

넓은 입력전압범위를 갖는 풍력발전기용 단상 무변압기형 SiC PCS개발

정호영¹, 조우식¹, 박성열¹, 정현주¹ 최세완¹, 임승률²
 서울과학기술대학교¹, 에니텍시스²

Development of Single-Phase Transformer-less SiC PCS for Wind Power Generation System with Wide Input Voltage Range

Hoyoung Jung¹, Woosik Cho¹, Sungyoul Park¹, Hyeonju Jeong¹, Sewan Choi¹, and Sungyul Yim²

Seoul National University of Science and Technology¹, Anyteksys²

ABSTRACT

본 논문에서는 넓은 입력전압 범위를 갖는 풍력발전기용 단상 무변압기형 PCS를 제안한다. 제안하는 풍력발전기용 PCS는 에너지 이용률과 고효율을 위하여 높은 승압비를 가지는 비절연 부스트 DC-DC 컨버터가 적용되었으며, 인버터의 공통모드 노이즈로 인한 누설전류를 저감시키기 위하여 바이폴라(Bipolar) 스위칭 방식을 적용하였다. 본 논문에서는 제안하는 풍력발전시스템의 타당성을 검증하기 위하여 9kW 시제품을 제작하여 실험하였다.

1. 서 론

전 세계의 주요 국가들은 환경오염과 화석 에너지 고갈에 대처할 방책으로 태양광, 풍력, 연료전지 등의 신재생 에너지 발전시스템이 각광 받고 있다. 이 중에서 풍력발전은 단위면적당 설치할 수 있는 설비용량이 크고 투자비회수 면에서 유리해 가장 주목 받고 있는 에너지 중 하나이다. 특히 소형 풍력발전시스템은 대형에 비해 가격이 낮으며, 마이크로그리드에 대한 관심이 높아지면서 소형 풍력 발전의 필요성이 부각 되고 있다.

소형 풍력발전시스템에서는 입력전압이 풍력에 따라 변동하게 되어 입력 전압을 일정한 DC전압으로 제어해주고, 높은 승압비를 가지는 DC-DC 컨버터가 필수적이다. 기존에 널리 사용되는 비절연 DC-DC 부스트 컨버터는 소자수가 적고 제어가 간단하다는 장점이 있지만 소자 전압정격이 크고, 고승압 응용 시 높은 듀티를 사용하게 어며 높은 전류 스트레스와 EMI가 증가하는 단점이 있다. 3레벨 타입의 컨버터는 소자의 전압 정격이 감소하지만 낮은 승압비를 가지고 있으며, 캐스케이드(Cascade) 방식의 부스트 컨버터는 2단 구조로 승압비가 증가하지만 여전히 높은 전압정격과 하드스위칭으로 비용 및 손실이 증가하는 단점이 있다.^[1] 또한 풍력발전시스템은 안정성 측면에서 EMI 문제가 발생하지 않도록 하기 위해서 공통 모드 노이즈로 인한 누설전류가 기준치를 넘지 않도록 설계되어야 한다. 일반적으로 누설전류를 저감시키기 위해 절연을 위한 저주파 변압기가 추가 된다. 하지만 변압기 사용은 손실과 부피를 증가시켜 전력변환시스템 비용 상승의 주요 원인이 된다.

본 논문에서 제안하는 풍력발전기용 전력변환시스템은 에너

지 이용률을 높이기 위하여 높은 승압비를 가지는 비절연 고승

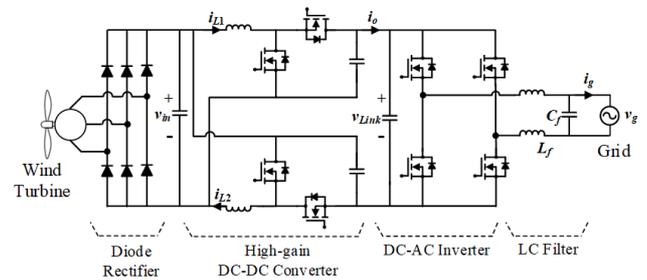


그림 1 제안하는 풍력발전기용 전력변환시스템

압 DC-DC 컨버터를 적용하였으며, 인버터 공통모드 노이즈로 인한 누설전류를 저감시키기 위하여 바이폴라(Bipolar) 스위칭 방식을 적용하였다. 제안하는 PCS의 성능을 검증하기 위하여 9kW급 시제품을 통한 실험결과로 타당성을 검증하고 한다.

2. 제안하는 풍력발전기용 PCS

제안하는 풍력발전기용 PCS는 그림 1과 같이 풍력발전기로부터 발생한 전압을 직류로 만들어주는 다이오드 정류기, 일정한 직류 링크 전압으로 승압시켜주는 DC-DC 컨버터, 계통으로 전력을 공급하는 DC-AC 인버터로 구성되어 있다.

DC-AC 인버터는 비용, 부피, 및 손실 저감을 위하여 무변압기형 풀브릿지 인버터를 선정하였으며, 바이폴라 스위칭 방식을 적용하여 공통모드 노이즈로 인한 누설전류를 저감시켰다.^[2] 그리고 바이폴라 스위칭방법은 다른 스위칭방법보다 인버터의 손실이 크므로 SiC MOSFET을 사용하여 시스템 효율을 상승시켰다.

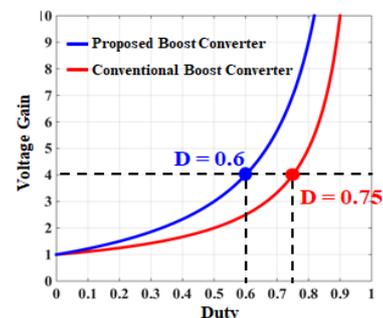


그림 2 부스트 컨버터 승압비 비교

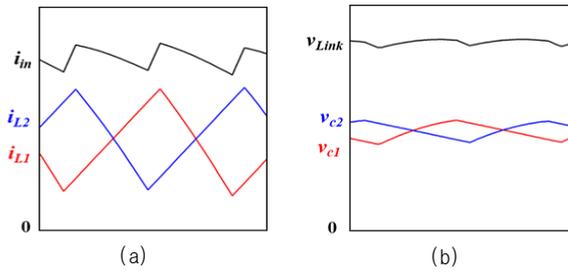


그림 3 인터리빙으로 인한 입력, 출력 리플 감소 (a)입력 전류 (b)출력 전압

DC-DC 컨버터는 두 대의 부스트 컨버터를 입력 측은 병렬로, 출력 측은 직렬로 연결한 비절연 고승압 부스트 컨버터를 선정하였다.^[3] 제안한 컨버터는 고주파 변압기를 사용하지 않고 6~8배의 실제 사용 가능한 승압비를 얻을 수 있다. 제안한 컨버터의 승압비는 식(1)과 같다. 그림 1은 기존 부스트 컨버터와

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{1+D}{1-D} \quad (1)$$

제안하는 컨버터의 승압비를 비교한 것이다. 같은 승압비에서 제안한 컨버터가 더 높은 승압비를 가지는 것을 확인 할 수 있다. 또한 인터리빙 효과로 인하여 그림 2와 같이 입력 전류 리플과 출력 전압 리플이 감소하여 수동소자의 사이즈가 작고 스위치의 전류, 전압 정격이 낮아 소자 이용률이 높다.

3. 실험 결과

그림 4와 같이 제안하는 풍력발전용 전력변환기를 검증하기 위하여 9kW급 시작품을 설계 및 제작하였다.

$$\bullet P = 9\text{kW} \quad \bullet V_{in} = 80\sim 600\text{V} \quad \bullet V_g = 220\text{V}_{\text{rms}}$$

그림 5는 입력전압 300V에 링크전압 400V일 때 3kW 실험 파형이다. i_{L1} 과 i_{L2} 의 파형이 시뮬레이션과 같이 인터리빙 되는 것을 볼 수 있고 링크전압을 안정적으로 제어하는 것을 확인하였다. 그림 6은 입력전압 450V에서 링크전압 500V에 계통전압 220Vrms일 때 9kW 실험 파형이다. 계통 전류가 역률 0.997로 원하는 지령치와 가깝게 제어 되는 것을 확인하였고 THD는 2.65%로 확인하였다. 그림 7은 인버터, 컨버터, 통합효율을 나타낸 그래프이다. 9kW에서 통합 효율 96.16%를 달성하였다.

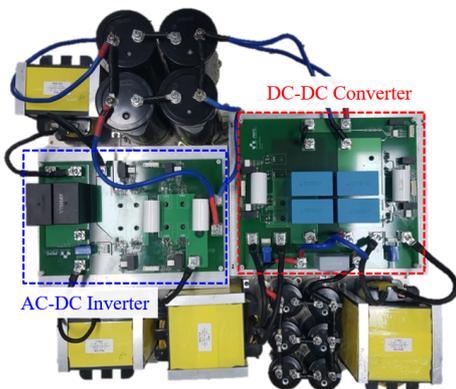


그림 4 제안하는 9kW급 풍력발전기용 전력변환시스템

4. 결론

본 논문에서는 넓은 입력전압에 대응 할 수 있는 풍력발전기 응용의 전력변환기를 제안하였다. 제안하는 전력변환기는 무변압기형에 SiC를 사용하여 높은 통합효율을 달성하였고, 실험을 통하여 누설전류가 나타나지 않는 것을 확인하였다.

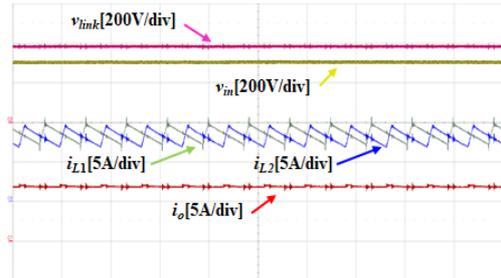


그림 5 부스트 컨버터 실험 파형

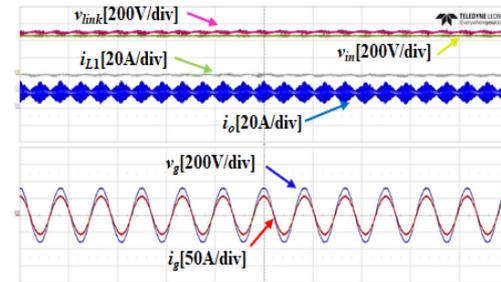


그림 6 9kW 컨버터-인버터 연계 실험 파형

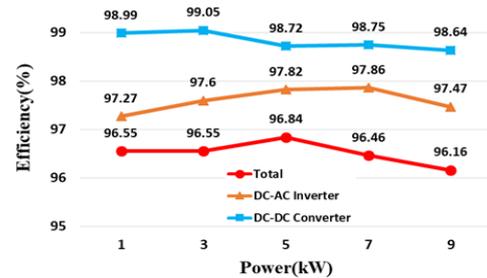


그림 7 측정 효율

참고 문헌

- [1] H. J. Jeung, M. H. Kwon and S. W. Choi : 'A 48V-400V Non-isolated Bidirectional Soft-switching DC-DC Converter for Residential ESS', The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 23, No. 3, June 2018
- [2] S. J. Lee, C. P. Hong, H. W. Kim and K. Y. Cho : 'AA Switching Method of Single Phase Grid Connected Inverter for Common Mode Noise Reduction', The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 21, No. 1, February 2016
- [3] Choi, S., Agelidis, V.G., Yang, J., et al.: 'Analysis, design and experimental results of a floating-output interleaved input boost-derived DC-DC high-gain transformer-less converter', IET Power Electron., 2011, 4, (1), pp. 168 - 180