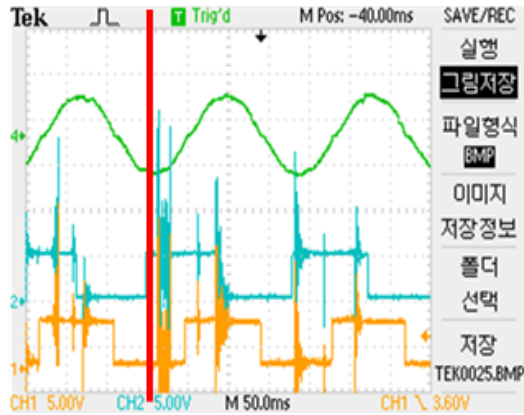


그림 11. Hall A, Hall B파형 및 U상의 전류 파형

U상 전류파형을 보면 비교적 깔끔한 정현 파형이 나오는 것을 알 수 있다.

전동기의 L 성분으로 인해 전압 벡터와 전류 벡터는 위상 차이를 가지게 된다. 아래 그림은 이 위상 차이를 보상 한 후 구동한 전동기 U상의 전류 파형이다.

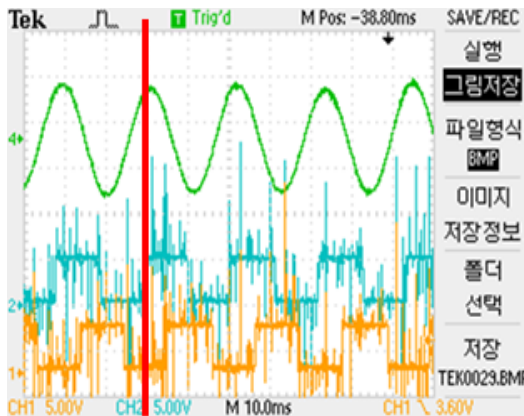


그림 12. 위치보상 후 Hall A, Hall B파형 및 U상의 전류 파형

### VI. 결 론

첫째, 모션 전용 프로세서인 dsPIC30F2010을 이

용하여 내부의 다양한 기능을 활용하였고 고가의 외부 하드웨어를 배제하여 시스템을 간략화하고 신뢰성을 향상하였다.

둘째, 연산과정이 간단한 벡터 제어 기법 속도 제어기를 설계하여 저가의 마이크로컨트롤러로 벡터 제어와 유사하게 구동 하였다.

셋째, 허브 BLDC 모터를 구동제어하기 위한 MOSFET 구동회로를 전용 IC를 사용하지 않고 아날로그 소자만을 이용해 저가형 구동 시스템을 구현하였다.

<본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학협력기술개발 사업(NO.C0119457)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.>

### 참고문헌

- [1] Microchip, “dsPIC30F2010 Data Sheet, High-Performance, 16-bit Digital Signal Controllers”, Microchip Technology Inc. , 2011.
- [2] Microchip, “Sinusoidal Control of PMSM Motors with dsPIC30F DSC”, Microchip Technology Inc. , 2005
- [3] Microchip, “Sensored BLDC Motor Control Using dsPIC30F2010”, Microchip Technology Inc. , 2004