

경계형 차량 구동용 허브 bldc 전동기 구동시스템 설계

박원석 · 권영 · 이상훈 · 최중경

국립창원대학교

Design of a Hub BLDC Motor Driving Systems for the Patrol Vehicles

Won-seok Park · Young Kunn · Sang-hunn 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, 휠인모터라고도 불린다. 본 연구에서는 허브모터를 구동축으로 갖는 2륜 또는 3륜 구동체를 구동하기 위한 BLDC 허브 모터 속도 제어를 PIC 마이크로 컨트롤러를 이용하여 설계한다. 구동기는 6 개의 독립된 MOSFET 스위칭소자를 사용하여 구성하며, 게이트 구동회로는 직접 설계하여 경제성을 높인다.

ABSTRACT

Hub BLDC(Brushless Direct Current) motor, called wheel-in motor is a outer rotor type high efficient direct driving motor which have a multi-pole permanent magnet type rotor as a driving wheel. This study shows a hub BLDC motor speed controller design methode using PIC micro controller to drive 2 wheels or 3 wheels driving body having hub motor driving shaft. The motor driver unit consists of six discrete MOSFET switching devices and the gate driving module is directly designed for high economy.

키워드

허브(Hub), BLDC, 구동기, MOSFET

1. 서 론

공항이나 항만 등, 상시 이동 경계 활동이 필요한 곳에서 1, 2인 용의 정속/안전한 전기 차량의 활용이 요즘의 희망 사항이다. 전기차량 기술의 핵심 두 가지는 모터와 배터리로 들 수 있는데, 에너지효율과 중량 등의 이유로 허브 모터가 가장 선호된다. 이 허브모터는 전기 자전거와 전기 모터사이클 등에서 가장 흔하게 찾아볼 수 있다. 기존 모터에 체인을 연결하여 자전거를 구동하던 방식은 모터에 체인을 연결해야하는 복잡함과 중간의 기계적 메커니즘에서의 에너지 손실 등의 이유로 거의 사라졌다. 반면에 허브모터는 휠 내부에 들어가 휠에 직접 동력을 전달하므로 에너지 손실과 체인의 복잡화 문제를 해결할 수 있다.

이러한 허브모터는 빗물이나 지면으로부터의

충격에서 격리되어야 할 필요성이 있기 때문에 모터 자체의 정비를 필요로 하지 않는 영구자석형 회전자를 갖는 BLDC(Brushless Direct Current) 모터가 대부분의 허브모터에 사용된다. 이러한 허브모터는 아우터 로터 타입으로 보통 극수가 20 극 이상의 다극을 가지므로 아주 정밀한 제어는 필요로 하지 않는다. 따라서 본 응용에서는 정밀 제어대신에 제어기 및 구동기가 일체화되고, 소형/경량의 고 내구성/저비용 구동회로를 설계하는데 중점을 둔다.

본 연구에서는 절대위치 검출용 홀 센서를 장착한 허브 BLDC 모터를 사용하는 경계형 전기 차량의 구동시스템을 설계하고 제어 알고리즘 개발을 그 목적으로 하고 있다. 구동 적용 모터로는 63슬롯 56극 500W의 24V/48V 겸용 허브 BLDC 모터를 사용한다.

II. 허브 BLDC 전동기 및 구동제어기 구조

허브 BLDC 전동기는 회전자가 구동축으로 모터의 바깥쪽에 위치하는 아우터 로터 타입으로 다극 회전자 형태를 구현하기 쉽고, 휠과 일체화가 가능하여 여러 차량 형태의 기기에 사용되고 있다. 본 연구에 활용된 모터의 내부구조는 아래 그림과 같다. 영구자석은 희토류 네오디움 자석으로 이루어져 있으며, 고정자 철심과 휠 중앙부분에는 빈 공간이 있어 구동제어기를 내장시킬 수 있다.

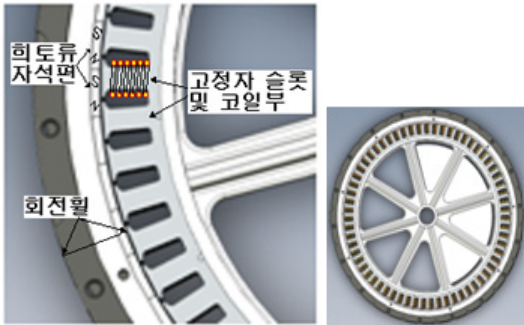


그림 1. 구동축에 사용된 허브 BLDC 모터 내부

위 모터를 사용하여 경계형 차량을 설계할 경우의 예상 모양을 도시하면 아래와 같다. 1륜 구동 2륜보조 구조와 2륜 독립 구동 구조를 보인다.

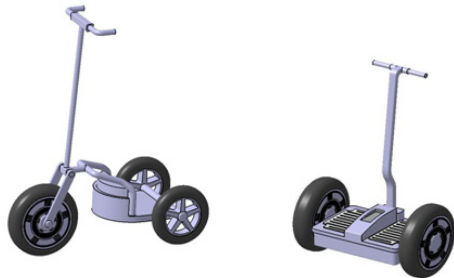


그림 2. 허브 BLDC 전동기 응용 구동체

그리고 아래 그림들에서는 허브 모터 내부에 구동 제어기를 내장한 모습과 내장 예정의 설계된 구동제어기 보드를 보이고 있다.

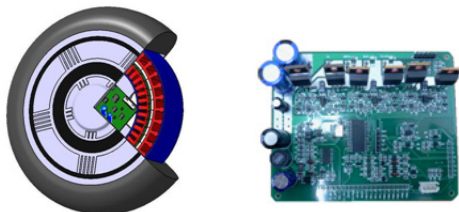


그림 3. 허브 BLDC 내장 제어기의 모습

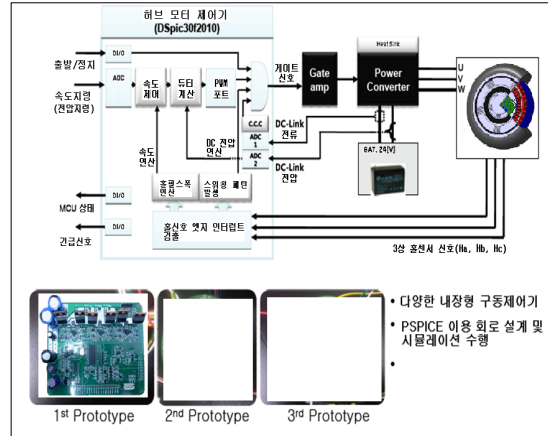


그림 4. dsPIC30F2010 16비트 마이크로제어기를 사용하는 BLDC 전동기 제어 구조도

위에 소개하는 블록도는 dsPIC30F2010 16비트 급 마이크로제어기를 사용하는 허브 BLDC 전동기 제어 구조도이다. 마이크로제어기 내부의 AD 변환 모듈과 PWM 발생 기능 등을 활용하여 주변에 추가 보조 IC를 사용하지 않고도 원칩 모바일 제어기를 구현하였다.[1][2][3]

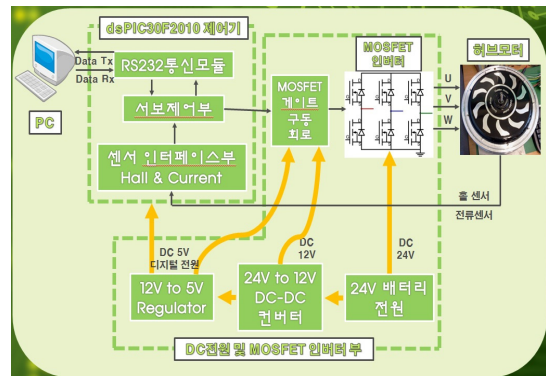


그림 5. 마이크로제어기 및 MOSFET 인버터, 그리고 전원장치의 연결도

위 그림은 PIC 제어기와 하나하나 독립된 6개의 MOSFET 파워 IC를 구동하기 위해 설계된 전원장치와 게이트 구동 회로의 연결 관계를 보여 준다. 각 전원단과 게이트 구동회로부는 개별적인 소자들을 이용하여 아날로그적으로 설계되어 경계성을 확보하였으며, 유지보수의 편리성을 얻을 수 있도록 하였다.

III. 인버터 구동기 및 속도제어기

이번 장에서는 본 연구를 통해서 설계된 전원부와 부트스트랩 타입의 MOSFET 게이트 구동부,

그리고 홀센서 인터페이스부에 대하여 자세히 소개한다.

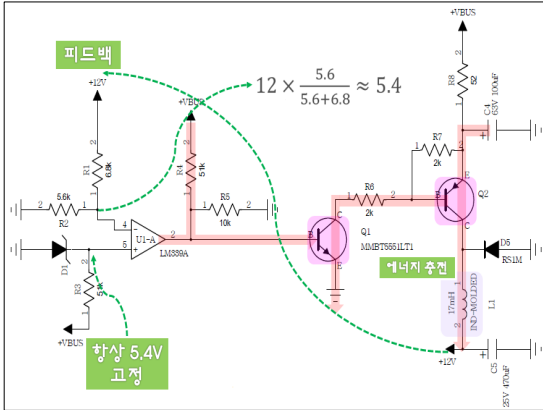


그림 6. 24V 배터리 전압에서 12V 제어 전압을 만들기 위한 벅 컨버터 회로(충전모드)

벅 컨버터는 입력보다 출력이 낮은 대표적인 DC-DC 강압 변환 회로이다. ON, OFF 스위칭을 이용하여 ON시간과 OFF시간의 비를 만들어내고, 이 스위칭 전압을 L, C로 평활해 사용한다. 스위칭 역할을 해줄 제어기로는 LM339 비교기를 이용하였다.

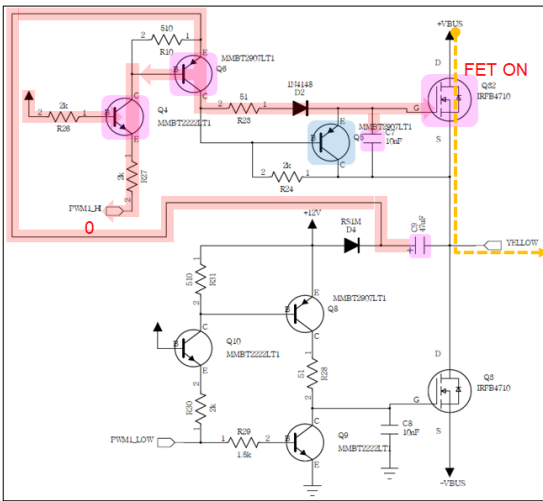


그림 7. 인버터의 개별 상, 하위 MOSFET를 구동하기 위한 부트스트랩 회로(상단 온 시)

인버터를 구동하는 MOSFET는 IRFB4710 제품을 사용하고 정격 전류 75A 전압 100V용으로 6개를 사용하여 3상 인버터를 구성하게 된다. 본 연구에서는 전용 디지털 드라이브 칩을 사용하지 않고 아날로그 소자들로 구동 회로를 설계하였다. 상단 MOSFET의 게이트-소스 전압을 12V로 만들어주기 위해서는 C9 차지펌프 커패시터를 이용하

였고, High Side FET가 ON 될 때 이 게이트 단에 전하를 공급하는 역할을 하게 된다.

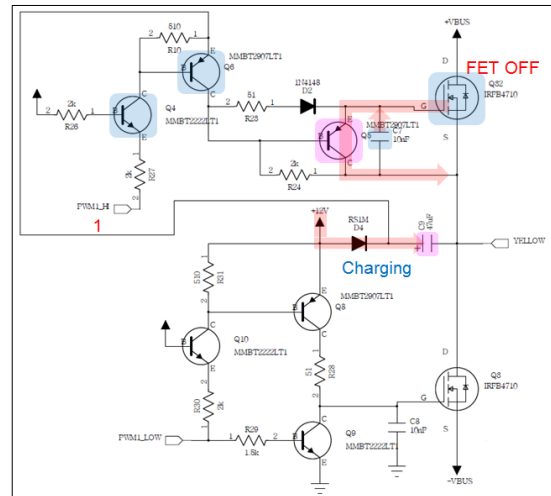


그림 8. 인버터의 개별 상, 하위 MOSFET를 구동하기 위한 부트스트랩 회로(상단 오프 시)

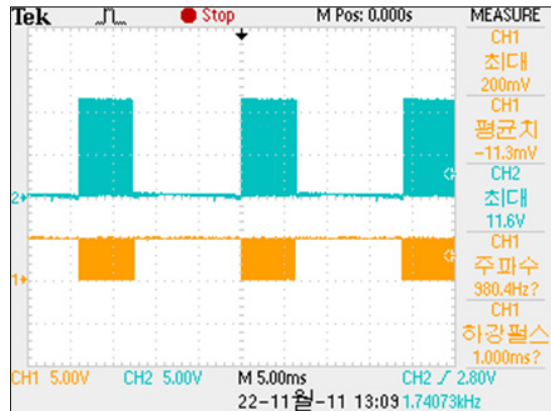


그림 9. PWM1_H의 5V 논리 신호에 따른 상위 FET 게이트-소스 간 12V 스위칭 신호 파형

다음 그림은 절대위치 판별 및 속도 계측을 위한 3상의 홀신호를 처리하는 인터페이스 회로이다.[4]

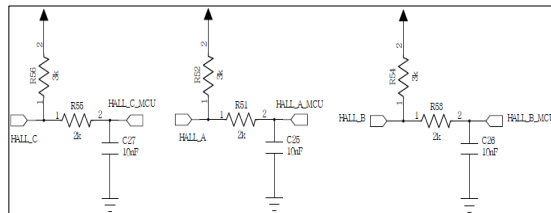


그림 10. 홀 인터페이스 회로

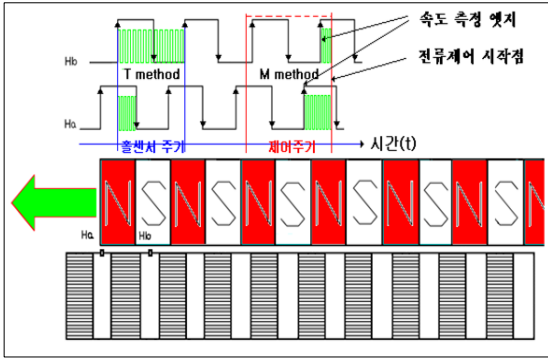


그림 11. 홀센서 신호와 카운터를 이용하는 절대위치 계산

홀 신호를 이용하는 절대 위치 판별 방법은 개선된 방법을 사용하였다. 기존의 절대위치 측정 방법은 전류 제어주기 시작점에서 이전 홀센서 엣지와 그 이전 엣지사이의 인터럽트를 통한 기준펄스 카운팅을 통해 먼저 최근의 속도 정보를 얻은 후, 이 속도정보와 최근 엣지와 전류제어 개시 시점 사이의 기준 펄스 카운팅 수(시간정보)를 이용하여 절대위치를 추정하는 방법이다. 개선된 절대위치 측정 방법은 전류 제어주기 시작점에서 이전 홀센서 엣지에서의 속도와 가속도를 이용하여 회전자 절대 위치를 보다 정확하게 추정하는 방법이다.

IV. 속도제어 실험 결과

다음 그림들은 설계된 제어기 및 인버터를 사용하여 속도제어를 수행한 결과들을 보여준다. 모터의 정격 속도는 200RPM이며, 6스텝 2상여자의 방법으로 구동되었으며, PI 속도 제어기를 구성하여 PWM 전압제어를 수행하였다.

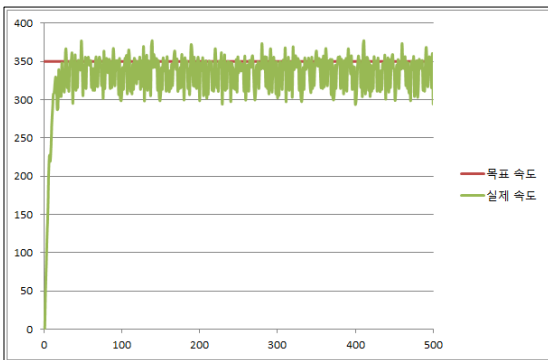


그림 12. 28극쌍수, 전기각 350rad/s(기계각 120rpm)속도 지령에 대한 응답 특성

아래 그림은 개선된 절대위치 측정법 및 속도

필터를 사용하는 경우의 속도 응답 특성을 보여주고 있다.

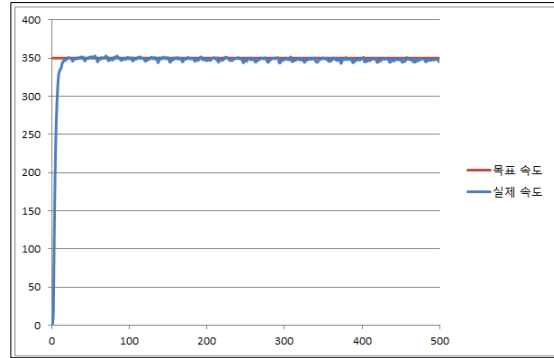


그림 13. 28극쌍수, 전기각 350rad/s(기계각 120rpm)속도 지령에 대한 개선된 응답 특성

V. 결 론

첫째, 모션전용 프로세서인 dsPIC30F2010을 이용하여 내부의 다양한 기능을 활용하였고 고가의 외부 하드웨어를 배제하여 시스템을 간략화하고 신뢰성을 향상하였다.

둘째, 허브 BLDC 모터의 장점을 최대한 살리기 위해 PI 속도 제어기를 설계하고 고속성과 정밀성을 확인하였다.

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

넷째, 전원부의 DC-DC 컨버터의 스위칭을 LM339 비교기를 이용하여 저가형으로 간략화하고 신뢰성을 향상하였다.

참고문헌

[1] Microchip, “dsPIC30F2010 Data Sheet, High-Perforance, 16-bit Digital Signal Controllers”, Microchip Technology Inc. , 2011.
 [2] Microchip, “dsPIC30F Programmer’s Reference Manual”, Microchip Technology Inc. , 2003
 [3] Microchip, “Sensored BLDC Motor Control Using dsPIC30F2010”, Microchip Technology Inc. , 2004
 [4] SUNPLUS, “A Variable-Speed Sensorless System for BLDC Motor” , Third edition “, Sunplus Technology Co., Ltd. , 2006.