

다축 동력을 가지는 전기자동차용 모터제어기 개발

김경만*, 우병국*, 김원용**, 조상준***, 윤영득***, 김태권*, 강찬호*
 이지트로닉스*, 명지대학교**, 현대로템***

The development of Motor Control Unit for a Electric Vehicle having Multi Power System

G. M. Kim, B. K. Woo, W. Y. Kim, S. J. Cho, Y. D. Yoon, T. K. Kim & C. H. Kang
 EGTRONICS*, Myongji University**, HYUNDAI ROTEM***

ABSTRACT

본 논문에서는 다축의 모터 동력을 필요로 하는 전기자동차에 있어서 각 모터를 구동시키기 위한 모터제어기를 개발하고자 한다. 20kW급 IPMSM 모터를 구동하기 위해서 32비트 고성능 DSP 프로세서로 벡터제어 알고리즘을 적용하고, 모터의 회전 정보와 위치 정보를 얻기 위하여 레졸버 위치센서를 적용하였으며, 냉각성능을 높이기 위하여 수냉식으로 IGBT를 직접 냉각시켜 방열하는 구조로 설계하였다. 제안된 제어기의 특성을 얻기 위하여 MATLAB 시뮬레이션을 수행하였고, 시제품을 제작하여 유용성을 검증하였다.

1. 서 론

최근 화석연료의 고갈과 이산화탄소에 의한 환경오염이 크게 대두 되면서, 정부는 친환경자동차 분야를 하나의 성장산업으로 선정하여 이에 대한 많은 연구 개발이 진행 중에 있다. 친환경자동차 중에서 인휠 독립구동방식 전기자동차는 차량의 구동모터를 바퀴 안에 장착한 것으로 기존 내연기관 차량에서 사용되는 변속기, 축, 기어요소들이 제거되어 이로 인한 공간을 확보할 수 있고 구동효율이 개선된다. 인휠 모터를 이용한 독립구동방식은 모터의 빠른 응답특성을 가진 인휠모터를 사용함으로써 각 휠의 구동토크를 독립적으로 제어할 수 있기 때문에 내연기관 차량의 ABS, VDC, TCS와 같은 기능 구현이 가능하여 향상된 주행성능 및 안정성의 확보가 가능하다^[1].

2. 다축 동력 시스템

2.1 다축 동력 시스템의 구성

그림 1은 본 논문에서 개발되어진 다중 동력 시스템의 구성도를 나타내고 있다. 시스템의 주에너지원은 300V급 배터리로부터 MCU에 전력을 공급한다. 각각의 MCU는 20kW급의 IPMSM 모터를 제어하며 운전자의 가속 조작에 따라 시스템이 제어되는 특성을 가진다. 제어를 위하여 레졸버와 전류센서로부터 위치와 속도 및 상전류를 검출한다.

VCU(vehicle control unit)는 인휠 독립구동 전기자동차의 주행성능 향상 및 안정성 확보를 위한 주행제어 알고리즘을 적용하여 각 바퀴의 제어값을 구하고 CAN 통신을 통하여 각각의 MCU에 지령하게 된다.

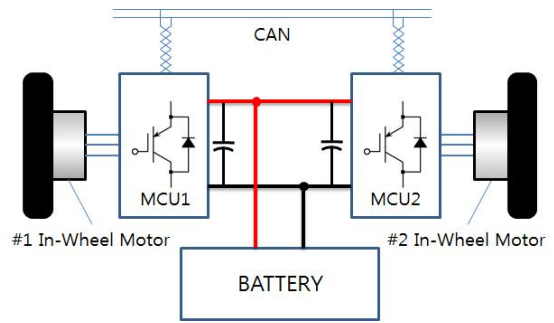


그림 1 다축 동력 시스템 구성도
 Fig. 1 Composition of Multi-Power system

2.2 제어기

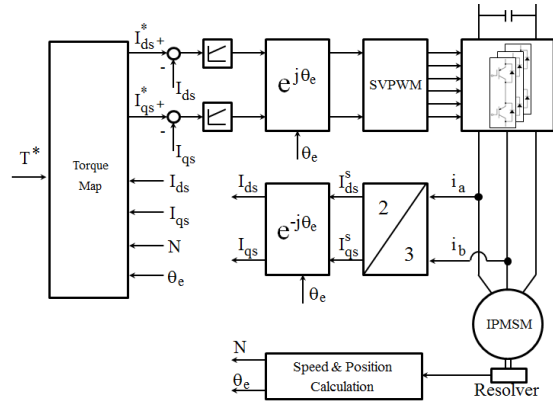


그림 2 MCU 제어 블록도
 Fig. 2 Block diagram of MCU

인휠 모터로 사용하는 IPMSM은 식(1)에서 본 바와 같이 전류와 토크의 관계가 비선형을 갖고, 속도에 따라 변화하는 전압과 전류의 제한관계를 갖는다^{[2][3]}.

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{P}{2} [\lambda_{pm} I_q + (L_d - L_q) I_d \cdot I_q] \quad (1)$$

인휠모터에 부착된 레졸버로부터 위치정보, 모터에 흐르는 전류로부터 d q축 전류를 구하여 기준 토크값에 대한 기준전류 I_{ds}^* , I_{qs}^* 를 전류맵(current map)을 통하여 선형보간법(linear interpolation)으로 구한다. 발생된 기준전류와 모터 d q전류와의 오차로부터 PI제어기를 통하여 인버터를 구동하게 된다.

3. 시뮬레이션 및 제작

그림 3은 다축 동력 구동형 MCU의 개별 모델에 대한 시스템을 MATLAB Simulink를 이용한 시뮬레이션 블록도를 나타내고 있으며, 표 1은 인휠모터의 파라메타 값이다.

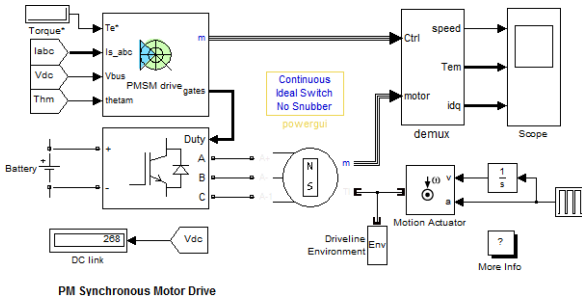


그림 3 MATLAB Simulink를 이용한 시뮬레이션 블록도
Fig. 3 Block diagram of Simulation using MATLAB Simulink

표 1 시뮬레이션 모터 파라메타
Table 1 Parameter of simulation motor

파라메타	값	단위
극수	16	
상 저항	0.062	Ω
상 인덕턴스(Ld/Lq)	0.322/0.522	mH
역기전력 상수	0.112	V/rpm
정격토크	250	$N \cdot m$
정격출력	21	kW
기준속도/최대속도	800/5,000	rpm

그림 4는 MATLAB Simulink를 통하여 얻어진 속도, 토크, d-q전류의 기준값과 해석값을 나타내고 있다.

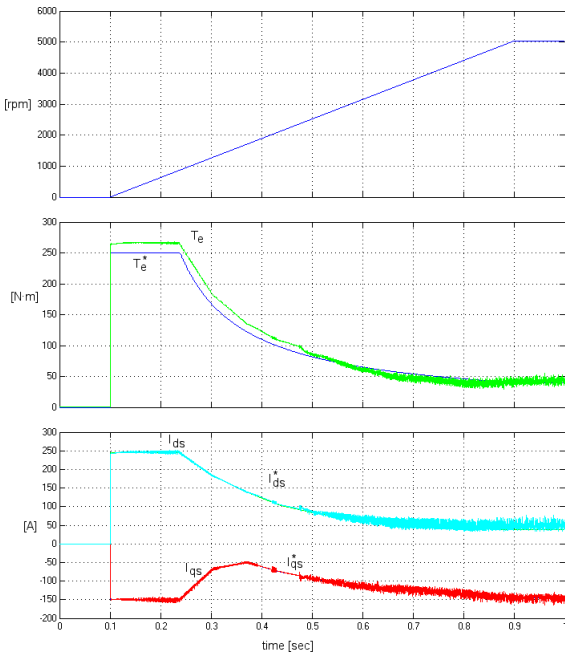


그림 4 기준속도 증가에 따른 토크 및 d-q 전류파형
Fig. 4 Torque and d-q current at increase of reference speed

그림 5는 위상각과 전류의 변화에 따른 전류맵을 나타내고 있다.

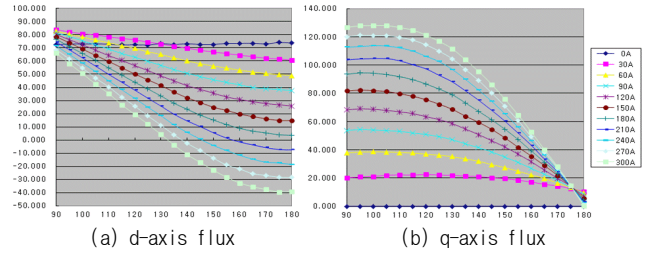


그림 5 위상각에 따른 D-Q자속 및 토크 곡선
Fig. 5 D-Q flux and torque curve

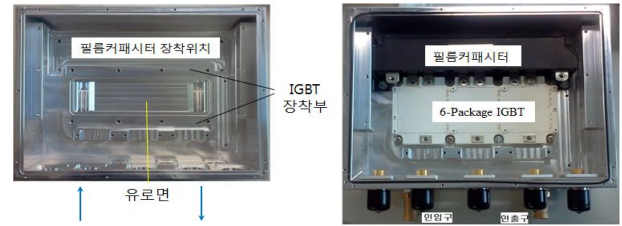


그림 6 IGBT 직접 냉각방식
Fig. 6 Direct cooling for IGBT module

그림 6은 본 논문에서 제안한 MCU를 구성하기 위한 기구부를 나타내고 있다. MCU의 주 발열소자인 IGBT를 냉각하기 위해 히트싱크면에 IGBT를 부착시키고 냉각수로 방열을 시키는 구조가 아니고, 냉각수가 흐르는 면에 방열핀이 부착된 IGBT를 직접 닿도록 함으로써 냉각성능을 높이고 제어를 보다 소형으로 제작할 수 있는 이점이 있다.

3. 결론

본 논문에서 제안한 다축 동력 추진형 드라이버는 100kW 급의 전기자동차보다는 작은 용량으로 설계되어 있으나, 21kW 급으로 동력을 분산하여 자세보정이나 동력전달 알고리즘을 통한 효과적인 장점을 가지는 구조를 취하고 있다. 여러 개의 드라이버를 차량에 고정하기 위하여 소형화 및 제작의 최적화 설계가 이루어졌다.

향후 VCU제어기의 CAN 통신을 통한 다축 동력 제어기의 연동시험이 실시될 예정이다.

참고 문헌

- [1] 최영춘, "인휠 독립구동 전기자동차의 주행제어 알고리즘 개발", 한국자동차공학회 창립30주년 기념학술대회 논문집, pp.2054 2059, 2008.4
- [2] 이지명, "하이브리드 전기자동차 구동용 전력변환장치", 전력전자학회 논문지, 제13권, 제6호, pp. 420 429, 2008.12.
- [3] S. Morimoto, M. Sanada and Y. Takeda, "The Effects and Compensation of Magnetic Saturation in Field Weakening Controlled Permanent Magnet Synchronous Motor Drives", IEEE Trans. on IA, vol. 30, no. 6, pp.1632 1637, 1994