

NEV용 통합형 전력변환장치 개발

김경만*, 김태권*, 유종욱*, 강찬호*, 조관열**, 전태원***
 *(주)이지트로닉스, **충주대학교, ***울산대학교

Development of Integrated Power Converter Device for the NEV

Gyoung-Man Kim*, Tae-Kwon Kim*, Jong-Uk Yoo*, Chan-Ho Kang*, Kwan-Yuhl Cho**,
 Tae-Won Chun***
 EGTRONICS, Chungju National Univ. Univ. of Ulsan

ABSTRACT

본 논문에서는 도심형 근거리 전기자동차의 구동을 위한 통합형 전력변환장치 개발에 대해 소개한다. 차량 구동용 유도전동기 제어와 주동력 배터리 충전 및 전장배터리 충전의 기능을 가지기 위하여 MCU(Motor Control Unit), OBC(On-Board Charger), LDC(Low Voltage DC-DC Converter)를 적용하였다. 각각의 전력변환장치들 사이에 불필요한 커넥터를 없애고 단일 방열판 위에 각 요소부품을 배치하여 하나의 통합된 기구물 위에 모든 기능을 발휘하도록 통합형 전력변환장치를 개발하였다. 개별 기능을 가지는 MCU와 OBC, LDC의 단품 성능 시험을 거친 후 실차에 장착하여 차량모터제어 및 배터리 충전을 실험을 통하여 확인하였다.

1. 서론

최근 화석연료에 의한 자동차 배출가스에 대한 대기오염과 지구온난화 방지 및 탄소배출권 문제로 인하여 세계 각국에서는 다양한 친환경자동차의 연구개발에 박차를 가하고 있다. 전기자동차는 2차전지가 발달함으로 개발의 속도가 빨라지고 있으나, 배터리의 높은 가격, 충전인프라의 부족, AER(All Electric Range)의 제약 등의 문제가 대두된다. 전기자동차에 대한 관심이 집중되면서 가장 먼저 상용화에 대한 시도가 이루어진 것은 시속 60km 정도로 구동하는 근거리 전기자동차인 NEV(Neighborhood Electric Vehicle)이다. NEV는 고속 전기자동차인 UEV(Urban Electric Vehicle)에 비해 동작전압과 배터리 용량이 낮고, 전반적으로 저용량의 부품들을 적용함에도 불구하고 더 한정된 공간상의 제약과 함께 차량의 가격이 중요시 된다^[1].

본 논문에서는 NEV 차량에 공간적인 제약을 극복하고, 차량의 가격을 낮추기 위해 핵심 전력변환장치들을 통합형으로 설계함으로써 기존 제품들 사이에 고가의 커넥터로 연결되는 부분을 내부 버스바(bus bar)나 동선으로 접속시켜 기존 커넥터가 차지하던 부피를 줄이고, 또한 통합형 전력변환장치의 방열부를 공용화 시킴으로써 개별 방열부가 차지하는 합을 줄여 제품을 소형화시킬 수 있다. 이와 같이 통합형 전력변환장치는 불필요한 커넥터를 줄이고, 개별 부품의 히트싱크 총합보다 작으며, 외형 구조물인 제품 케이스 등을 크게 줄여 제품의 부피와 원가를 줄일 수 있다는 장점을 가지게 된다.

2. NEV 전력변환장치 구성요소

2.1 기존품의 구성요소

NEV 구동을 위한 주동력원은 고전압 배터리와 모터이고, 이를 충전하기 위한 OBC, 모터를 제어하기 위한 MCU가 필요하며, 기존 전장시스템에 전력을 공급 및 전장배터리 충전을 위하여 LDC가 사용된다. 이들 부품은 충전대상, 모터위치 등에 따라 각각 배치되는 위치가 다르지만, 차량에 따라서 가까운 곳에 밀집하여 배치되기도 한다.

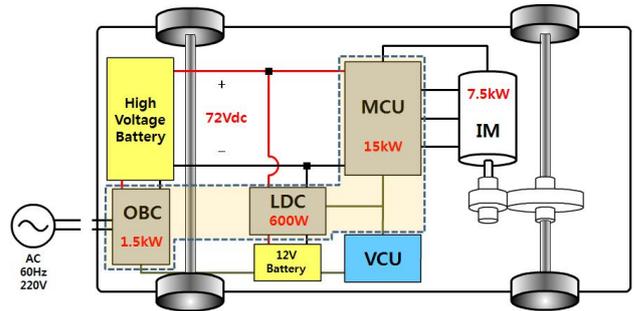


그림 1 기존 NEV 차량의 주요 전력변환장치
 Fig. 1 Power Converter Device Location of NEV

본 논문에서는 차량 견인모터(traction motor)로 정격 7.5kW 유도전동기를 사용하였으며, 고전압 배터리는 공칭전압 3.4V의 리튬폴리머 셀을 21개 직렬연결하여 71.4[V]가 되도록 하였다. 이를 기반으로 MCU, LDC, OBC의 사양은 표 1과 같다.

표 1 MCU, LDC, OBC의 사양
 Table 1 Rate Value of MCU, LDC & OBC

구성요소	항목	단위	값
MCU	Rate / Max Power	[kW]	8.0/15
	Vin min/nom/max	[V]	50/72/86
	Iin_max	[A]	111/300
LDC	Power Rating(max)	[W]	600
	High Side Voltage(min/nom/max)	[Vdc]	50/72/86
	Low Side Voltage(min/nom)	[Vdc]	12/13.6
	Output Current(nom/max)	[A]	44/50
OBC	Rate Power	[kW]	1.5
	Vin_ac	[Vrms]	220±20
	Output Voltage Range	[Vdc]	50/72/86
	Charging Current(nom/max)	[A]	20/25

2.2 통합형 전력변환장치 설계

MCU의 전력부는 DC Link 커패시터와 IGBT들로 구성되어 있고, IGBT를 턴-온/오프시키기 위한 게이트보드, 센서입력과 속도, 토크 계산 및 제어 등을 담당하는 제어보드로 구성된다. LDC는 절연형 풀브리지(full bridge) 컨버터 토폴로지에 소프트 스위칭 기술을 적용해 고효율의 전력변환회로를 실현한다. OBC는 위상천이 인터리브(Phase Shift Interleaved) PFC(Power Factor Collection)방식의 AC/DC 변환부와 LLC공진형 DC/DC 컨버터 토폴로지를 적용하여 고역율, 고성능, 고효율의 전력변환장치로 구성된다^[2].

그림 1의 MCU의 입력단, LDC의 입력단, OBC의 출력단은 각각 고전압 배터리에 접속되고, 각 장치들간 커넥터를 통하여 배선으로 접속 연결된다. 이들 장치를 하나의 패키지 내부에 배치시켰을 때 부스바나 단자대를 통하여 배선으로 연결시킬 수 있다. 통합형 전력변환장치는 개별 장치들에서 주요 발열소자인 IGBT, 트랜스포머, MOSFET, 쇼크, 다이오드 등을 공통의 히트싱크 위에 배치를 시키고, 이들 소자를 구동하는 게이트보드나 구동 드라이브를 인접하여 배치하거나 적층을 통하여 전체 시스템을 구성한다.

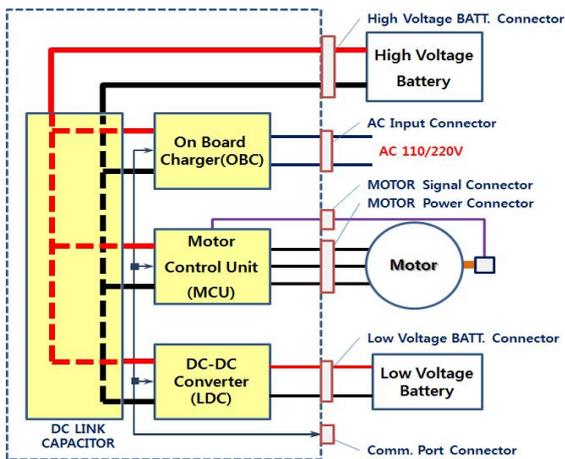


그림 2 통합형 전력변환장치 블록도
Fig. 2 Block Diagram of Integrated Power Converter Device

그림 2는 통합형 전력변환장치의 블록도를 나타내고 있다. 고전압 배터리와 접속이 되는 각 장치의 입력 혹은 출력부를 결선으로 내부 접속시키고 나머지 입력 및 출력부는 단자대를 통하여 외부 모터, 고전압배터리, 전장배터리 등과 연결되도록 구성하였다.

3. 통합형 전력변환장치 제작 및 시험

그림 2의 블록도에서 설계된 내용을 기초로 통합형 전력변환장치의 시작품을 제작하였으며, 내부 모습을 그림 3에 나타내고 있다. 15kW급 OBC, 600W급 LDC, 15kW급 MCU의 주요 전력소자들이 하나의 히트싱크 위에 배치되고, 이를 구동하거나 제어하는 구동부 및 제어부가 그 위에 적층 배치되어 있다. 전력선은 내부 배선을 통하여 연결이 되어 있고 OBC의 AC 입력단, LDC의 12V DC 출력단, MCU의 모터 연결단 및 72V 고전압 배터리 연결단자가 외부로 도출되어 있다.

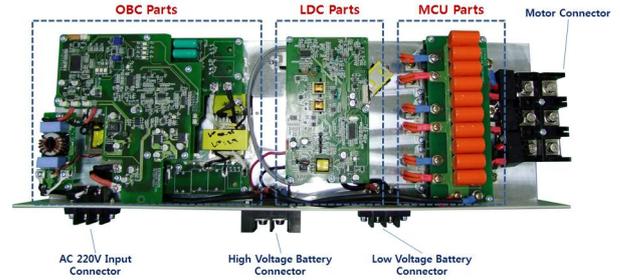


그림 3 통합형 전력변환장치 내부 구조
Fig. 3 Inner Picture of Integrated Power Converter Device

그림 3을 통하여 개발된 제품으로 72V 배터리 충전, 고압 배터리를 입력에 대한 모터 구동 및 LDC 동작을 확인한 결과 모터의 동작과 고전압 배터리 및 전장배터리의 충전이 표 1에서 제시한 내용을 모두 만족함을 실험을 통하여 확인하였다.

4. 결론

본 논문에서는 NEV에 적용되는 주요 전력변환장치를 하나의 기구물에 통합 제작하였으며, 각 기능별 동작이 정상적으로 이루어짐을 실험을 통하여 확인하였다. 개별 장치를 적용했을 때와 비교하여 커넥터가 수량이 적고, 통합형 전력변환장치가 통합된 개별 합산 제작에 비해 적음을 알 수 있었다.

본 과제에서는 최적형상에 대한 도출보다 기능 구현이 가능하고 동시에 단품들을 통합시키 것에 개발 초점을 맞춘 결과 다소 큰 부피를 가지고 있다. 배터리 충전시 MCU는 동작하지 않고 LDC는 저전력 동작을 수행하며, 차량 주행시 OBC는 동작하지 않고 MCU와 LDC가 동작하는 점을 감안하면 구성품의 배치와 방열부 형태에 따라 히트싱크를 크게 줄일 수 있음을 알 수 있다. 또한 OBC와 LDC가 아날로그 제어를 적용하기 때문에 제어부는 통신, 계측, 여러 검출 등의 기능을 수행하므로 하나의 DSP 제어보드로 2개 혹은 그 이상의 장치를 담당할 수 있을 것으로 예상된다.

MCU 입력단, LDC 입력단, OBC 출력단에 모두 커패시터가 사용되는 점을 감안한다면, 필름커패시터를 각 단자에 병렬로 접속시키도록 커패시터 내부 부스바를 제작하고 이를 각 단자에 접속시켜서 커패시터의 용량 저감과 동시에 불필요한 내부 배선을 없앨 수 있다. 향후 최적 형상을 가진 통합형 전력 구동장치를 설계, 제작하여 본 논문에서 제시한 시작품과 어떤 차이가 있는지 비교할 과제를 남겨두고 있다.

본 과제는 경기도 기술개발사업의 사업비지원(C10102310)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 장병운, 정중기, 허민, 장재훈, 이재호, 양친석, "NEV용 통합 PCU 구현", 전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집, pp. 298-299, 2011, 07.
- [2] 유종욱, 김경만, 김태권, 강찬호, 전태원 "LLC 공진형 컨버터를 적용한 전기자동차 고압배터리 충전기 개발", 2011년도 학술대회 논문집, pp. 440-441, 2011, 07.