

# 영구자석형 풍력발전기의 비엔나 정류기 적용 연구

이상리\*, 소병철\*, 김학원\*, 조관열\*, 정호철\*\*  
 한국 교통대학교\*, 동아일렉콤\*\*

## Vienna Rectifier for PMSG Wind Power Generator

Sang Ri Lee\*, Hag Wone Kim\*, Kwan Yuhl Cho\*, Byong Chul So\*, Ho Chul Jeong\*\*  
 Korea National Univ of transportation\*, DONGAH ELECOMM Corporation\*\*

### ABSTRACT

본 논문은 풍력발전시스템의 발전기 측 컨버터로 3상 단방향 전력변환기인 비엔나 정류기를 적용하는 연구에 대하여 기술한다. 본 논문에서는 기존의 발전기 측 컨버터로서, 3레벨의 3상 단방향 정류기인 비엔나 정류기를 적용 하여, 그 효과를 모의해석을 통하여 확인한다. 모의해석은 MATLAB/SIMULINK를 이용하여 풍력발전시스템의 발전기 측을 구현하여 풍력 발전에 적용된 비엔나 정류기 성능을 분석하였다.

### 1. 서론

최근 화석에너지의 고갈에 따라 신재생 에너지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이런 흐름으로 인해 풍력발전산업은 큰 성장세를 보이고 있으며 효율과 설치비의 절감을 위해 대형화하고 있으나, 스마트 그리드와 마이크로 그리드의 영향으로 중, 소형 풍력 발전기도 보급이 크게 확대될 것으로 예상된다.

풍력발전기는 유도기형 발전기 (Induction generator)와 동기기형 발전기 (Synchronous generator)로 나뉠 수 있는데 본 논문에서는 동기기형 발전기 중 영구자석 동기 발전기 (Permanent Magnets Synchronous Generator, 이하PMSG)의 발전기 측 AC/DC 컨버터에 대해서 연구를 하였다.

PMSG의 발전기 중 소형 풍력 발전기용 AC/DC 컨버터는 다이오드 정류기와 승압 컨버터를 결합한 형태, Bridgeless 컨버터, 및 3상 PWM 정류기 등을 사용하고 있다.<sup>[1~5]</sup> 본 논문에서는 기존의 발전기 측 컨버터 방식을 3레벨 정류기인 비엔나 정류기를 적용한 효과를 기존에 사용하던 다이오드 정류기, DC DC 승압 컨버터를 결합한 형태와 Bridgeless 컨버터, 3상 PWM 정류기와 MATLAB/SIMULINK 모의해석을 통하여 비교 분석을 하였다.

### 2. 발전기측 컨버터의 비엔나 정류기 적용

PMSG의 발전기 측 컨버터에 적용된 비엔나 정류기의 회로 구성은 그림 1과 같다. 그림 1의 PMSG는 3상 교류 입력 전압원이 되며,  $Q_{abc}$ 는 스위치에 인가되는 전압, 전류에 대하여 4상한 동작이 가능하도록 MOSFET를 이용한 양방향 스위치로 구성하고 Diode는 3상의 일반적인 정류용 다이오드를 의미한다.

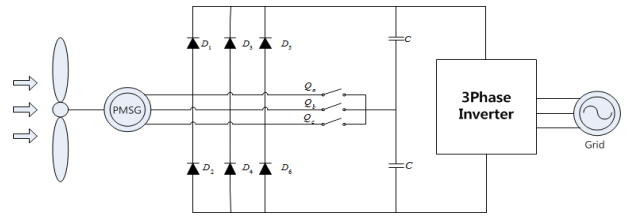


Fig. 1 Vienna Rectifier for PMSG Wind Power Generator

비엔나 정류기의 동작은 스위치가 켜질 경우  $i_{abc}$ 의 방향에 상관없이 출력 단자 전압은 0V가 되고, 스위치가 꺼진 경우  $i_{abc}$ 의 방향이 양과 음에 따라 각각  $V_{dc}/2$ ,  $-V_{dc}/2$ 의 값을 가지게 된다.

식(1)은 스위칭 함수에 따른 출력 단자 전압을 나타낸다.

$$V_{xo(x=a,b,c)} = -\text{sign}(i_{x(x=a,b,c)})S_{x(x=a,b,c)}\frac{V_{dc}}{2} \quad (1)$$

### 3. 모의해석 결과

표 1은 풍력 발전기 측 컨버터를 시뮬레이션으로 비교 분석하기 위한 영구자석형 동기발전기의 파라미터이다. 본 논문에서는 풍력 발전기 측 컨버터를 다이오드 정류와 부스트 컨버터의 결합 형태, Bridgeless 컨버터, 3상 PWM 정류기, 비엔나 정류기를 모의 해석하여 비교 분석 하였다.

그림 2,3,4,5는 각각 풍력 발전기 측 컨버터로 적용된 다이오

Rated Power	10kW
Rated Voltage	346V
Stator resistance	0.25Ω
Stator inductance	4mH
Rated rotational speed	720rpm
Number of poles	12
DC link voltage	680V
Switching frequency	5kHz

Table. 1 Condition for MATLAB simulation

드 정류기와 부스트 컨버터의 결합 형태, Bridgeless 컨버터, 3상 PWM 정류기, 비엔나 정류기의 모의 해석 결과 이다.

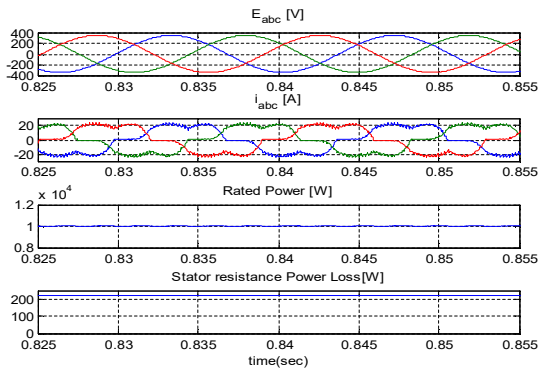


Fig. 2 Simulation result of Diode rectifier and Boost converter

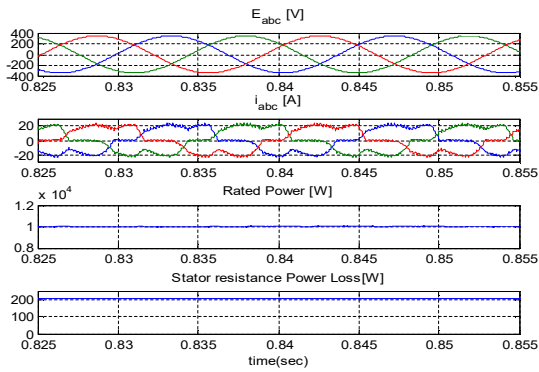


Fig. 3 Simulation result of Bridgeless converter,

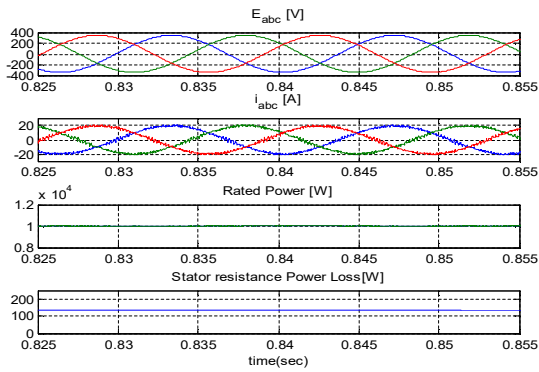


Fig. 4 Simulation result of Three phase PWM rectifier

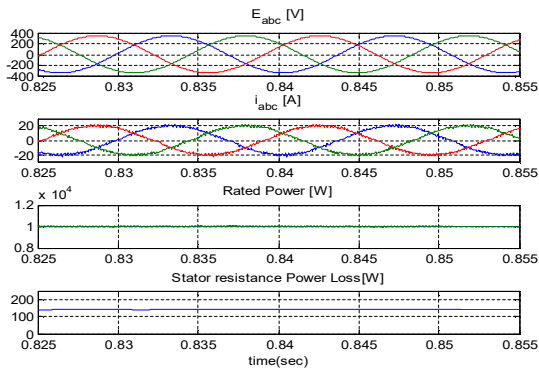


Fig. 5 Simulation result of Vienna rectifier

네 컨버터의 모의 해석 발전기 파라미터 값은 동일하게 하였다. 모의 해석 결과 그림 2, 3의 다이오드 정류기와 부스트 컨버터의 결합 형태와 Bridgeless 컨버터는 전류 THD가 좋지 않으며 PMSG의 Stator resistance의 Power loss 또한 3상 PWM 정류기나 비엔나 정류기에 비해 큰 것을 알 수 있다.

반면 그림 4, 5의 3상 PWM 정류기와 비엔나 정류기를 보면 비엔나 정류기가 3상 PWM 정류기에 비해 전류 THD가 좋으며 PWM 정류기와 비엔나 정류기를 비교할 때에 상대적으로 비엔나 정류기의 전류 맥동이 상대적으로 작음을 알 수 있다. 본 연구에서 제안한 비엔나 정류기의 경우 풍력 발전에 적용하였을 경우, 전력용 반도체의 숫자를 줄일 수 있으며, 내압도 낮출 수 있고, 이에 따라 DC 링크 전압을 600V~900V에서 제어할 경우 스위칭 손실과 도통 손실도 저감이 가능할 것으로 예상된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 풍력발전시스템의 발전기 측 컨버터에 비엔나 정류기를 적용하여 기존의 컨버터와 비교 분석을 하였다. 시뮬레이션을 통하여 기존의 컨버터는 THD가 상당히 좋지 않았으며 역률이 좋지 않았으나 비엔나 정류기를 적용 하였을 경우 THD가 상당히 저감 되는 것을 검증하였으며 역률 또한 개선한 것을 검증 하였다.

본 논문은 (주)동아일렉콤의 연구 지원과, 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구임. (No.2011H100100110)

#### 참고 문헌

- [1] Hyung Min Ryu, "Highly Efficient AC DC Converter for Small Wind Power Generators", Journal of Power Electronics, Vol. 11, No. 2, pp. 188 193, 2011, March.
- [2] Ki Hong Kim, Dong Choon Lee, "Converter Topology for High Voltage PMSG Wind System", Annual Conference of the KIPE, pp. 51 53, 2009, July.
- [3] Byung Chul Yoon, Hag Wone Kim, Kwan Yuhl Cho, Byung Kuk Lim, "A single carrier comparison PWM for Voltage Control of Vienna Rectifier", The Transactions of Korea Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 2 pp. 129 134, 2012, April.
- [4] Suck Ho Jang, Hong Geuk Park, Dong Choon Lee, Heunh Geun Kim, "Sensorless Control of PMSG for Small Wind Turbines", The Transactions of Korea Institute of Power Electronics, Vol. 14, No. 1 pp. 15 22, 2009, Feb.
- [5] Carlos E. A. Silva, René T. Bascopé, Demercil S. Oliveira Jr, "Three phase power factor correction rectifier applied to wind energy conversion systems", Twenty Third Annual IEEE. pp. 768 773, 2008, Feb.