

단일 반송파를 이용한 Vienna Converter의 전압 제어

윤병철, 신희근, 김학원, 조관열, 임병국
충주대학교

A single-carrier comparison PWM method for Voltage Control of Vienna Rectifier

Byung Chul Yoon, Hee Kuen Shin, Hag Wone Kim, Kwan Yuhl Cho, Byung Kuk Lim
Chungju National University

ABSTRACT

본 논문에서는 3 Level Vienna Converter를 간단히 제어 하기 위한 단일 반송파 비교 방식의 전압제어 방법을 제안 한다. 제안된 전압 제어 방식은 Two Level 전압 변조 방식의 상전압 지령과 단자 전압 지령은 그대로 사용하고, 삼각파 비교부만 비엔나 정류기에 적합하게 단일 반송파를 이용한 방식으로 바꿔 SVPWM을 간단하게 구현할 수 있으며, 기존의 Two Level 컨버터에서 적용하던 다양한 선형 변조 및 과변조 방식 등 전압제어 알고리즘과 전류제어 알고리즘 등을 Three Level 컨버터에 쉽게 적용 할 수 있다.

1. 서론

3상 3레벨 비엔나 정류기는 단방향의 전력 변환이 요구되는 AC/DC 컨버터의 입력 전류 고조파 저감을 위한 회로로 많이 검토되고 있다. 3레벨의 비엔나 정류기는 3레벨 컨버터로써, 고효율화에 유리한 장점을 가지고 있다. 지금까지 3레벨 비엔나 정류기의 PWM방법에 대한 연구가 진행되었으나, 대부분 공간 전압 벡터 상에서 인가 전압 벡터 선택과 벡터인가 시간을 직접 계산하는 방법을 사용하여 왔다. 그러나 이 방법은 공간 전압 벡터 생성을 위한 유효 전압 벡터 선택 및 벡터 인가 시간 계산이 복잡하기 때문에 실제 구현을 위하여 많은 계산을 필요로 하며, 회로 구현이 복잡한 단점이 있다.^[1,3]

본 논문에서 제안한 Vienna Converter 의 간단히 제어하기 위한 반송파 비교 방식은 Two Level 전압 변조 방식의 상전압 지령과 단자 전압 지령은 그대로 사용하고, 삼각파 비교부만 비엔나 정류기에 적합하게 바꾸어 SVPWM을 간단하게 구현할 수 있는 방식으로, 단일 반송파를 사용하여 쉽게 PWM을 구현 할 수 있으며 제안된 방식에 대한 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증한다.

2. 본문

2.1 비엔나 정류기의 구성

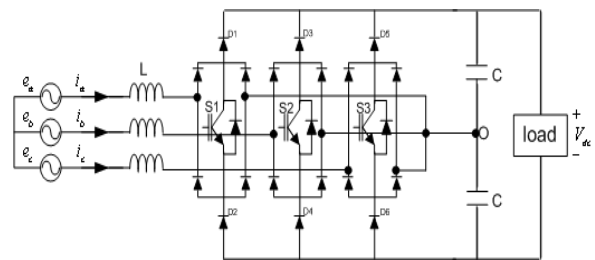


그림 1 Vienna Rectifier 회로 구성
Fig 1. Circuit Configuration of Vienna Rectifier

비엔나 정류기는 스위치(Sn)의 상태와 전류의 방향에 따라 동작한다. 스위치 Sn=0, 전류의 방향이 +일 경우 단자전압은 $V_{dc}/2$ 이며, 다이오드 $D_{1,3,5}$ 가 동작한다. 그리고 스위치 Sn=0, 전류의 방향이 -일 경우 단자 전압은 $-V_{dc}/2$ 이며, 다이오드 $D_{2,4,6}$ 이 동작한다. 스위치가 1일 경우에는 전류의 방향과 관계 없이 다이오드는 동작 하지 않는다.

2.2 비엔나 정류기를 위한 스위칭 함수 발생기

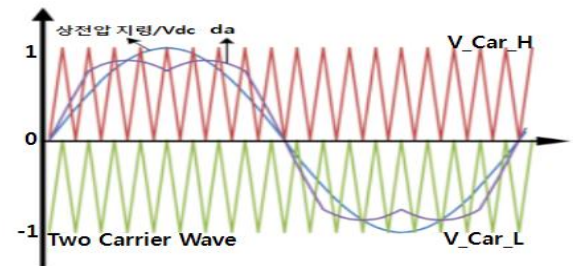


그림 2.1 기존의 Two Carrier Wave 및 상전압, 단자전압 명령
Fig. 2.1 Conventional Two Carrier Wave and Voltage Commands

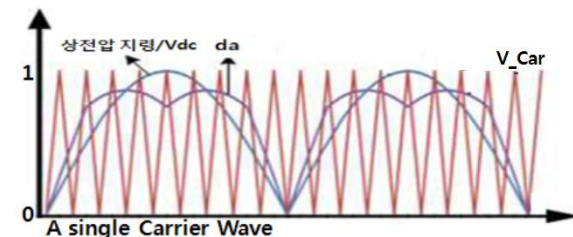


그림 2.2 제안된 단일 반송파 및 상전압, 단자전압 명령
Fig. 2.2 Proposed A single Carrier and Voltage Commands

기존에 사용하는 비엔나 정류기의 스위칭 함수 발생기는 그림 2.1처럼 Two Carrier Wave를 사용한다. 이 방식은 실제 구현이 어려운 문제가 있다.^[4] 하지만 그림 2.2처럼 단일 반송파를 사용하여 제어 할 경우 간단하게 구현 할 수 있다.

그림 2.1, 2.2에서 $d_{n(n=a,b,c)}$ 는 상전압 지령과 옵셋 전압에 따른 정규화된 단자 전압 명령이며, $x_{n(n=a,b,c)}$ 는 제안한 비엔나 정류기의 단일 반송파를 이용하기 위해 변경한 스위칭 함수를 만들기 위한 스위칭 지령을 의미 한다.

비엔나 정류기의 요구되는 스위칭 지령은 식(1)과 같다.

$$\begin{cases} d_n \geq 0 & x_n = 1 - d_n \\ d_n \leq 0 & x_n = 1 + d_n \end{cases} \quad (1)$$

d_n 의 양의 값과 음의 값에 따라 식(1)로부터 절대값을 이용하여 x_n 으로 나타낸 식(2)와 같다. 식(2)로부터 d_n 의 절대값을 취하여 스위칭 지령을 발생 하였다.

$$x_n = 1 - |d_n| \quad (2)$$

한편, 식(3)은 스위칭 지령에 따른 스위칭 함수 이고, 그림 2.2의 제안된 단일 반송파를 이용한 방식으로 나타낼수 있다.

$$S_{n(n=a,b,c)} \begin{cases} 0 & x_{n(n=a,b,c)} \geq V_{Car} \\ 1 & x_{n(n=a,b,c)} \leq V_{Car} \end{cases} \quad (3)$$

2.3 제안된 단일 반송파를 사용한 비엔나 정류기의 모의해석 및 실험

표 1은 모의해석 및 실험에 사용된 파라미터 값이다. 모의해석 및 실험에 사용된 스위칭 소자는 FET이다. 그림 3은 시뮬레이션 한 결과로써, 단자전압 지령과 캐리어 신호를 비교하는 파형과, 입력 상전류, 출력 Vdc 파형이다. 그림 4는 실험 결과로써, 입력 상전류, Vdc 출력 파형이다. 모의해석 및 실험 결과 제안한 단일 반송파를 이용한 비엔나 정류기의 전압제어가 잘 동작되는 것을 검증 하였다.

표 1 모의해석 및 실험 조건
Table 1 Condition for simulation and Test

Electric Power		2.8kW
Input	Line to Line Voltage	220Vrms
Output	Reference Voltage	392V
Full Load		7A
Switching Frequency		20kHz
Inductor		1mH
Capacitor		1360uF

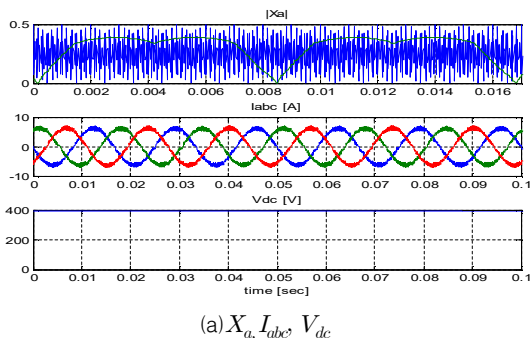


그림 3 Vienna Rectifier 시뮬레이션 결과
Fig. 3 Simulation Result of Vienna Rectifier

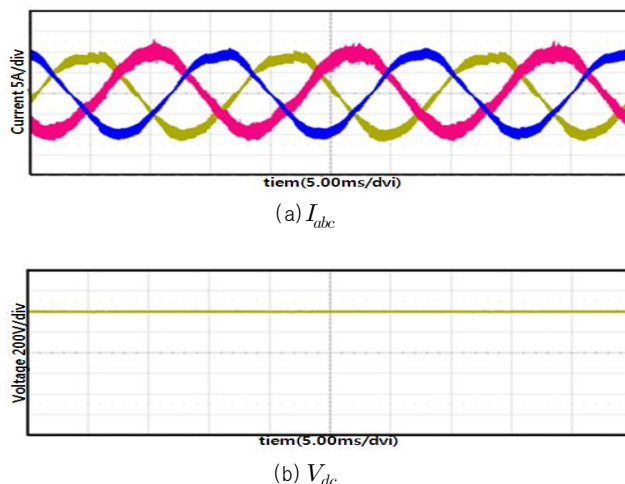


그림 4 Vienna Rectifier 실험 결과
Fig. 4 Experiment Result of Vienna Rectifier

3. 결론

본 논문에서 쉽고 간단한 비엔나 정류기의 단일 반송파를 이용한 전압제어 방식을 제안하였다.

기존의 공간전압 벡터를 이용한 SVPWM 방법은 계산이 복잡하고, 실제 구현이 어려운 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해 단일 반송파를 이용한 전압제어 방식의 비엔나 정류기를 제안하였다. 제안한 단일 반송파를 이용한 전압 제어 방식을 사용하여 시뮬레이션 및 실험 한 결과 회로 구현 및 전압 벡터 인가 계산 시간 없이, 간단하게 제어되는 것을 검증 하였다.

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (한국연구재단 2010 0017029)

참고 문헌

- [1] J. Kolar and F. Zach, "A Novel Three phase utility interface minimizing line current harmonics of high power telecommunications rectifier modules," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 44, no. 4, pp. 456 467, 1997, August
- [2] Jarno Alahuhtala, Heikki Tuusa "Space Vector Modulation Method for Unidirectional Four Wire Three Phase/Level Switch (Vienna) Rectifier", The 7th international Conference on Power Electronics, pp 742 748, 2007, October
- [3] 정현선, 노세진, 최재호, 정교범 "VIENNA 정류기를 이용한 입력파형의 개선" 대한전기학회 2007년도 춘계학술대회 논문집 전기기기 및 에너지 변환시스템부문, pp19 21, 2007, January
- [4] 윤병철, 신희근, 김학원, 조관열, 임병국, 황순상 "비엔나 정류기의 전압제어를 위한 캐리어 비교 SVPWM" 전력전자학회 2010년도 추계학술대회 논문집, 2011.11 pp183 185