효율적인 냉각팬용 인버터 동작을 위한 DC/DC 컨버터 설계

김영춘*, 조문택**, 김옥환*, 이동석***, 김갑수****
*공주대학교 기계자동차학부
**대원대학교 전기전자과
***공주대학교 산업디자인학부
****아세아시멘트
e-mail:mtcho@daewon.ac.kr

DC/DC Converter Design for Efficient Cooling Fan Inverter Operation

Young-Choon Kim*, Moon-Taek Cho**, Ok-Hwan Kim*, Dong-Sug Lee***, Kab-Soo Kim****
*Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University
**Dept. of Electronical & Electronics Engineering, Daewon University College
***Div. of Industrial Design Engineering, Kongju National University
****Asia Cement Co.

요 약

고속철도차량의 냉각팬용 인버터(VTI)는 평상시 가선으로 부터 전원급전을 받을 때는 보조전원장치에서 전원을 공급받아 냉각용 팬에 전원을 공급하게 된다. 이 때, 절연구간에 들어가게 되면 회생이 차단되어 회생에너지를 저항을 통해 태워버리게 되는데 이 때 저항의 한 탭을 따서 VTI의 전원으로 이용하다보니 거친 전력을 입력받아 변환이 되어 지속적으로 VTI가 고장이 나서 영업운행이 정지되는 상황이 벌어진다,

또한, 절연구간에 들어가면 쵸퍼를 동작시켜 저항을 통해 태워버리게 되는데 저항과 쵸퍼의 위치를 바꾸어 실험한 결과 많은 부분 해소되기는 하지만 원초적인 문제해결이 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 절연구간에 들어가면 DC Link단 2800[V]를 입력받아 670[V]로 변환하는 DC/DC 컨버터를 설치하여 안정된 전원공급을 하므로써 VTI의 원초적인 문제를 해결하였다.

1. 서론

전 세계가 고속철도 산업을 노리고 있다. 지적 재산권 및 부채율 등 많은 논쟁에도 불구하고, 최근 고속철도 산업이 부각되고 있는 이유는 고속철도가 여객과 물류의 수송 속도향상을 통한 국가경쟁력 향상, 친환경 교통 인프라 구축, 지속가능한 녹색성장 정책기조와 맞물려 있기 때문이다.[1]

고속철도에서는 속도향상에 따른 타 교통수단과의 속도측면에서의 비교우위가 중요한 요인이다. 속도는 여객과 물류의 이동시간을 지배하며, 교통수단의 효율성을 좌우하므로 효율성 높은 교통수단을 고객이 많이 선택하는 것은 당연한 것이다. 향후 교통 물류분야에 있어서 고속철도는 타 교통수단과 비교하여 이와 같은 이유로 절대강자가 될 것이다 따라서 고속철도 분야에서의 새로운 변화의 흐름을 인식하고 파악하여 이에 대처하는 것이 향후 고속철도 기술개발에 대한 방향성을 결정하는데 있어 무엇보다도 중요한 일일 것이다.

또한, 차세대 전동차에는 차량의 성능향상을 위하여 여러 분야의 기술개발이 요구되고 있다. 추진 제어장치에도 에너지의 효율성, 첨단성 등이 요구되고 승차감을 증대시키는 방안이 강구되고 있다.[2]

고속철도차량의 냉각팬용 인버터(ventilation inverter, VTI)는 평상시 가선으로 부터 전원급전을 받을 때는 보조전원장치에서 전원을 공급받아 냉각용 팬에 전원을 공급하게 되는데 절연구간에 들어가게 되면 회생이 차단되고 회생에너지를 저항을 통해 태워버리게 되는데 이 때 저항의 한 탭을 따서 VTI의 전원으로 이용하다보니 거친 전력을 입력받아 변환하다보니 지속적으로 VTI가 고장이 나서 영업운행이 정지되는 상황이 벌어지진다,

2. 냉각팬용 인버터의 주회로

냉각팬용 인버터 장치는 최신의 전력용 반도체 소자인 IGBT를 이용한 DC/DC 컨버터이다. 이 장치는 편리한 유지보수를 위하여 고장기록 및 각종 데이터를 저장하여 보수자가 용이하게 사용할 수 있도록 자료를 제공한다. 그리고 보수자가 보수하는데 편리하도록 구성되어 있으며, 컨버터 본체

와 출력 트랜스로 나누어져 구성되어 있다. 주 전력변환장치 내부에 탑재되어 있는 DC/DC 컨버터는 주 전력변환장치에서 발전 제동 시에 공급되는 정격 DC 2,850 [V]를 입력받아 냉각팬용 인버터에 DC 670[V] 전원을 공급하는 장치이다. 표 1은 냉각팬용 인버터의 사양이다.

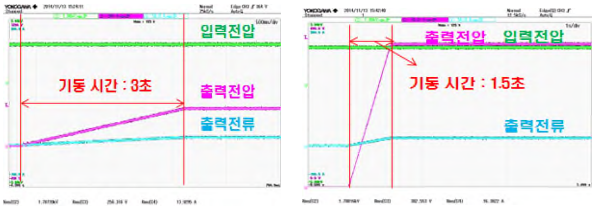
[표 1] 냉각팬용 인버터 사양

구분		성능
정격입력전압		발전제동: DC 2,850[V]
동작입력전압		저항제동: DC 2,400 ~ 3,100[V]
출력	정격전압	저항제동: DC 670[V] ± 10 %
정격용량		26[kW]
회로방식		1상 IGBT Half_Bridge PWM방식
주위온도		- 35 ~ + 45 ℃
제어전원		DC 72[V] (DC 50 ~ 90[V])
제어 기능 부여	MB간 인터페이스 기능	상태 정보 및 고장 정보 송신
	자기 상태 진단 기능	기동전 Self Test로 정상 여부 판단하여 주전력변환장치에 상태 정보를 발신
	자기 고장 진단 기능	비휘발성 메모리를 이용한 자체고장 정보 수집 및 PC 다운로드기능

3. 냉각팬용 DC-DC 컨버터 제어

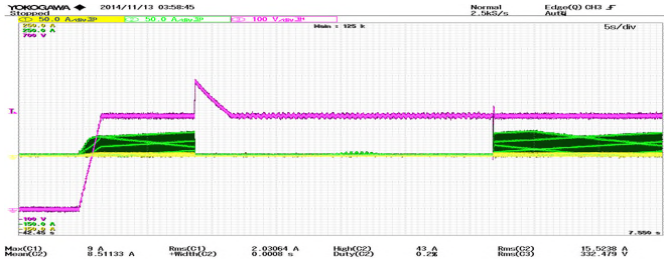
저항제동 시 냉각팬용인버터에 안정적인 전원 공급을 위해 DC/DC 컨버터를 적용하였다. 1대의 DC/DC 컨버터 내부에는 2개의 26[kVA] DC/DC 컨버터가 설치하여, 정상적인 경우 병렬운전하면서 냉각팬용인버터로 전원을 공급하였다. 만약 1개의 DC/DC 컨버터가 비정상적일 경우에는 정상인 1개의 DC/DC 컨버터만 동작하여 냉각팬용인버터에 전원을 공급하며 이 경우 주전력변환장치 송풍팬에만 전원을 공급한다.

그림 1은 직류 1800[V]의 입력전압에서의 기동시간이 3초(a)와 1.5초(b)일 때의 정상 기동 시험의 파형이며, 그림 2는 정상기동 후 부하변동시 출력 특성 시험이다.



(a) 기동시간 3초 (b) 기동시간 1.5초

[그림 1] 정상기동시험 파형(단독운전-직류 1800[V])

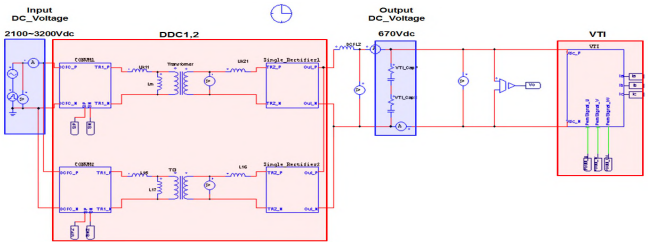


[그림 2] 병렬운전에서 기동 및 부하를 변동했을 경우의 파형

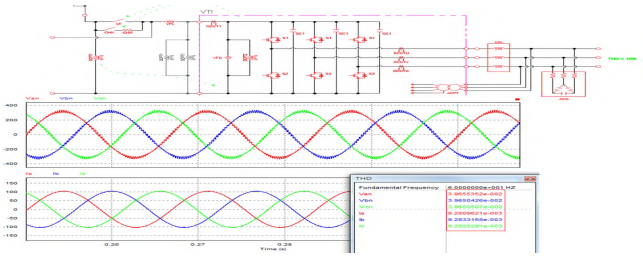
그림 2는 2대를 동시 기동 및 부하를 변동했을 경우의 파형으로 부하 변동시 출력전압 상태는 단독운전과 동일함을 알 수 있었다.

4. 시뮬레이션

DC/DC 컨버터의 제어 특성을 확인하기 위해 전력전자 분야에서 널리 사용되고 있는 PSIM 소프트웨어를 사용하여 그림 3과 같이 시뮬레이션을 수행하였으며 주요 제어 특성 결과를 그림 4에 나타냈다.



[그림 3] DC/DC 컨버터 및 VTI 제어 특성 시뮬레이션 (PSIM)



[그림 4] 냉각팬용인버터 최종 출력전압 특성

5. 결론

DC/DC 컨버터를 통한 접지고장 및 송풍팬 불량 해결을 위해 제동저항 시 냉각팬용 인버터(VTI) 입력전압을 제덩 저항기에서 DC/DC 컨버터에서 공급함으로써 VTI, 냉각팬 및 접지 계전기의 신뢰성을 확보하였다. 또한 제안한 고속차량의 VTI 입력회로에서는 발전 제동시 냉각팬용 인버터의 안정적인 전원공급을 위해 발전제동시의 유기전압에 의한 영향을 근본적으로 해결하고 절연성능이 개선된 냉각팬을 적용함으로써 고장율을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] Young-Choon Kim, Moon-Taek Cho, Ho-Bin Song, Ok-Hwan Kim, “Regeneration Break Control in the Hig-Speed Area using the Expending of the Constant Torque Region and Power Region”, International Journal of Control and Automation, vol.6, No.4, August, pp.347-356,(2013)