

IPMSM을 이용한 농용 MPV 개발

김영기*, 김영란*, 홍찬희*, 목형수**
*브이씨텍, **건국대

Development of Agricultural E-MPV using IPMSM

Y.K. Kim*, Y.R. Kim*, C.H. Hong*, H.S. Mok**
*VCTech, **Konkuk Univ.

ABSTRACT

This paper developed agricultural E MPV(Multi Purpose Vehicle based on E Powertrain Technology) using IPMSM. First, Tractive effort calculated by considering the driving environment of MPV based on diesel engine. And accordingly the motor and inverter were designed and produced. They were mounted on MPV and test result was compared with the output power of MPV with an internal combustion engine.

1. 서론

전 세계적으로 대두되고 있는 자원과 환경 문제로 인하여 자동차 시장은 무공해차량(Zero Emission Vehicle, ZEV)이 큰 관심을 보이고 있다. 이에 따라 자동차 관련 산업들이 내연기관 시스템에서 전기시스템으로 기술의 패러다임이 변화하고 있다. 이에 농기계 산업에서도 세계적인 흐름에 따라 트랙터나 다목적 운반차량과 같은 내연기관용 차량을 전기 차량(Electric Vehicle, EV)으로 개발하려는 연구들이 많이 진행되고 있다.

덤프기능, 운반 작업 기능을 가진 다목적 운반차량은 농업에서는 물론 유통, 건설, 레저 등 다양한 분야에서 활용하고 있다.

다목적 운반차량에 적용된 영구자석형 동기전동기 견인모터 시스템은 타 경쟁모터에 비해 회전자 발열이 없으며 효율이 높고 체적 및 중량에 있어 최적이어서 EV의 견인모터로 적합하다. 영구자석형 동기전동기 견인모터를 장착한 EV를 개발할 경우 견인시스템의 고효율화가 가능해지므로 EV시장에 있어 기술선점 효과를 누릴 수 있다.

본 논문에서는 IPMSM과 이를 제어하기 위한 구동장치에 대한 제어시스템을 설계 및 제작하였으며 이를 이용하여 기존 20마력급의 농용 다목적 차량의 성능을 가지는 E MPV를 개발하였다.

2. 구동 인버터

배터리 전압이 72V의 저압 이므로, 인버터 스위치는 저압 대전류에 유리한 소자를 선정하여야 한다. IGBT는 기본 내압이 높은 소자가 주류이기 때문에 전류용량을 만족하는 IGBT로 제작할 경우 제품의 크기와 가격이 상승하게 된다. MOSFET는 저압 대전류의 소자가 많이 상용화 되어 있으므로, 가격과 제품의 크기를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 전류의 용량이 크고, 소자의 Rds(on)값을 줄여 인버터 효율을 증가하기 위

하여 MOSFET를 병렬로 구성하였다. 제어보드는 TI사의 TMS320F2808를 사용하였고, 냉각시스템은 자연냉각시스템을 적용하였다.

다음 그림은 개발된 구동용 Inverter의 외관 모습이다.

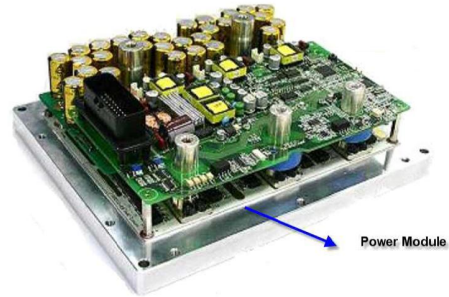


그림 1 E-MPV 구동용 인버터

3. 영구자석형 동기전동기

본 논문에서는 정현파구동의 분포권방식의 10kW급 IPMSM을 개발하였다. 자기등가회로를 이용하여 기초설계한 각각의 모델을 유한요소법을 이용하여 전동기 설계를 하였다. 최적 설계된 전동기의 고정자 및 회전자의 도면과 외관모습이 그림2에 나타나 있다. 또한 설계된 전동기의 상세사양은 다음 표와 같다.

표 1. 전동기의 상세사양

구분	사항	단위
극수	12	
슬롯수	18	
코어	고정자 코어 외경	260 mm
	회전자 코어 외경	159 mm
	강판 재질	518
영구자석	길이	26 mm
	두께	4.5 mm
	재질	Nd38EH
권선	상당직렬턴수	12
	병렬회로수	6
	결선 방법	Y결선 집중권
출력	정격 출력	21Nm@4500rpm
	최대 출력	143Nm@1000rpm

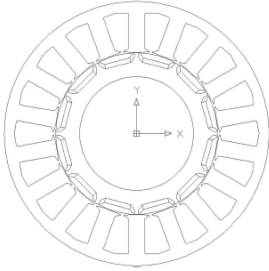


그림 2 E-MPV용 IPMSM의 설계도면 및 외관모습

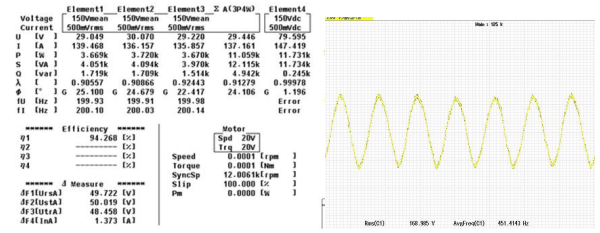


그림 5 E-MPV 구동용 인버터의 실험 결과

4. 실험 결과 및 차량 시험

E MPV용 전동기와 구동 인버터의 성능을 검증하기 위해 시험을 진행 하였다. 매입형 영구자석형 동기전동기를 효율적으로 구동하기 위해서 영구자석 토크와 릴럭턴스 토크를 모두 적절하게 제어해야 한다.[1]

전동기 구동 알고리즘은 모터의 파라미터 변동을 반영한 토크별 전류맵을 작성하는 방법으로 MTPA를 구성하였고, 약속 제어 방법은 모터입력전압을 피드백하여 d축 전류 지령을 제어하는 방식을 사용하였다. 다음 그림은 MTPA + Flux Weakening 구동 알고리즘을 설명한 블록도이다.

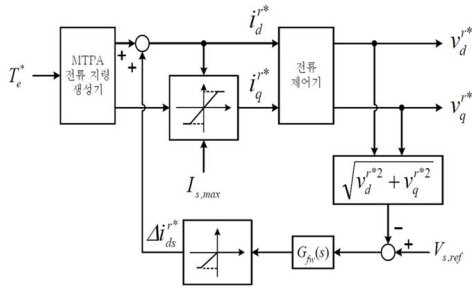


그림 3 E-MPV용 IPMSM 구동 알고리즘 블록도

다음 그림4와 같이 시험 세트를 구성하여 부하 시험을 수행 하였다. 전동기 출력 10kW(60분)와 15kW(2분) 기준으로 시험을 진행하였다.

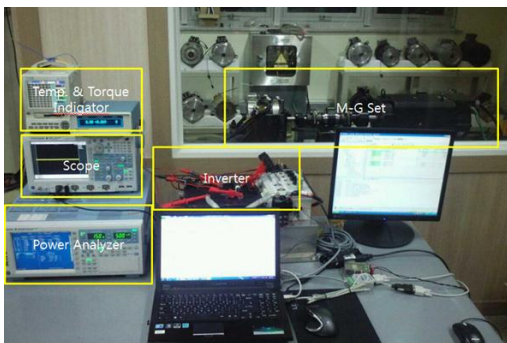
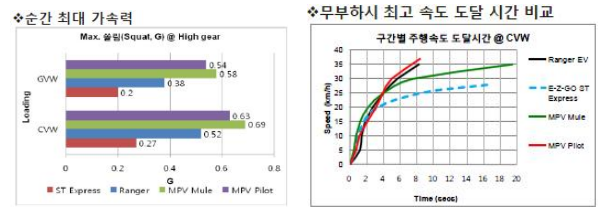


그림 4 성능 검증을 위한 실험 환경

그림5는 전동기의 정격 출력인 10kW(21.2Nm@4500rpm)로 부하 시험 시 인버터의 입출력 측정값과 전류 파형이다. 이 때 모터와 인버터의 효율은 정격 출력 시 각각 90.4%, 94.2%로 측정 되었다.



(a) 제작된 전기 농용 다목적 차량 및 주행시험장



(b) 타사 전기차량 비교 데이터

그림 6 E-MPV와 주행 시험 결과

개발된 전동기와 인버터를 이용하여 전기 농용 다목적차량을 제작하였으며, 위와 같은 주행로에서 2WD, High gear 조건으로 차량이 움직일 수 없을 때까지 연속주행시험을 실시하였다. 시험 사이클은 100m 고속 주행 20% 등반 18%&12% 내리막 30%등반이다. 시험 결과와 데이터를 타사 차량 데이터와 비교하였으며 성능이 다소 우수함을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 전동기와 인버터를 제작하여 20마력급에 해당하는 농용 전기 다목적 차량을 개발하였다. 개발된 전동기와 인버터의 성능검증을 위한 부하 시험을 진행하였으며, 이를 적용하여 차량을 제작하여 차량 주행로에서 실차시험을 하였고 타사 차량과 성능 결과를 비교하여 우수함을 검증하였다.

이 논문은 2011년도 지식경제부에서 시행한 산업원천기술 개발사업의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

[1] T. M. Jahns, G. B. Kliman, and T. W. Neumann, "Interior Permanent-Magnet Synchronous Motors for Adjustable-Speed Drives", IEEE Trans. on Ind. Appl., vol. IA-22, No. 4, pp. 738-747, Jul./Aug. 1986.