

고출력밀도 트랙션 인버터 개발

현병조, 노용수, 박준성, 김진홍, 최준혁
전자부품연구원

Development of High Power Density Traction Inverter

Byongjo Hyon, Yong Su Noh, Joon Sung Park, Jin Hong Kim, Jun Hyuk Choi
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

이 논문은 자동차 어플리케이션 용 고출력 인버터 시스템의 개발에 대한 연구내용을 제시한다. 차량을 포함한 고출력 시스템의 전력변환시스템의 큰 이슈중 하나가 고효율 및 고밀도화에 대한 연구이다. 특히 자동차의 경우 내부 공간이 제한적이고 전장품들의 수량이 늘어나는 추세이므로 전력변환시스템의 부피 및 고출력화에 대한 이슈와 이와 연관된 냉각 문제에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 논문에서는 차량용 고출력밀도의 트랙션 인버터 개발에 대해 언급하고 있으며 실험을 통해서 그 결과를 확인하였다.

1. 서론

최근 전기자동차를 비롯한 친환경차량에 대한 관심이 매우 높아졌으며 많은 자동차 회사들이 다양한 전기자동차들을 양산하고 있다. 전기로 구동하는 초기 단계를 넘어서 소형화, 고출력화 등의 효율 및 비용에 대해 고민하는 단계로 접어들었다. 보다 높은 효율과 보다 낮은 가격 및 유지보수 용이성등을 확보하기 위해 토폴로지, 소자, 제어 알고리즘 등 다양한 분야에서 많은 연구들이 활발히 이루어졌다[1]. 전력변환장치의 파워 소자들은 소형화 및 고전류, 고전압 정격의 방향으로 발전을 해왔으며 이는 냉각 방식 및 구조의 연구와 서로 밀접한 연관 관계를 가지며 발전하였다.

본 논문에서는 냉각구조를 고려한 차량용 인버터 시스템의 개발에 대한 내용을 제시한다. 개발한 인버터 시작품의 실험을 통해서 성능을 검증하였다.

2. 시스템 구성 및 제어기 설계

2.1 인버터 설계

그림 1은 인버터 시스템의 구성도를 나타내고 있으며, 제어부, 파워부, 게이트구동부로 구성되어 있다. 게이트 구동부는 bootstrap 토폴로지를 사용하였으며 단전원의 게이트 구동회로를 구성하였다. 이를 위해 flyback converter를 활용하여 전원을 만들어 사용하도록 구성하였다. 인버터의 볼륨을 줄이기 위해서 파워모듈을 Mitsubishi社의 CT600CJ1A060을 사용하였다. 650V/600A의 정격을 가지며 부피가 작고 온도 특성이 매우 좋은 모듈로 이 모듈에 맞게 게이트 구동부를 설계하여 출력을

유지하면서 부피를 저감하는 설계를 진행하였다.

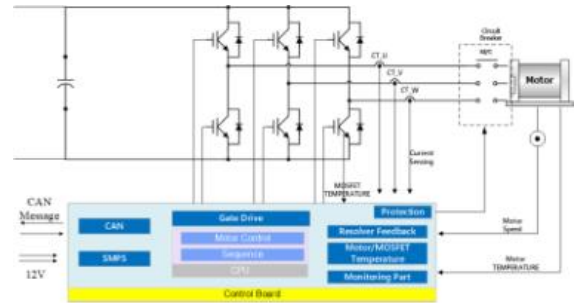


그림 1. 인버터 시스템 구성도

그림 2는 게이트구동회로 및 제어부회로의 PCB 설계도면을 나타낸다. 왼쪽 도면은 게이트 구동회로이며 과온/과전류 트립을 진단할 수 있도록 하드웨어를 구성하였다. 오른쪽 도면은 제어부회로이며 TI사의 TMS320F28335를 기반으로 개발하였고, CAN 통신을 통해서 VCU와의 통신을 통해 제어기 구동이 가능하도록 구성하였다.

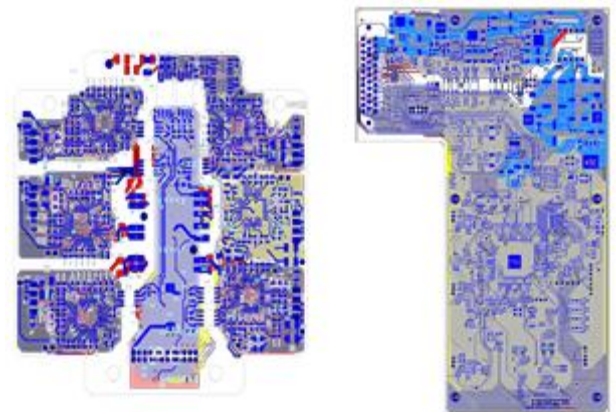


그림 2. 인버터 PCB 설계도

인버터의 고밀도화를 위해서는 출력을 유지하며 부피를 줄이는 설계가 필요한데 이를 위해서 중요한 관건은 냉각성능이다. 파워모듈의 하부에 핀타입의 냉각판이 붙어 있고 이 위치에 냉각수가 잘 흐를 수 있도록 아래와 같

이 구성을 하였다. U자형 구조를 가지며 냉각수가 흘러 들어가서 파워모듈 핀에 닿아 냉각이 빠르게 이루어지도록 구성하였다.

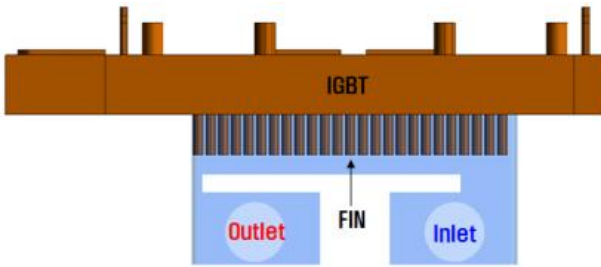


그림 3. 파워모듈 3D 모델

3. 실험

표1은 인버터 시작품의 사양을 나타낸다.

표 1. 인버터 시작품 설계 사양

파라미터	단위	내용
입력전압	V	300 410
정격전류	Arms	250
최대전류	Arms	400
제어전원	V	9 30
속도센서		레졸버
냉각방식		수냉식



그림 5. 인버터 시작품 실험 셋업

그림 5는 인버터 시작품의 실험을 위한 셋업을 나타낸다. 속도제어를 수행하는 부하모터와 인버터로 제어하는 시험모터, 인버터 시작품을 다이내모시스템을 통해 구성하였으며, 최대속도 9,000RPM, 최대출력 90kW의 성능을 확인하였다. 온도센서를 인버터 요소에 부착하여 각 부하에서의 냉각성능을 확인하였다. 시험에 사용된 냉각수 온도는 60℃로 설정하였으며 제어 스위칭 주파수는 6kHz로 설정하였다. 그림 6은 인버터 시작품의 성능실험 결과이다. 속도별 토크를 인가하여 최대250Nm까지 각 구간별 효율, 출력, 전류파형등을 기록하였다. 최대 효율은 98%, 최대출력 90kW를 확인하였으며, 출력 밀도는 14.46kW/L로 기존의 시작품 12kw/L 대비 높아짐을 확인하였다. 두 번째 파형은 인버터 각부위의 온도를 측정 한 결과이다. 정격속도 및 최대 순시출력 90kW 1분 인

가하여 인버터 각 부분의 온도를 측정하였고 IGBT 내부 온도는 100℃, 파워부의 게이트 IC는 90℃내외로 소자의 온도정격보다 낮게 측정되어 냉각성능을 확인하였다.

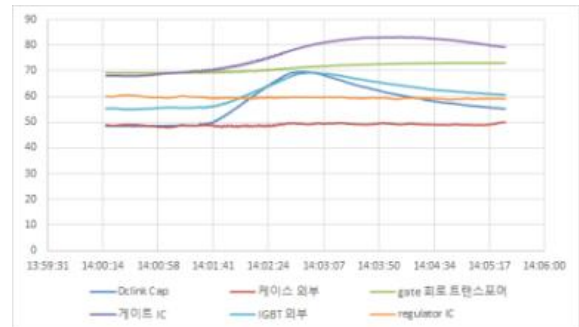
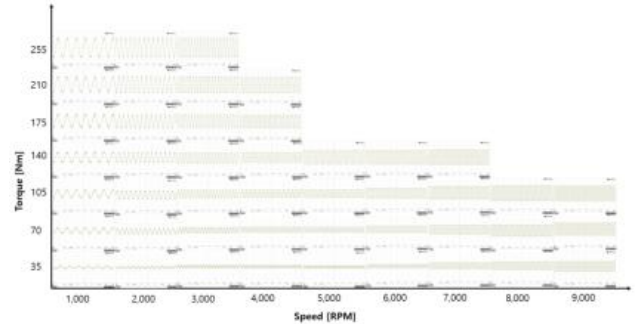


그림 6. 인버터 시작품 실험 결과

4. 결론

본 논문에서는 차량용 고출력밀도 인버터시스템의 개발에 대한 내용을 제시하였다. 고출력밀도를 위해서 출력을 유지하면서 부피를 최소화하기 위해 파워모듈 및 게이트 회로를 설계하고 냉각 성능을 보완하기 위해 냉각구조를 설계하였다. 개발된 시작품을 성능시험을 통해 출력성능 및 온도특성을 확인하였다. 향후 모터 인버터 일체형의 전력변환시스템을 개발하여 실차 성능까지 확인할 예정이다.

이 논문은 산업통상자원부와 한국산업기술평가원의 그린 카 등 수송시스템산업핵심기술개발사업 "고효율 냉각기반 2kW/kg, 100kW급 IPMSM전기구동시스템개발(No.10063006)"의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] M. Zeraoulia, M. E. H. Benbouzid, and D.Diallo, "Electric Motor Drive Selection Issues for HEV Propulsion Systems: A Comparative Study," IEEE Trans. on Vehicular Technology 55(6), 2006, pp.1756 1764
- [2] Y.murakami, Y.Tajima, S. Tanimoto, Air cooled full SiC high power density inverter unit, Proceedings of IEEE EV27, 2013, pp 1 4
- [3] T.J.E. Miller, and Hendershot, Design of Brushless Permanent Magnet Motors, Magna Physics publishing and Clarendon Press, Oxford, 1994.
- [4] Kwanghee Nam, AC Motor Control and Electric Vehicle Applications, CRC Press, 2010