

# 단상 비엔나 정류기의 특성 해석 및 설계

정가람, 설원규, 윤진, 정세교  
경상대학교

## Characteristic analysis and design of single-phase Vienna rectifiers

Garam Jeong, Won-Kyu Seol, Jin Yun, Se-Kyo Chung  
Gyeongsang National University

### ABSTRACT

Vienna rectifier is used for telecom power applications because of its simple structure, high efficiency and high power density. This rectifier is also suitable to obtain a high voltage DC output. This paper describes the analysis and design of a single-phase module of a Vienna rectifier to obtain 750VDC output. The simulation and experimental results are provided to verify the theoretic analysis and design.

### 1. 서론

비엔나 정류기는 간단한 구조로 3레벨 동작이 가능하고 효율과 전력 밀도가 높아 통신용 정류기 등에 널리 사용되고 있다. 또한 출력 단이 전압체배 회로로 구성되어 있어 높은 직류 전압을 얻기에 용이하다.<sup>[1]</sup>

기본적인 비엔나 정류기는 3상으로 구성되어 있으나, 본 논문에서는 모듈형 정류기 구성을 위한 단상 비엔나 정류기에 해석과 설계에 대해서 연구하였다. 먼저 단상 비엔나 정류기의 동작과 소자 스트레스 등에 대해서 분석하였고, 750VDC 출력을 위한 정류기를 설계하였다. 그리고 500W급 실험모델을 제작하고 실험을 통하여 해석과 설계의 타당성을 검증하였다.

### 2. 단상 비엔나 정류기

그림 1은 단상 비엔나 정류기의 구조를 나타내며, 양방향 MOSFET 스위치, 다이오드, 커패시터로 구성되어 있다. 출력 단은 전압체배 회로로 구성되어 750VDC 출력전압을 얻기 위한 구조이다.

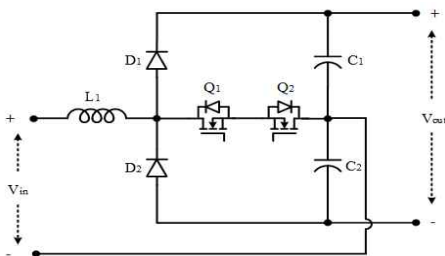


그림 1 단상 비엔나 정류기  
Fig. 1 Single Phase Vienna Rectifier

그림 2는 단상 비엔나 정류기의 동작모드 I-IV를 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 양 또는 음의 입력전압에 대해 각각 독립적인 부스트 PFC 동작을 한다.

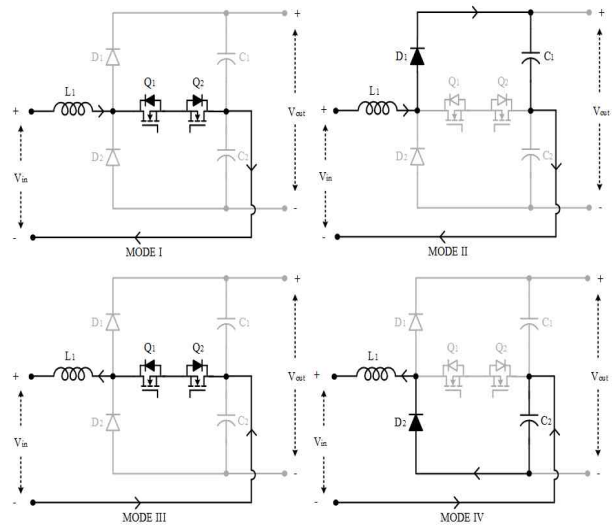


그림 2 단상 비엔나 정류기의 동작 모드 I-IV  
Fig. 2 Operation Mode of Single Phase Vienna Rectifier

표 1은 220VAC/750VDC 출력을 갖는 단상 비엔나 정류기의 사양을 나타낸다. 부스트 인덕터는 20% 리플 전류( $\Delta i$ )를 가정하여 값을 설정하였다.<sup>[2]</sup>

표 1 단상 비엔나 정류기의 사양  
Table 1 Specifications of Single-Phase Vienna Rectifier

항목	값
Input Voltage	220[ $V_{rms}$ ]
Output Voltage	750[ V ]
Power	500[ W ]
Switching Frequency	50[ KHz ]
$L_1$	2[ mH ]

표 2는 표 1에 주어진 사양에 따라 설계한 경우 500W 정격 부하에서 각 소자의 전압 및 전류 스트레스를 나타낸 것이다. 단상 비엔나 정류기의 경우 스위치 Q1, Q2의 전압 스트레스가 하프 브리지 구성에 비해 1/2 (375V)로 작음을 알 수 있다.

표 2 단상 비엔나 정류기의 전압 및 전류 스트레스 (500W)  
Table 2 Voltage and Current Stresses of Single-Phase Vienna Rectifier (500W)

항목	값
Maximum Voltage (Q1, Q2)	375V
RMS Current (Q1, Q2)	1.37A
Peak Inverse Voltage (D1, D2)	750V
RMS Current (D1, D2)	1.26A
Average Current (D1, D2)	0.67A
RMS Current ( $L_1$ )	2.31A

그림 3은 단상 비엔나 정류기에 적용된 제어기 구성을 나타낸다. Average Current Control을 적용하여 스위칭 주파수를 고정하였으며<sup>[3]</sup>, 음의 지령에 대하여 절댓값을 통해 단일 PWM으로 양방향 MOSFET 스위치를 스위칭 한다.

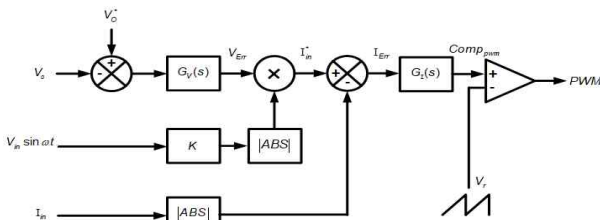


그림 3 단상 비엔나 정류기의 제어기 구성  
Fig. 3 Controller configuration of single-phase Wiener rectifier

### 3. 시뮬레이션

그림 4는 단상 비엔나 정류기의 시뮬레이션 회로도이다. 선정된 인덕터의 직렬 등가저항과 다이오드, MOSFET의 실제 소자 파라미터를 입력하였다.

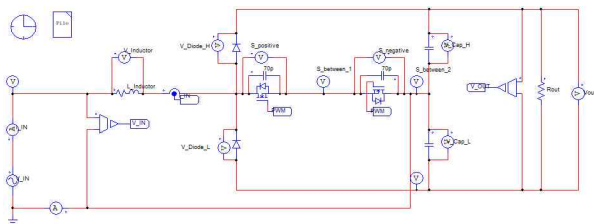


그림 4 시뮬레이션 회로도  
Fig. 4 Simulation Circuit

그림 5은 단상 비엔나 정류기의 시뮬레이션 출력 파형을 나타낸다. 부스트 인덕터 리플 전류( $\Delta i$ )와 출력 전압이 표 1의 설계 사양을 만족함을 알 수 있으며 정격 부하에 대하여 0.99의 역률과 98.1%의 효율을 내는 것을 확인 하였다.

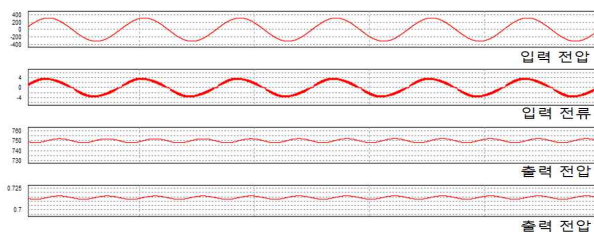


그림 5 시뮬레이션 출력 파형  
Fig. 5 Simulation Output Waveform

### 4. 실험

그림 6은 500W급 실험모델을 나타낸다. 입력 측은 Soft-start를 모사하기 위해 Slide-AC를 사용하였으며 출력 측은 권선 저항을 사용하여 정격 부하를 구성함으로써 실험을 진행 하였다.

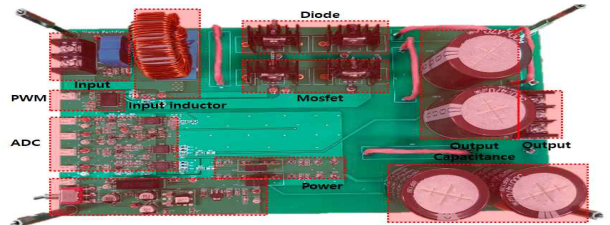


그림 6 500W급 실험모델  
Fig. 6 500W class prototype

그림 7은 500W급 실험모델 제작을 통한 비엔나 정류기의 실험 결과 파형이며 출력 전압 750V와 입력 전류가 PFC동작함을 알 수 있다. 정격 부하에 대하여 0.969의 역률과 98%의 효율을 내는 것을 확인 하였다.

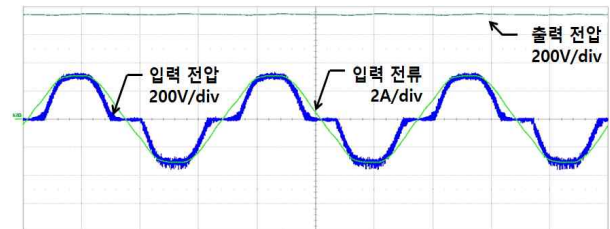


그림 7 입력 전압, 입력 전류 및 출력 전압 파형  
Fig. 7 Input voltage, Input current, and Output voltage waveform

### 5. 결론

본 논문에서는 단상 비엔나 정류기 구조와 양 또는 음의 입력 전압에 대해 스위칭에 따른 동작 모드를 기술 하였다. 500W급 실험모델을 위한 설계사양에 대하여 주요 소자의 전류 스트레스를 나타내었으며 Average Current Control 제어기를 구성, 시뮬레이션과 실험을 통하여 단상 비엔나 정류기의 특성 해석 및 설계의 타당성을 검증하였다.

### 참고 문헌

- [1] T. Thangavelu, P. Shanmugam, K. Raj, "Modelling and Control of VIENNA rectifier a single phase approach", IET Power Electron, Vol. 8, Iss. 12, pp. 2471-2482, 2015.
- [2] R. W. Erickson, D Maksimovic, "Fundamentals of Power Electronics", Kluwer Academic Publishers, Chapter IV, pp. 673-678, 2004
- [3] J. P. Noon, "Designing High-Power Factor Off-Line Power Supplies", Texas Instruments, Topic 2, pp. 2. 1-2 .35, 2002.