

전기 자동차 탑재형 충전기 모듈 개발

방효진, 이재호, 장석채, 양천석
LS 산전, EV-Control

Development of On-board Battery Charger Module

Hyojin Bang, Jaeho Lee, Seokchae Chang, Chunsuk Yang
EV-Control, LS Industrial System

ABSTRACT

본 논문에서는 전기 자동차 탑재형 충전기 모듈에 대하여 설명한다. 기존의 충전기와는 달리 저압 충전부를 겸비하고 있어 저압 배터리도 동시에 충전시킬 수 있는 절연형 3.3kW 충전기 모듈이다.

전기 자동차 탑재형으로 온도와 진동에 강한 전장용 부품을 사용하여 주요 하드웨어를 구성하였으며, 유로해석 및 PCB진동해석을 통해 외부 온도변화와 진동에 강인하도록 설계하였다.

1. 서론

최근 자동차의 배기가스로 인한 대기오염 및 지구온난화 지구 환경문제가 이슈화 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 여러 가지 대안들이 추진되고 있는데 그 중 하나가 공해 배출이 없고, 화석 연료 의존성이 없는 전기 자동차이다.

전기 자동차에는 배터리가 그 에너지원으로 사용된다. 그래서 이 배터리를 충전시킬 수 있는 충전기의 연구가 활발히 진행되고 있다.^[1]

본 논문에서는 전기 자동차에 탑재형으로 개발된 전기 자동차충전기 모듈을 소개 한다.

2. 충전기 모듈 시스템의 구성

그림1은 충전기 모듈의 회로도를 나타내고 있다. PFC(Power Factor Correction), 고압 충전기, 저압 충전기 모두 전기적으로 절연 되어 있다. 표1은 설계사양을 나타내고 있다.

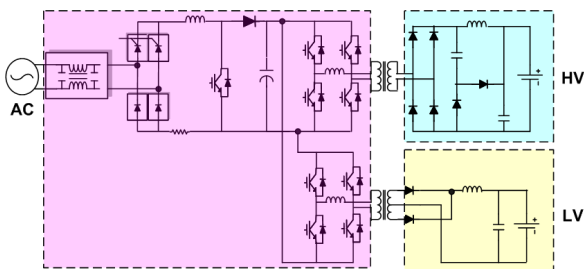


그림 1 충전기 모듈 회로도

표 1 3.3kW OBCM 사양

시스템 용량	3.3kW	
내 진동 성능	2.84G(12hours)	
냉각성능	Water(Coolant) Cooling	
사이즈/무게	340mm×215mm×100mm / 8.14 kg	
PFC	입력 전압	85Vac ~ 265Vac
	입력 주파수	45Hz ~ 70Hz
	역률	>95%
HV Charger	출력 전압	300V ~ 420V
	출력 전류	0A ~ 11A
	정격 용량	3kW
LV Charger	출력 전압	12 ~ 14V
	출력 전류	0A ~ 31A
	정격 용량	400W

2.1 파워 부

SCR위상각 추정을 통해 PFC 출력 CAP.을 초기충전 함으로 기존의 Relay를 사용하여 초기 충전 하는 방법보다 기계적인 신뢰성을 향상 시켰다.

역률개선을 위해 사용된 PFC의 출력전압은 390[V_{DC}]로 제어하며, 이는 고압 및 저압 충전기의 입력으로 연결 된다.

고압 충전기는 출력 정류다이오드의 내압과 스위칭 손실을 개선하기 위해 2차측에 ERS(Energy-Recovery Snubber)이 포함된 ZVZCS(Zero Voltage Zero Current Switching) Full Bridge DC/DC Converter를 사용한다. 그리고 저압 충전기는 일반 Phase-Shifted PWM DC/DC Converter를 사용한다.

2.2 제어 부

아날로그 제어를 통해 PFC 출력전압/입력전류 제어를 하며, 입력 파워를 제한 한다.

고압/저압 충전기는 각각 평균전류 제어하며, 전류 레퍼런스는 MCU 및 전압 제어기 출력에서 동시에 받게 되며, 배터리의 상태에 따라 CC(Continuous Current)/CV(Continuous Voltage)모드가 결정된다.^{[2][3]} 각각 독립적인 제어는 파워 변환 장치 간의 간섭을 최소화 한다.

소신호 모델링을 통해 보상을 설계하였으며, Matlab 이용한 시뮬레이션 통해 제어의 안정도를 분석하였다.^{[4][5]}

2.3 통신 부

CAN2.0을 사용해 전기 자동차의 상위제어기와 주요 데이터를 통신하며, 충전기 모듈을 진단한다. 또한 CAN통신을 이용한 Bootloader가 가능하다.

3. 기계 설계 및 해석

본 충전기 모듈의 유로 해석을 통해 Flow travel과 최고 압력을 예측하였으며, 최고 압력손실은 0.028[bar]로서 기준치인 0.05[bar]에 만족한다.

또한 PCB의 내진성을 확보하기 위하여 PCB의 진동해석을 진행하였으며, 경계조건으로는 Screw 체결 부위를 Fixed area 조건으로 부여 하였고, 진동에 의한 외력을 5[G] 기준으로 해석을 진행하였다. 해석결과, 최대 응력은 13[MPa]로 파단응력의 14.2[%]에 해당하여 진동 측면 강성을 확보하였다.

그림 2는 평균적으로 5G의 힘을 가했을때의 Deformation Profile을 나타낸다. 붉은 색으로 표시된 영역이 최대 변형이 발생하는 지점이며, 해석 상 0.1[mm]의 매우 낮은 변형률을 나타냈다. 또한, 최대 응력 집중 분포로 보아 7.1[MPa]을 나타내며 PCB의 tensile ultimate strength인 310[MPa] 대비 매우 낮은 값을 나타내어 충분한 안전계수를 확보했다.

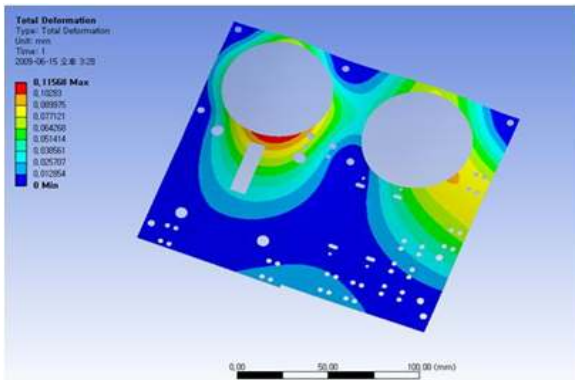


그림 2 PCB 진동해석 결과

4. 시험결과

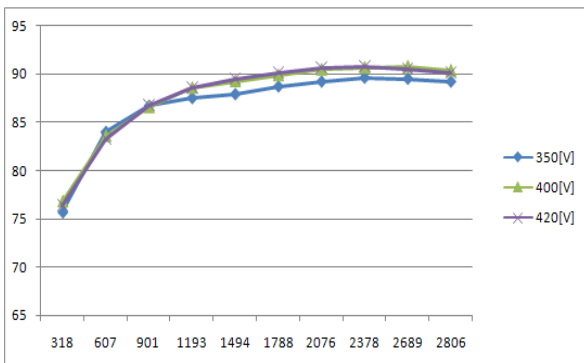


그림 3 충전기 모듈의 효율

저압 충전기의 출력을 150[W]로 일정하게 제어 하고 고압 충전기의 출력을 다양하게 하여 효율을 측정 하였다. 그림 3은 충전기 모듈의 효율을 나타낸다.

그림 4는 제품 사진을 나타낸다.



그림 4 제품 사진

5. 결론

제품의 신뢰성을 높이기 위해 주요 하드웨어 부품을 전장용으로 사용하였으며, 모든 수동소자들은 별도로 케이스를 만들어 고정을 시켰다.

각각의 전력 변환장치를 별도로 제어하여 장치간의 간섭을 최소화 하였으며, 메인 MCU를 통해 충전기 모듈을 실시간으로 진단, 고장 이력들을 관리 할 수 있다.

제품의 효율 및 성능을 개선하기 위해 각 전력변환 장치의 효율 개선이 진행 중이다.

참고 문헌

- [1] 데이코산업연구소 "미래형자동차 Hybrid Car & Safety System 시장동향과 전망"
- [2] Unitrode - UC3854A/B and UC3855A/B Provide Power Limiting With Sinusoidal input Current for PFC Front Ends by Laszlo Balogh
- [3] PHILIP C. TODD "UC3854 Controlled Power Factor Correction Circuit Design"
- [4] Eun-Soo Kim, Yoon-Ho Kim, "A ZVZCS PWM DC/DC Converter Using a Modified Energy-Recovery Snubber" Industrial Electronics, IEEE Transactions on Volume 49, Issue 5, Oct. 2002 Page(s):1120-1127
- [5] Wei Tang, Fred C. Lee, Raymond B. Ridley "Small - Signal Modeling of Average Current-Mode Control"