

# 전기자동차 모터구동용 전력변환장치(PCU) 설계 및 구현

김말수, 김승모, 허남억, 오승진, \*남광희

포스코 아이씨티, \*포스텍

Design and Implementation of Power Conversion Unit(PCU) for Motor of Electric Vehicle

Mal-Soo Kim, Seung-Mo Kim, Nam-Euk Huh, Seung-Jin Oh, \*Kwang-Hee Nam

POSCO ICT, \*POSTECH

## Abstract

This paper presents design and implementation of the PCU(150 kVA 3-Phase PWM Inverter for Electric Vehicles). For Implementation of the PCU, it is consist with Case, Connectors, IGBT module for PWM switching, DC-capacitor for dc-source, resolver for sensing of speed & position, and PCB board for control & gate-driver. Also, for the purpose of stable operation of the PCU in vehicle with variable torque condition in motor, current control scheme based on torque-map are developed. According to real-car test mode, the prototype of proposed the PCU is verified with performance and stability. Thus, design and implement of the PCU are discussed, and experimental results are presented in this paper.

## 1. Introduction

본 논문은 전기자동차의 구동시스템인 모터에 전력을 공급하고 전류를 제어하는 전력변환장치(PCU: Power Conversion Unit)의 설계와 구현을 제시하였다. PCU는 모터의 속도 및 토크 제어의 빠르고 신뢰성 있는 제어를 위한 고성능 프로세서와 센서, 모터구동에 필요한 전력을 공급해 주기 위한 DC-커패시터 및 IGBT 모듈, 차량장착을 위한 케이스 및 외부 인터페이스를 위한 커넥터로 구성된 하드웨어와 모터제어 및 PCU 보호동작을 위한 제어프로그램인 소프트웨어로 이루어져 있다. 본 제품은 외부지령에 의한 빠른 제어응답성능과 고온 및 진동환경에 따른 내구성 확보, 그리고 전장부하간의 전자파 간섭에 안정적으로 동작하도록 설계되었고, 이를 검증하기 위한 기능시험, 진동시험, 전자파시험, 그리고 실차적용시험이 수행되었다.

## 2. Design

### 2.1 Electrical and Mechanical

본 논문에서 제안하는 PCU는 전기자동차용 매입형 영구자석 동기모터를 구동하고 제어하는 인버터이다. 제안된 PCU의 전기적 용량은 적용되는 모터의 용량과 사양에 따라 선정되었으며, 차량 응용에 적합하도록 소형 박형으로써 모터와 일체형으로 조립이 가능한 구조로 설계하였다. Fig 1에 제안된 PCU의 회로와 주변 인터페이스를 나타내었다. 또한 제안된 PCU의 상세사양과 적용된 모터의 상세사양은 Table 1과 Table 2에서 정리하였다.

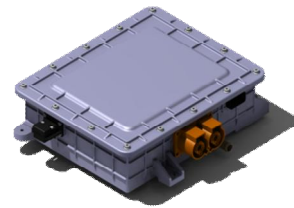


Fig. 1 The proposed PCU for electric vehicle.

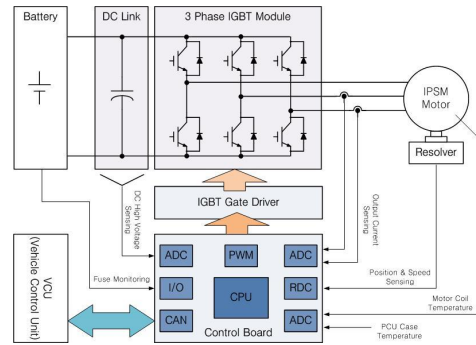


Fig. 2 Circuit and signal line in the proposed PCU for electric vehicle

Parameters	Value	Unit	Remark
Input Voltage	260 ~ 400	[Vdc]	
Max Output Power	150	[KVA]	Overload: 150%
Continuous Power	100	[KVA]	Motor Power: 60kW
Max Output Voltage	147	[Vrms]	@360V, SVPWM
Max Output Current	340 2	[Arms]	@Max Torque
Max Efficiency	97	[%]	
Coolant	Water		

Table. 1 Specification of the proposed PCU for electrical vehicle

Parameters	Value	Unit	Remark
Max Torque	320	[Nm]	During 90[sec]
Max Output Power	100	[KW]	
Continuous Power	60	[KW]	
Max Speed	12000	[rpm]	
Max Efficiency	97	[%]	
Coolant	Water		

Table. 2 Applied Motor: IPSM(Inner Permanent Synchronous

Motor)

### 2.2 Digital Controller with 32bit DSP

전기자동차에 적용되는 PCU는 차량의 상위제어기인

VCU(Vehicle Control Unit)와의 CAN 통신과 연동하여 동작된다. 이를 통해 PCU의 기동/정지수행, 모터의 토크 및 속도제어, 과전류 및 과전압과 같은 이상상태 발생시 보호/차단, 그리고 입력전압, 출력전류, 모터의 속도, 온도 등의 AD센싱 정보를 VCU에 전달하여 모니터링한다. 제안된 PCU의 모터의 토크 제어는 적용되는 모터의 구동시험에 의해 얻어진 토크맵 테이블로 동기 D축과 Q축의 전류지령값을 얻고, 실제 전류와의 오차값을 이용한 전류 PI제어에 의해 수행된다. Fig 3은 제안된 PCU의 전체 동작시퀀스를 나타내고 있고, 토크제어에 관련된 제어 블록다이어그램은 Fig 4에서 설명하고 있다.

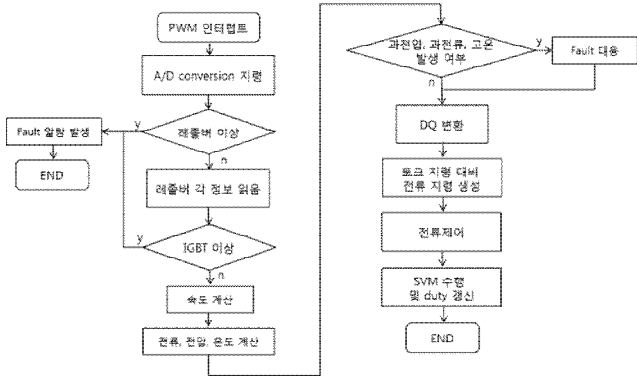


Fig. 3 Operation Flow Chart in PCU

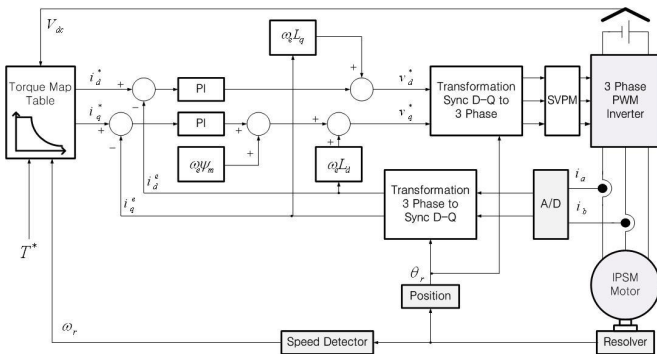


Fig. 4 Control Block Diagram in PCU

### 3. Results

#### 3.1 Implementation

본 제안된 PCU는 차량 적용에 있어 진동, 온도, 그리고 전자파 간섭에 영향을 최소화한 받도록 구현하였다. 이에 대한 성능검증을 위해 기능시험, 진동시험, 전자파시험, 그리고 실차적용시험이 수행되었다.

#### 3.2 Verification

##### 3.2.1 Performance Test in Lab

제작된 PCU의 주요동작과형, 제어성능, 적용된 모터의 특성은 부하로써 유도모터를 이용한 다이내모 시험장치를 통해 검증하였다. Fig 5에서는 이에 대한 시험결과로써, 적용된 IPSM 모터의 토크 및 속도 곡선과 전류제어 성능을 나타내고 있다. 이때 DC 링크단 전압은 360[V]를 유지하였다.

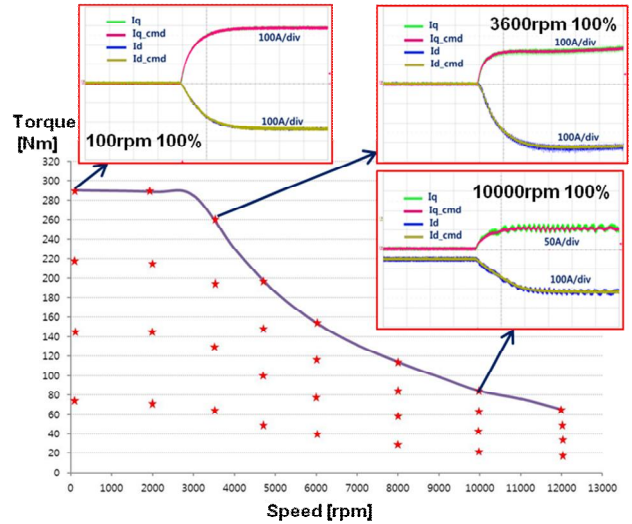


Fig. 5 Characteristics of T-N Curve & Current Control Response

또한, 제작된 PCU의 내구시험, 온도시험, 복합환경시험, 진동시험, 전자파시험을 통해 제품의 신뢰성을 검증하였다. Table 3은 각 시험에 대한 최종 결과로서 시험기준을 통과하였음을 나타내고 있다.

Parameters	Value	Unit	Remark
Durability	100 000	[Miles]	PASS
Temperature	-40°C/105	[°C]	PASS
Thermal Shock	-40°C/120	[°C]	PASS
Vibration	10/ 30/ 50	[g]	PASS
EMC	CISPR 25		PASS

Table. 3 Test results of the proposed PCU in Environment condition

#### 3.1.2 Application of Retrofit Car

본 PCU의 차량장착시험은 UDSS 주행조건에 따라 진행되었다. 이에 따른 시험 결과는 Table 4에 나타내었다.

Parameters	Value	Unit	Remark
Max Speed	178	[km/h]	PASS
Climbing Capacity	36	[%]	PASS
Acceleration	9.7	[sec]	0~100 [km/hr]
Autonomy	250	[km]	UDSS

Table. 4 Test results of the proposed PCU in real-car condition

### 4. Conclusion

본 논문에서는 전기자동차에 적용되는 150[kVA]급 PCU의 설계와 구현, 그리고 다양한 시험을 통한 시험결과를 설명하였다. 이를 통해, 제안된 PCU의 제어성능, 제품 신뢰성, 차량적용 안정성을 검증하였다.

### Reference

[1] Kwang-Hee Nam, "AC Motor Control and Electric Vehicle Applications", CRC Press