

NEV용 통합 PCU 구현

장병운, 정중기, 허민, 장재훈, 이재호, 양천석
LS 산전, EV-Control팀

Integrated PCU Development for NEV

Byungwoon Jang, Joongki Jung, Min Hur, Jaehoon Jang, Jaeho Lee, and Chunsuk Yang
LS Industrial System

ABSTRACT

본 논문은 전기자동차용 통합 PCU의 개발에 관한 것으로서 상용전원을 입력으로 하여 전기자동차의 배터리를 충전하는 Charger 부분과, 충전된 배터리를 입력전원으로 하여 전기차의 구동용 모터를 동작시키는 Inverter 부분이 통합 구성되어 있다. 이를 위해 서로 분리된 Charger부와 Inverter부를 하나의 회로로 통합함으로써 부피와 무게 측면에서 차량 내부의 한정된 공간에 적합할 뿐만 아니라 가격절감 및 신뢰성 측면에 있어서 이점을 가지고 있다.

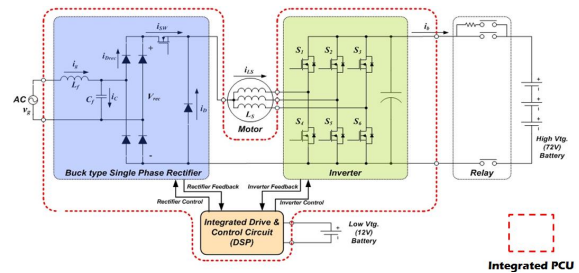


그림 1. 통합 PCU 회로도

표 1. 통합PCU 사양

1. 서론

최근 자동차의 배기가스로 인한 대기오염 및 지구온난화로 공해배출 및 화석연료 의존성이 없는 전기 자동차에 대한 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다. 현재 화석연료 자동차와 동등 출력의 전기차 대중화에는 상대적으로 비싼 가격 문제 및 충전 인프라 문제, AER (All Electric Range)의 제약 등의 문제가 대두된다. 이를 위한 대안 중 하나로 국내외 업체를 중심으로 저가의 근거리 통근 및 이동을 위한 NEV (Neighborhood Electric Vehicle)에 대한 수요가 증가하고 있다. 하지만 NEV는 상용 전기차에 비해 보다 더 한정된 공간상 제약과 함께 가격 절감 문제가 중요시 된다.

상기의 문제에 대한 해결책으로 본 연구개발 과제에서는 Inverter부와 Charger부를 일체화 한 통합형 PCU 모듈을 통해 가격 뿐만 아니라 부피, 무게 등의 물리적 측면의 소형화를 이뤄내어 제한된 배터리 용량 하에서 AER을 증대시킬 수 있다.

2. 통합 PCU의 구성

그림 1은 통합 PCU의 회로도이다. 단상 AC 입력으로부터 배터리를 충전하는 Charger부와 충전된 배터리를 이용하여 유도전동기를 구동시키는 Inverter부를 일체화하였으며, 모터의 권선을 Charger부의 인덕터로 이용하여 부피와 비용절감을 도모하였다. 표 1은 통합 PCU의 설계사양을 나타내고 있다.

2.1 Inverter부

통합 PCU에서 Inverter부는 크게 제어를 위한 제어부, 상전류 발생을 위한 구동부로 구성되어 있다.

Sectors	Sectors	Specification
Inverter	Energy Source	Battery
	Voltage	Rating 72VDC
	Output Power	Cont. 7kW / Max. 21kW[120s]
	Max. Oper. Freq.	~300Hz(9000rpm@4poles)
Charger	Motor	IM
	Input Source	220VAC
	Input Power	~1.5kW
Common	Power Factor	~99%
	Controller	DSP
	Interface	RS 232, CAN, Dig.&Anal. sig.
	Oper. Temp.	30°C ~70°C(stor. 30°C ~80°C)
	Weight	~11kg
	Protection Against	OV, UV, OC, OT, Arm Short 등
	Cooling	Forced Air Cooling
	Vibration Degree	4G
Protection Degree	IP54	

2.1.1 제어부

제어부에서는 DSP를 MCU로 사용하며, CT로 측정된 현재의 모터 상전류 값과 외부 신호를 통해 입력받은 현재 지령치를 이용하여 PI제어기로 연산한 후 각 상의 PWM 신호를 구동부로 전달한다.

2.1.2 구동부

구동부에서는 DSP로부터 전달받은 PWM 신호를 바탕으로 MOSFET모듈 Gate 신호를 생성하고 이를 통해 배터리의 전기 에너지를 유도 전동기의 각 상으로 인가함으로써 교류 전동기를 구동시킨다.

2.2 Chager부

통합 PCU에서 Charger부는 크게 파워부와 제어부로 구성된다.

2.2.1 파워부

Charger부 구성은 그림 1과 같이 정류기를 포함한 buck type의 회로와, 모터 권선을 이용한 인덕터, 그리고 inverter와 공용으로 쓰이는 MOSFET Module로 이루어져 있다. 기본 topology는 non inverting Buck Boost이며 효율증대를 위해 synchronous 구조를 채택하였다.

2.2.2 제어부

정류된 AC 입력전압을 검출하여 입력전류의 reference로 사용되며 스위치 입력전류의 평균치를 제어하기 위해 charge current mode방식을 채택하였다.^{[1][2]} 초기 충전 시 제어부는 CP(Constant Power) 모드로 동작하며, 출력전압이 정격전압인 85V에 도달 시 CV(Constant Voltage) 모드로 제어가 들어가며 역률보상의 기능도 함께 수행한다.

3. 기계 설계 및 해석

본 과제의 열해석 결과, 정격 7kW, 주변온도가 65°C의 조건에서 2m/s의 강제대류 고려 시, Power MOSFET은 120°C, MOSFET 모듈은 110°C 유지가 가능하다. 그림 2는 열해석 결과 Heat Sink의 열 분포도이다.

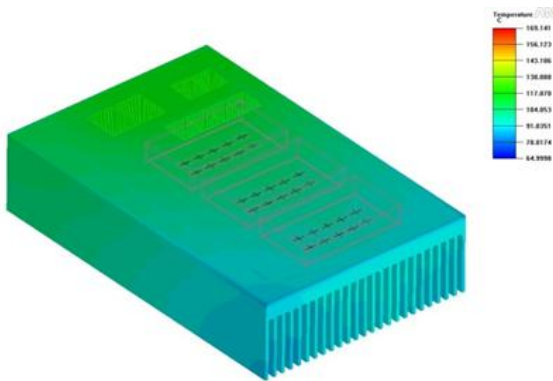


그림 2. 통합 PCU Heat Sink 열해석 결과

4. 시험결과

그림 3은 통합 PCU Inverter 모드에서 유도전동기를 벡터 제어한 U, V, W상 전류이다. 정격속도에서 정격전류 128A가 흐르는 것을 볼 수 있다. 그림 4는 통합 PCU Charger 모드에서의 충전시험 결과로서 0.985의 역률과 90%의 효율을 보인다. 그림 5는 개발된 통합 PCU prototype 사진이다.

5. 결론

기존에 개발된 전기차용 Inverter모듈과 Charger모듈의 경우, 각기 개별적으로 장착되어 공간상 제약과 경량화, 저가화가 필요한 전기자동차에서 부피 및 무게, 가격 측면에 대해 부담을 주고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서 소개된 통합 PCU 적용 시 공간적으로 보다 협소하며 저가화를 목적으로 한 NEV에서 많은 이점을 취할 수 있다. 현재 통합 PCU의 성능과 효율, 신뢰성 향상 및 용량 증대를 위한 연구가 진행 중이다.

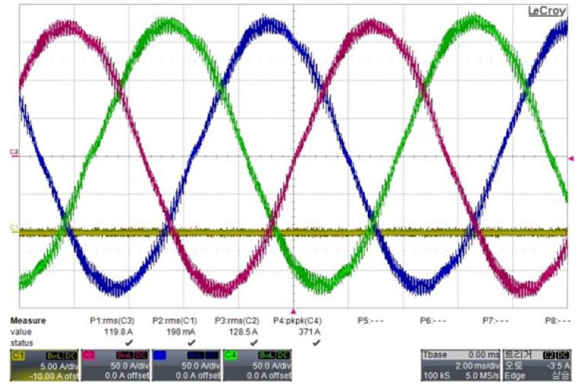


그림 3. 유도전동기 구동 시 U, V, W상 전류

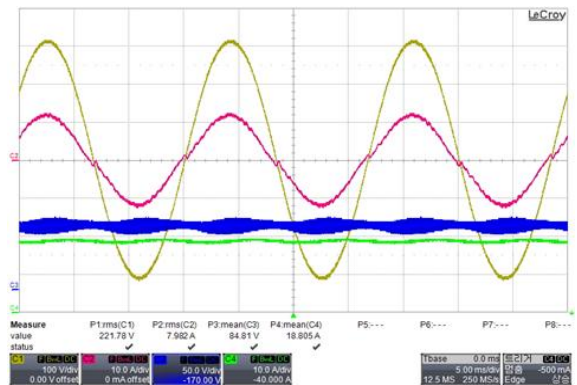


그림 4. 통합 PCU 이용 충전시험 과정
Ch.1 입력전압; Ch.2 입력전류
Ch.3 출력전압; Ch.4 출력전류



그림 5. NEV용 통합 PCU PT 사진

참고 문헌

- [1] W Tang, F. C. Lee, "Charge Control: Modeling, Analysis, and Design", IEEE Power Electronics Specialists Conference Record, pp. 503 511, 1992.
- [2] A. R. Prasad, P. O. Zogas and S. Manias, "A new active power factor correction method for single phase buck boost ac dc converter," IEEE Applied Power Electronics Conference Record, pp.814 820, 1992