

지상무선급전 전원용 3-레벨 T-type 비엔나 컨버터와 2-레벨 PWM 컨버터 비교연구

A Comparative study of 3-Level T-type Vienna Converter and 2-Level PWM

Converter for Wayside Wireless Power Station

이홍원*, 이병호*, 이을재*†

Hongwon Lee*, ByoungHo Rhee*, Euljae Lee*†

초 록 본 논문은 철도차량 무선급전을 위한 지상전원장치에서 DC 전원 생성을 위한 컨버터 장치의 구성방법 및 성능비교에 관한 것이다. 지상에 설치되는 무선급전용 전원장치는 500kW의 대전력을 사용하므로 전력토폴로지에 따라 성능 및 효율의 차이가 많이 발생한다. 본 연구에서는 AC-DC 전력변환을 위해 전통적인 2-레벨 PWM 컨버터를 이용하는 방법과 3-레벨 T-type 비엔나 컨버터를 적용하는 방법에 대해 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였고 어떤 방식이 철도차량 무선급전용 지상전원장치에 더 적합한지 검토하였다. 적절한 스위치 주파수와 인덕턴스 및 캐패시턴스를 적용한 후 발생한 DC 전압 리플, 입력전류의 THD 및 소자의 손실 등을 계산한 결과 3-레벨 비엔나 컨버터가 2-레벨 PWM 컨버터 방식에 비해 더 높은 성능과 효율을 보임을 확인하였다.

주요어 : NPC 컨버터, T-type 컨버터, Vienna 컨버터, 무선급전, 철도전력

1. 서 론

철도차량의 무선급전을 위해 지상에 설치되는 전원장치는 교류전원을 평활된 직류로 변환하기 위한 컨버터 장치와 직류를 지상으로 부터 차상으로 고주파수의 교류전원을 전달하기 위한 인버터 장치로 구성된다. 직류전원용 컨버터 장치로는 통상 제어가 필요하지 않고 간단한 구성이 가능한 Diode 컨버터가 사용되어 왔으나 DC에 포함된 리플의 크기를 낮추려면 과도하게 큰 캐패시터가 필요하므로 입력역률이 매우 나빠진다. 한편 이를 보상하기 위해 필터 인덕터를 사용하면 부하량에 따라 DC 전압의 크기가 달라지게 되어 인버터 측의 제어부담이 가중되는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기

위해 무선급전용 입력 컨버터에 최적의 토폴로지 방식을 제안하고자 한다.

2. 본 론

2.1 지상 무선급전용 컨버터장치 조건

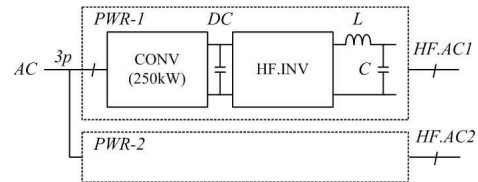


Fig. 1 Structure of wayside wireless power system

지상용 컨버터 장치의 입력으로는 교류 3상 380V 또는 440V의 전원이 적용된다. 지상장치의 출력은 고주파수의 교류전압이며 공진을 이용하므로 DC 전원에 포함된 리플전압이 적을수록 양질의 전력이 2차측으로 전달된다. 한편 차상에는 배터리를 사용하여 회생전력을 저장하므로 지상장치에서는 그리드 측으

† 교신저자: 이경산전주식회사
(euljae@e-kyoung.com)

* 이경산전주식회사, 부설연구소

로 회생은 필요하지 않다. 그림 1에 지상 무선급전장치의 개략적인 구성을 나타내었다.

2.2 3-레벨 T-type 비엔나 컨버터

T형 비엔나 컨버터는 3-레벨 T형 MNPC 컨버터에서 주 스위치를 고속 Diode로 치환한 구조로 단방향 전류흐름만 허용한다. 제어방법은 동작기간 동안 주스위치를 오프시킨 것을 제외하고 MNPC 컨버터와 거의 동일하다. 특히 PWM 스위치의 동작전압이 1/2 Vdc로 제한되므로 저내압/저손실의 고속스위치 사용이 가능하다. 이에 따라 2-레벨 컨버터에 비하여 도통손실은 약간 증가하나 스위칭 손실이 감소하므로 전체 손실은 더 작아지는 특징이 있다. 그리고 선간전압이 3-레벨 형태이므로 작은 인덕터를 사용할 수 있어서 EMI 저감에 유리한 장점이 있다[1]. 한편 3-레벨의 특성인 중성점 제어가 필요하며 특히 스위칭 주파수가 낮을수록 중성점 전압 흔들림 정도가 증가하는 경향이 있다.

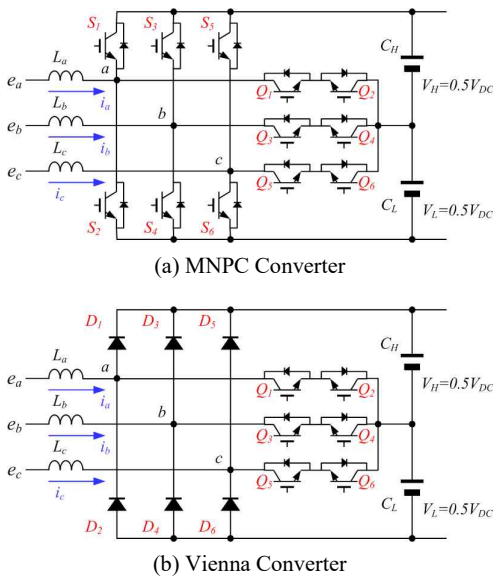


Fig. 2 3-Level T-type Rectifiers

3. 시뮬레이션 검토

2.1 시뮬레이션 파라미터

시뮬레이션을 통해 2-레벨 PWM 컨버터와 3-레벨 비엔나 컨버터의 제어특성, 입력전류 THD, 구현의 편의성 등을 조사하였다. 시뮬레이션에 적용된 파라미터는 표 1과 같다.

Table 1 Parameters for simulation

항 목	2-레벨 PWM 컨버터	3-레벨 비엔나 컨버터	비 고
입력전압	3상 380V, 60Hz		
출력정격	650Vdc, 400A		260kW
필터리액터	360uH	좌동	상당
필터 CAP	6mF	12mF+12mF	동일
스위치 주파수	5kHz	2.5kHz	동일 스위치
데드타임	2us	없음	
제어게인, 함수	동일게인, 동일함수		

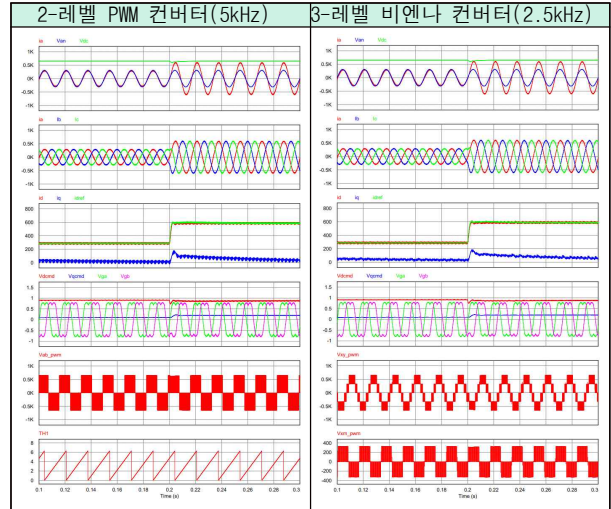


Fig. 3 Simulation results for applying 50% to 100% loads

3. 결론

Table 2 Conclusion for converter topology

항 목	2-레벨 컨버터	비엔나 컨버터	
PWM 주파수	5kHz	2.5kHz	2.5kHz
소자 수	6	6	6 + 6
소자 내전압	1.2kV (IGBT)	1.2kV (IGBT)	650V (IGBT) / 1.2kV (FD)
입력전류 PF=1.0	2%	3.83%	5.8%
THD PF=0.998	--	3.8%	3.06%
DC 전압 리플	4.5Vpp@10kHz	6Vpp@5kHz	6Vpp@5kHz
총 소자손실	9.9kW	6kW	4.6kW

비엔나 컨버터는 양방향 전류제어가 불가능하므로 광범위한 역률제어용으로는 사용할 수 없다. 하지만 고정역률(PF=1)의 경우 2-레벨 PWM 컨버터에 비해 손실의 감소는 물론 3-레벨 동작에 의한 필터의 크기가 줄어드는 등 충분히 사용상의 장점이 있음을 본 연구를 통해 확인하였다.

참고문헌

[1] Nabae, A., Takahashi, I., and Akagi, H., A New Neutral-point-clamped PWM Inverter, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, Vol. IA-17, No. 5, pp. 518-523, 1981.