

근거리 전기자동차 구동을 위한 인버터 개발

차대석^{*,**}, 박재석^{*,**}, 신덕식^{*}, 이상택^{*,***}, 임영철^{**}, 김희준^{***},
이광운^{****}, 양승학^{*****}, 최광호^{*****}, 김대경^{*}

전자부품연구원^{*}, 전남대학교^{**}, 한양대학교^{***}, 목포해양대학교^{****}, 호남대학교^{*****}, 지엔디윈텍^{*****}

The development of Inverter for Neighborhood Electronic Vehicle

Dae-Seak Cha^{*,**}, Jae-Seok Park^{*,**}, Duck-Shick Shin^{*}, Sang-Taek Lee^{*,***}, Young-Cheol Lim^{**}, Hee-Jun Kim^{***},
Kwang-Woon Lee^{****}, Seung-Hak Yang, Kwang-Ho Choi, Dae-Kyong Kim^{*}
Korea Electronics Technology Institute^{*}, Chonnam National Univ^{**}, Hanyang Univ^{***}, Mokpo National
Marine Univ^{****}, Honam Univ^{*****}, GND WINTECH^{*****}

ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차의 동력용 모터로 적합한 고효율 고회전 특성의 IPMSM을 적용하여 고 정밀 위치센서에 의한 벡터제어 알고리즘 및 인버터 제어기를 개발하였다. 개발된 제어기의 알고리즘 검증에 위해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고, 다이내모 부하시험을 통하여 제어기의 안정된 운전특성을 가짐을 확인하였다.

1. 서 론

전 세계적으로 유가 급등 및 기후변화 협약과 같은 전 지구적 에너지 소비 감축방안으로 화석연료의 제약이 심화될 것으로 전망된다. 현 정부가 추진하고 있는 녹색성장사업에 맞춰 일반 자동차의 엔진대신에 전동기를 탑재하여 구동력을 가지는 것으로 직장인이나 가정 주부들이 근거리 이동용으로 이용할 수 있는 근거리 전기자동차에 대한 연구개발의 수요가 많이 증대되고 있다.

근거리 전기자동차용 구동 전동기는 통상 정격 수 kW급의 영구자석 전동기를 적용하며, 시스템의 고효율, 고밀도화를 위해 매입형 영구자석 전동기를 적용하여 연구개발이 이루어지고 있는 실정이다. 이러한 시스템의 소형경량화 고효율화를 위해 저압의 배터리 전압을 고압으로 변환 하는 컨버터에 대한 연구개발도 진행되고 있으며, 차량 전체적인 시스템의 고효율, 고성능화, 소형경량화 특성의 최적화를 위해 운전자에 따른 최적의 주행 패턴을 고려한 운전제어 알고리즘에 대한 연구도 진행되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 근거리 전기자동차용으로 적합한 벡터 제어기를 개발하였고 이의 유용성을 확인하기 위해 PSIM을 시뮬레이션과 다이내모 부하 시험을 통해 그 유용성을 확인하였다.

2. 본 론

2.1 근거리 전기자동차 제어기 구성

근거리용 전기자동차의 전기적인 시스템은 그림 1과 같으며, 전기자동차의 동력 발생 부분인 전동기, 전동기의 속도를 제어하는 인버터, 저 전압의 배터리를 고 전압으로 변환시켜주는 DC-DC 컨버터로 구성이 된다. 본 논문의 연구결과로서 개발한 인버터 제어기는 안정된 속도제어와 전류제어를 통한 벡터

제어 알고리즘을 적용하였고 높은 전력 밀도와 신뢰성 및 EMI 문제, Noise 저감을 고려한 IGBT Stack으로 회로를 구성 하였다. 본 논문에서 제안된 인버터 제어기는 그림 2와 같이 크게 Digital Control Part부와 Power Stack Part부로 나누며, 회로의 안정된 동작을 위해 전기적인 절연상태로 설계를 하였다.

우선 Digital Control Part부는 전류제어 알고리즘을 수행하기 위하여 소수점 연산이 가능한 TI사의 TMS28335 DSP 칩을 이용하여 설계하였으며, 안정된 신호 검출을 위해 절연형의 전류센서, 전압센서를 적용하였다. 또한 매입형 영구자석 전동기의 초기 위치 검출을 위해 기계적 신뢰성 특성이 우수한 Resolver 센서를 적용 하였다.

Power Stack Part부에서는 가격 및 시스템의 유연성을 위해 일반 IGBT Stack을 적용하여 구성을 하였으며, 대전력 소자의 구동 및 보호동작 특성이 가능한 Gate Driver칩을 사용하여 회로를 구성하였다.

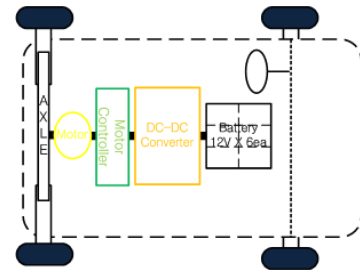


그림 1. 근거리용 전기자동차 시스템
Fig. 1 Neighborhood Electronic Vehicle System

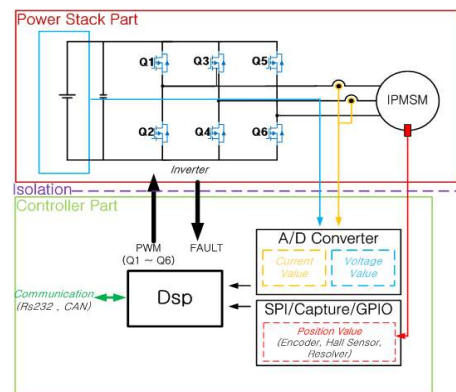


그림 2. 근거리용 전기자동차 제어기 구성도
Fig. 2 Neighborhood Electronic Vehicle Controller Block Diagram

2.2 시뮬레이션

제안된 근거리 전기자동차용 벡터제어 알고리즘의 검증을 위해 PSIM Tool을 이용하여 그림 3과 같이 시뮬레이션 회로를 구성하였다. 표 1은 설계된 모터의 파라미터 특성표이며, 그림 4는 설계된 모터의 상수를 고려한 시뮬레이션 결과파형으로 정격부하 7.5kW, 5,000rpm 조건에서 안정된 속도 제어 특성이 나타남을 확인하였다.

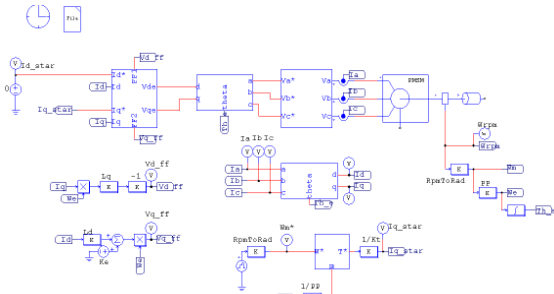


그림 3. 제안된 제어기 시뮬레이션 회로도
Fig. 3 Controller Simulation Schematic

표 1. 전동기 파라미터 값
Table. 1 IPMSM Parameter Value

상/극수	3상/12극
상저항	9.62mΩ
상인덕턴스(Ld/Lq)	0.289m/0.410m
역기전력 상수	16
정격 속도	5000rpm
정격 출력	7.5kw

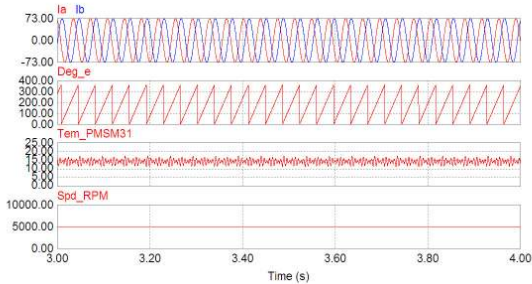


그림 4. 정격 15Nm의 전류 파형
Fig. 4 Current Waveform of 15Nm Load

2.3 실험 결과

그림 5는 부하시험을 위한 시험설비의 구성을 나타낸다. 제어기의 입력전원은 시험의 용이성을 위해 DC 전원공급기를 사용하였고 모터의 부하 조건별 시험을 위해 다이내모 측정기를 사용하여 시험을 수행 하였다. 그림 6는 구동모터를 5,000rpm의 제어조건에서 부하가변을 통해 측정된 T-N 곡선이며, 14Nm에서 최대 효율이 95%가 나타남을 확인하였다. 그림 7은 정격부하 15N.m 일때의 상 전류 및 위치센서의 회전각 파형으로 안정된 운전특성을 가짐을 확인하였다.

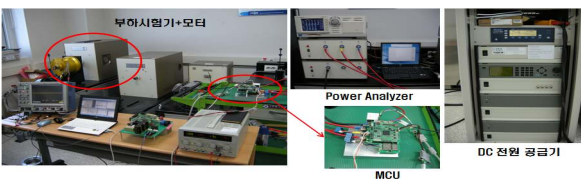


그림 5. 제안된 제어기 부하 시험
Fig. 5 Proposed Controller & Load Test

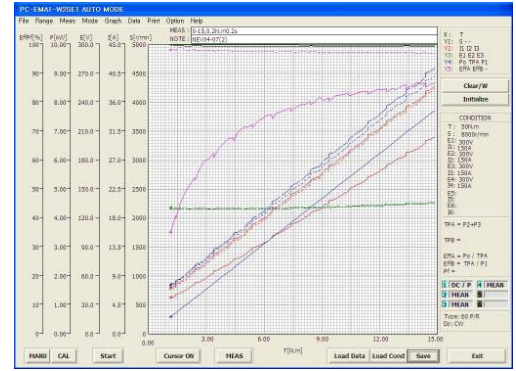


그림 6. 15Nm 부하 시 효율 및 부하 특성
Fig. 6 15Nm Load Test(Efficiency)

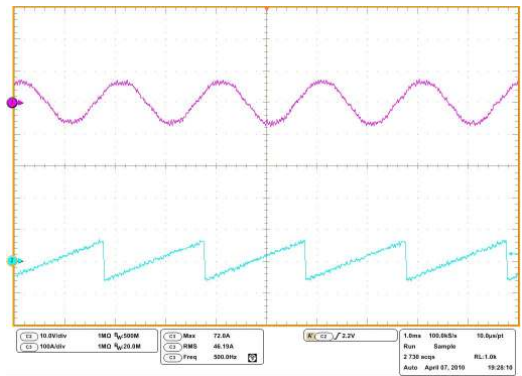


그림 7. 5000rpm 부하 15Nm시 상 전류
Fig. 7 5000rpm 15Nm load at phase current

3. 결론

본 논문에서는 근거리 전기자동차 구동용 인버터에 적합한 7.5kw급의 벡터제어기를 개발 하였다. 제어알고리즘의 고성능 구현 및 차량 시스템의 제어를 고려하여 부동소수점의 DSP를 사용하였다. 개발된 제어기를 통해 시뮬레이션 및 부하시험 결과가 일치함을 확인하였고 제어기의 유용성을 확인하였다. 현재 차량용 제어기에 있어서 고신뢰성, 고밀도, 고효율, 가격등과 같이 실제 사업화를 위해서는 많은 요구사항이 존재한다. 따라서 향후 이러한 점을 고려하여 고밀도, 소형경량화, 고효율화를 구현할 수 있는 전력모듈화에 대한 방향으로 연구를 진행하고자 한다.

본 논문은 호남광역경제권 선도산업의 "NEV용 고효율 동력제어 부품 및 차량시스템 제어 개발"과제의 지원으로 연구되었음

참고 문헌

- [1] 설승기, 전기기기제어론, 도서출판 브레인코리아, 2002
- [2] 윤덕용 외 "공간접안벡터 PWM 기법을 이용한 영구자석형 동기전동기의 속도제어", PP.1112 - 1120, 1994.
- [3] Guillermo A. Magallan, Cristian H. De Angelo, Guillermo Bisheimer and Guillermo Garcia "Neighborhood Electric Vehicle with Electronic Differential Traction Control", Proceedings of the IEEE, pp. 2757 - 2763, 2008