

35마력급의 전기동력식 트랙터 개발

김영기*, 김영란*, 홍찬희*, 이문일**, 목형수***

*브이씨텍, **대동공업, ***건국대

Development of Electric Tractor with 35hp

Y.K. Kim*, Y.R. Kim*, C.H. Hong*, M.I. Lee**, H.S. Mok***

*VCTech, **Daedong, ***Konkuk Univ.

ABSTRACT

This paper deals with development of 35hp Electric Tractor. First, Motor and inverter are designed and manufactured suitable for the 35hp diesel tractor. Then these are apply to electric tractor. Also, We confirm performance of electric tractor as driving and field operating test.

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.

본 논문에서는 견인력을 이용해서 각종 작업을 수행하는 작업용 자동차로서 쟁기, 로터리 작업 등 특히 농업용 작업에 없어서는 안 될 차량인 트랙터를 전기차량에 맞게 엔진 대신 IPMSM과 이를 제어하기 위한 구동장치에 대한 제어시스템을 설계 및 제작하였으며, 이를 이용하여 기존 35마력급의 트랙터의 성능을 가지는 전기 트랙터를 개발하였다.

2. 구동 인버터



그림 1 전기트랙터 구동용 인버터

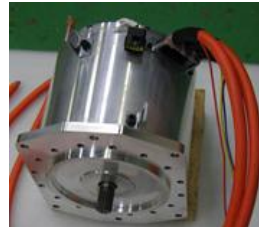
배터리 전압이 72V의 저압이므로, 인버터 스위치는 저압 대전류에 유리한 소자를 선정하여야 한다. IGBT는 기본 내압이 높은 소자가 주류이기 때문에 전류용량까지 만족하는 IGBT로 설정할 경우 제품의 크기와 가격이 상승하게 된다. MOSFET는 저압 대전류의 소자가 많이 상용화 되어 있으며

로, 가격과 제품의 크기를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 전류의 용량이 크고, 소자의 Rds(on)값을 줄여 인버터 효율을 증가하기 위하여 MOSFET를 병렬로 구성하였다. 제어보드는 TI사의 TMS320F2808를 사용하였고, 냉각시스템은 강제공냉식 시스템을 적용하였다. 그림1은 개발된 구동용 Inverter의 외관 모습이다.

3. 영구자석형 동기전동기

본 논문에서는 전동기를 작업용과 주행용 2종으로 각각 개발하였다. 출력밀도와 효율 향상을 위하여 영구자석 매입형 동기전동기 적용하였으며, 향후 양산성을 고려하여 적층길이를 제외한 형상 및 소재 등의 부분에서 최대한 공용화가 가능하게 설계하였다. 또한, 자기등가회로를 이용하여 기초설계한 각각의 모델을 유한요소법을 이용하여 설계하였다.

최적 설계된 전동기의 외관모습은 그림2에서 보여주고 있다.



(a) 20kW IPMSM(작업기용)



(b) 16kW IPMSM(주행용)

그림 2 전기트랙터용 IPMSM의 설계도면 및 외관모습

4. 실험 결과 및 차량 시험

전기트랙터용 전동기와 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 MTPA제어를 구성하였고, 약속속 제어 방법은 모터 입력전압을 피드백하여 d축 전류 지령을 제어하는 방식을 사용하였다. 또한, 차량의 특성에 맞게 주행용 모터는 엑셀에 따른 Torque Control, 작업기용 모터는 스위치에 따른 Speed Control을 적용하였다.

다음 그림3과 같이 시험 세트를 구성하여 부하 시험을 수행 하였다. 전동기 출력 각각 16kW와 20kW 기준으로 시험을 진행하였다.

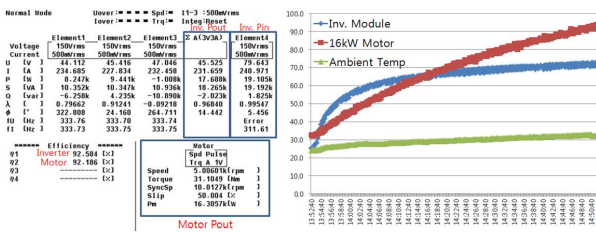


그림 3 성능 검증을 위한 실험 환경

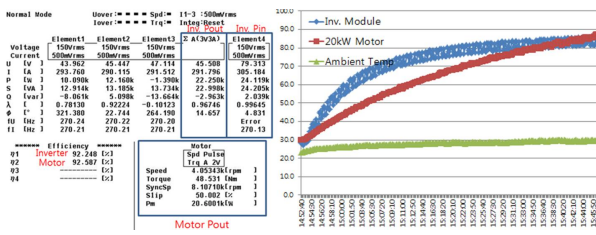


그림 6 전기트랙터 작업 모습

그림4는 주행용과 작업기용 전동기의 정격 출력인 16kW(16Nm@5000rpm), 20kW(20Nm@4000rpm)로 부하 시험 시 인버터의 입출력 측정값과 인버터 및 모터의 온도 그래프이다.



(a) 주행용 모터(16kW) 부하 시험 결과



(b) 작업기용 모터(20kW) 부하 시험 결과

그림 4 전기트랙터 모터 및 인버터의 실험 결과



(a)T/M 및 모터 조립

(b)메인프레임 및 차축 조립



(c)배터리 및 제어장치 조립

(d) 전기트랙터 완성

그림 5 전기 트랙터의 조립 과정 모습

개발된 모터와 인버터를 적용하여 그림 5와 같이 전기 트랙터를 조립하였다.

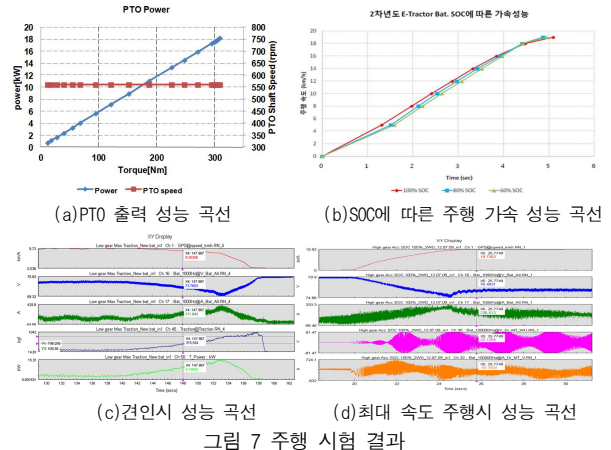


그림 7 주행 시험 결과

개발된 전동기와 인버터를 이용하여 전기 트랙터를 제작하였다. 동일 사양의 디젤트랙터와 동일한 작업 위주로 시험을 진행하였으며, 성능에 문제가 없음을 확인하였다.

5. 결론

본 논문에서는 전동기와 인버터를 제작하여 35마력급에 해당하는 전기 트랙터를 개발하였다. 개발된 전동기와 인버터의 성능검증을 위한 부하 시험을 진행하였으며, 이를 적용하여 차량을 제작하여 실차시험을 하였고 성능에 문제가 없음을 확인하였다.

이 논문은 2012년도 지식경제부에서 시행한 부품소재기술 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.