

NEV용 통합형 전력변환장치의 탑재형 충전기 개발

김경만*, 김태권*, 강찬호*
(주)이지트로닉스*

Development of On Board Charger for NEV's Integrated Power Converter

G. M. Kim, T. K. Kim, and C. H. Kang
EGTRONICS Co., Ltd.*

ABSTRACT

도심형 전기자동차의 주요 전력변환장치인 모터구동제어기와 전장전력공급용 DC/DC 컨버터, 고전압배터리 충전기 등을 일체형으로 개발함으로써 하우징의 간소화, 방열부 및 커넥터의 불필요한 요소를 저감할 수 있어 원가절감과 연비개선 등의 효과를 얻을 수 있다. 본 논문에서는 통합형 전력변환장치 중에서 고전압배터리의 충전시간을 단축시키도록 고성능, 고효율 탑재형 충전기를 설계하고 이를 제작하여 실 충전시험으로 성능을 확인하고자 한다.

1. 서론

배터리에 의해서 구동되는 초기 전기자동차의 개념이 근래에는 내연기관 엔진과 병행하여 사용하거나 수소와 산소의 가역반응에 의해 생성된 전력에 의해 구동되는 연료전지차 등 다양한 형태를 띠고 있다. 이는 전기자동차의 높은 배터리 가격, 긴충전시간, 배터리 중량대비 주행거리의 제약 등 많은 현실적인 문제점으로 인한 것이다.

NEV(Neighborhood Electric Vehicle)는 시속 60km 정도로 구동하는 근거리 전기자동차로서 가장 먼저 상용화에 대한 시도가 이루어졌다. 고속전기자동차에 비해 동작전압과 배터리 용량이 낮고 전반적으로 저용량의 부품을 적용하고 있지만 현재 국산부품은 거의 사용하지 않고 외국 제품을 장착하여 사용하고 있다. 이는 외국제품이 국산제품에 비해 기능 및 성능이 우수해서가 아니라, 가격이 저렴하기 때문이다^[1].

전기자동차의 전력변환장치는 크게 MCU(Motor Control Unit)와 LDC(Low Voltage DC/DC Converter) 및 OBC(On Board Charger) 등으로 구성된다. 이들 전력변환장치는 개별적으로 기능과 역할을 가지지만, 토폴로지나 제어방식이 달라 개별적으로 공급되어 장착되는 요소부품이다.

이러한 전력변환장치를 통합시킬 경우 하우징의 축소, 커넥터 저감, 방열부 축소 등으로 인한 원가절감, 부피 및 중량 저감으로 인한 연비개선 등 그 파급효과가 크지만 1개 이상의 요소부품이 고장시 제품 전체를 수리하거나 교체해야 하는 불편함이 있다.

NEV용 통합형 전력변환장치 중에서 OBC는 MCU와 LDC에 비해 주행시 동작 동작하지 않고 정지시 동작을 하게 된다. 따라서 충전시 충전시간을 단축시키고, 비충전시 중량 및 부피가 작아야 한다.

본 논문에서는 기존 NEV급 차량용보다 용량이 2배 이상 크면서 부피와 중량이 작은 통합형전력변환장치 내의 탑재형 충전기에 대해 살펴보기로 한다.

2. 본론

2.1 통합형 전력변환장치

전기자동차내에 적용되는 전력변환장치를 개별적으로 위치할 경우 사용목적에 따라 MCU는 모터 부근에, OBC는 고전압 배터리 부근에, LDC는 전장부하가 많은 엔진룸에 위치하게 된다. 그러나 통합형 전력변환장치를 개발하여 장착할 경우 장착 위치는 모터와 가까운 위치에 장착을 하는 것이 유리하다. 이는 OBC는 주행시 동작하지 않기 때문이다. 그림 1은 전기자동차의 주요 부품과 통합형전력변환장치는 나타내고 있다.

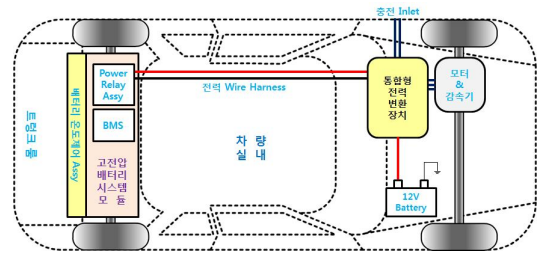


그림 1 전기자동차와 통합형전력변환장치
Fig. 1 EV & Integrated Power Converter Device

그림 2은 통합형 전력변환장치의 방열구조를 고려한 개별요소부품의 장착 위치를 나타내고 있다.

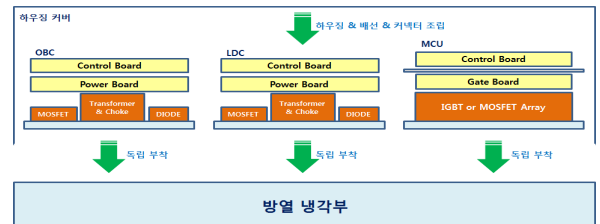


그림 2 방열 냉각부에 개별부품 부착
Fig. 2 Assembling the individual parts to heat sink

2.2 탑재형 충전기 개발

NEV급 전기자동차는 크게 48V와 72V 시스템으로 크게 구분되지만 최근 72V가 보편적으로 많이 적용되고 있다. 따라서 고전압 배터리를 충전하기 위하여 탑재형 충전기는 단상 교류 전원을 입력받아 72V의 직류전압을 변성할 수 있는 토폴로지를 가져야 한다. 본 논문에서는 스위칭 손실을 줄이고 출력전압 범위를 넓게 하기 위하여 LLC 공진형 컨버터를 적용하였으며, 입력단 전력품질 개선과 정류된 파형의 교류성분을 저감하면서 LLC 공진컨버터에서 제어가능한 전압범위로 만들기 위하여 역률제어(Power Factor Collection) 승압기를 적용하였다.^[2]

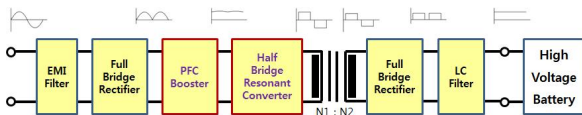


그림 3 탑재형 충전기 토폴로지
Fig. 3 Topology of OBC

LLC 공진형 컨버터에서 누설인덕턴스값을 안정운전영역에서 동작시키기 위해 트랜스포머의 공극을 가지도록 설계하고 이를 제작하기 위해 E형 코어의 중앙 자심을 각각 잘라내어 제작한 후 맞대기를 하여 전체 자기회로를 제작한다. 중앙자로는 트랜스포머의 1차권선과 2차권선이 감기게 되는데, 권선수가 작을 경우 각동선으로 제작된다. 그런데 이 권선이 공극 위에 감길 경우 공극에서 발생하는 열에 의해 권선의 열화가 가속될 수 있기 때문에 그림 4 (b)와 같이 권선수에 비례한 자심의 제작이 필요하겠다. 한편 공극을 가지는 트랜스포머는 공극의 길이가 커질수록 많은 열을 발생하게 되는데, 일반적인 트랜스포머와 같이 세워져 배치할 경우 공극에서 발생하는 열은 코어를 통해 열을 발산하거나 대기 중으로 열을 교환하게 된다. 따라서 열을 효과적으로 발산하기 위해 그림 (d)와 같이 배치할 경우 공극의 열을 히트싱크면으로 발산이 용이해진다.

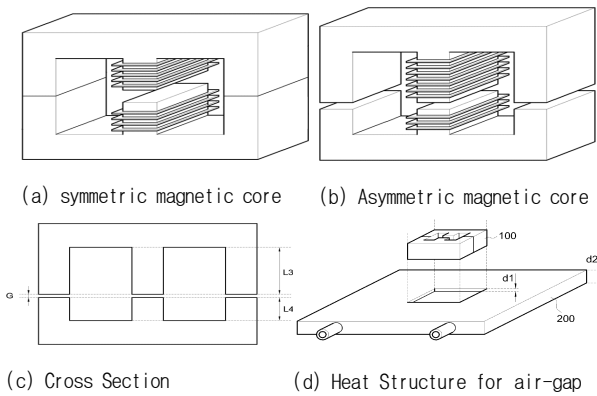
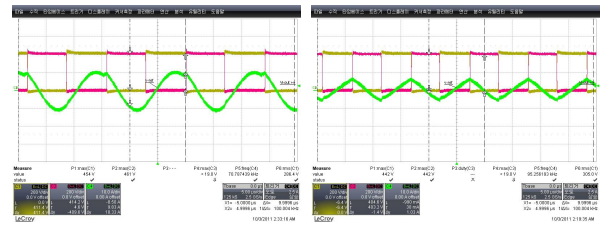


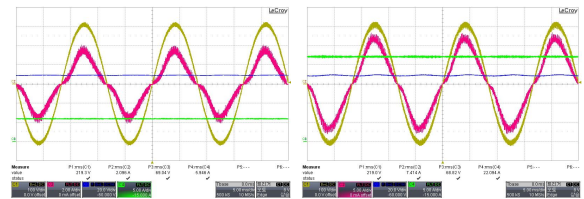
그림 4 권선에 비례한 자심
Fig. 4 Proportional to asymmetric magnetic core and Number of winding

3. 제작 및 시험

그림 5는 OBC회로에서 스위칭 주파수의 변화에 따른 하프 브리지 스위칭소자 양단 전압 및 공진전류 파형을 나타내고 있다.



(a) $f_s = 70 \text{ kHz}$ (b) $f_s = 95 \text{ kHz}$
그림 5 하프브리지 스위치 양단 파형과 공진전류 파형
Fig. 5 Difference voltage waveform at switching device and resonant current waveform



(a) $V_o = 69\text{V}$, $I_o = 11\text{A}$ (b) $V_o = 68.8\text{V}$, $I_o = 22.1\text{A}$
그림 6 입력전압, 입력전류, 출력전압, 출력전류 파형
Fig. 6 Waveform of input ac voltage, current & output dc voltage, current

그림 6는 부하의 변화에 따른 OBC입력 전압, 전류 및 출력 전압 및 전류의 파형을 나타내고 있다. 그림 (d)에서 OBC의 경우 최고 1.5kW의 출력을 낼 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 과제에서 개발된 탑재형 충전기는 LLC 공진형 컨버터를 적용하여 전기적 성능을 높였으며, 트랜스의 방열과 제품의 수명을 길게 하기 위해 비대칭자기회로 및 공극방열을 위한 배치를 소개하였다. 기존 타 제품에 비해 1.2배의 부피를 가지지만 2배 이상의 출력 용량을 가짐으로써 높은 전력밀도를 가졌다고 할 수 있다. 이로서 충전시간을 단축함과 동시에 거리를 확보하기 위한 연비절감의 효과를 낼 수 있다고 할 수 있다.

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

참고 문헌

- [1] 장병운, 정중기, 허민, 장재훈, 이재호, 양천석, “NEV용 통합 PCU 구현”, 전력전자학회 2011년도 학술대회 논문집, pp. 298 299, 2011, 07.
- [2] B. Yang, F. C. Lee, A. J. Zhang, G. Huang, “LLC resonant converter for front end DC/DC conversion”, in IEEE APEC 2002, pp. 1108 1112, 2002