

# 비엔나 컨버터에서 단일 반송파 비교를 이용한 새로운 방식의 SVPWM 구현

조남수, 김지원, 지준근  
순천향대학교 대학원 전기통신시스템공학과

## Novel Strategy of SVPWM Implementation Using Single Carrier Comparison in the Vienna Converter

Nam Su Cho, Ji Won Kim, Jun Keun Ji  
Dept. of Electrical Communication System, Graduate School, Soonchunhyang University

### ABSTRACT

본 논문에서는 고효율의 3상 3레그 3레벨 정류기의 하나인 비엔나 컨버터에서 단일 반송파 비교를 이용한 새로운 공간전압 벡터 펄스폭변조(SVPWM) 방식의 구현에 대해서 제안을 한다. 기존 방식들은 2개의 반송파 비교를 주로 사용하고 있거나, 변조할 전압지령 신호의 절대값을 취하여 단일 반송파 비교를 사용하고 있으나, 제안하는 방식은 전압지령 신호의 변조구간에 따른 이동과 단일 반송파 비교를 이용을 해서 2개의 반송파 비교를 사용한 방식과 동일한 특성을 나타내면서 구현이 좀 더 용이한 장점을 갖는다. 제안하는 새로운 방식에 대한 이론적인 설명과 시뮬레이션 및 실험 결과들을 제시함을 통해 제안하는 본 방식의 타당함과 성능의 우수함을 나타내고자 한다.

### 1. 서론

3상 3레그 3레벨 비엔나 형태의 정류기(Vienna Type Rectifier)는 단방향의 전력변환이 요구하는 AC/DC 컨버터의 입력 전류 고조파 저감을 위한 회로로서 주로 검토되고 있다.<sup>[1]</sup>

비엔나 정류기를 제어하기 위한 PWM 방법으로 크게 공간전압 벡터를 이용하여 전압 벡터의 인가 시간을 직접 계산하는 SVPWM(Space Vector Pulse Width Modulation) 방법과 반송파 비교(Carrier Comparison) PWM 방법으로 나눌 수 있다. SVPWM은 유효 전압의 인가 시간을 구하기 위해 지령 전압 벡터가 존재하는 영역(Sector)의 판별 작업과 복잡한 삼각 함수의 계산이 필요하다.<sup>[2]</sup>

반송파 비교 PWM 방법은 유효 전압 벡터 및 인가 시간의 계산이 필요없다는 장점이 있으나,<sup>[3]</sup> 2개의 반송파를 이용하기 때문에 실제 제품에서 구현하기가 용이하지 않다. 그래서 전압지령의 절대값을 취해 단일 반송파와 비교하는 간단한 반송파 비교방법이 제안되었다.<sup>[4]</sup> 하지만 이 방법에서는 스위치 입력단 선간전압의 변화가  $0V \sim V_{dc}/2$ ,  $0V \sim V_{dc}$ 로 되어 온전한 3레벨 전압을 만들지는 못하고, 입력전류의 THD도 2개의 반송파를 이용한 방법보다 동일조건에서 더 높게 나온다.

본 논문에서 전압지령 신호의 변조구간에 따른 이동과 단일 반송파를 비교한 새로운 방식을 제안하며, 이 방식이 전압지령 신호의 절대값을 취하는 단일 반송파 비교방식과 달리 스위치 입력단 선간전압이  $0V \sim V_{dc}/2$ ,  $V_{dc}/2 \sim V_{dc}$ 로 되어 전압 스트레소도 낮고 입력전류의 THD도 좀 더 낮아지게 되는 특성을 PSIM 시뮬레이션과 실제 10kW 실험결과를 통해서 증명한다.

### 2. 비엔나 정류기

#### 2.1 비엔나 컨버터 구조

비엔나 정류기는 그림 1과 동일하다.  $V_{a\_in}$ ,  $V_{b\_in}$ ,  $V_{c\_in}$ 은 입력전압이며,  $I_{a\_in}$ ,  $I_{b\_in}$ ,  $I_{c\_in}$ 은 입력 전류를 나타낸다.  $S_{abc}$ 는 스위치에 인가되는 전압, 전류에 대하여 4상한 동작이 가능하도록 MOSFET과 Diode로 구성된 전력용 반도체 모듈 내부의 MOSFET의 스위칭을 말한다.  $D_1 \sim D_6$ 는 3상의 정류용 다이오드를 의미한다.

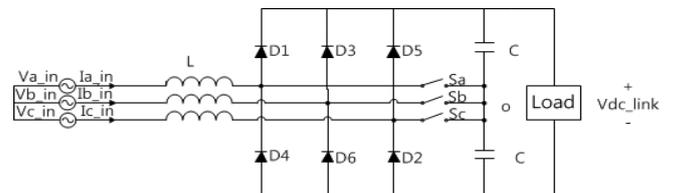


그림 1 비엔나 컨버터의 회로 구성

Fig. 1 Circuit diagram of Vienna converter

#### 2.2 반송파 비교방식을 이용한 SVPWM의 구현방식

##### 2.2.1 두 개의 반송파와 전압지령 비교 방식<sup>[3]</sup>

두 개의 반송파와 전압지령에 대해 양의 구간에서는  $0 \sim 1V$  범위의  $V_{car\_H}$ 와 비교를 하고, 음의 구간에서는  $1 \sim 0V$  범위의  $V_{car\_L}$ 와 비교하는 두 개의 반송파 비교 방식이다.

##### 2.2.2 단일 반송파와 전압지령 절대값 비교 방식<sup>[4]</sup>

전압지령에 절대값을 취한 값과  $V_{car\_H}$ 라는  $0 \sim 1V$ 의 범위의 단일 반송파를 비교하는 방식이다.

##### 2.2.3 제안하는 단일 반송파 비교 방식

그림 2는 단일반송파와 변조구간에 따른 전압지령을 비교한 방식이다. 두 개의 반송파와 비교하는 방식과 동일하게  $d_{abc}$ 가 양의 구간에서는  $0 \sim 1V$  범위인  $V_{car\_H}$ 와 비교를 하고, 음의 구간에서는  $d_{abc}$ 에 1을 더해  $0 \sim 1V$  범위로 수정하여  $V_{car\_H}$ 와 비교를 하게 된다. 이를 통해 음의 값을 가지는 전압지령도 양의 전압지령 값으로 변경하여 단일 반송파와 비교하게 된다.

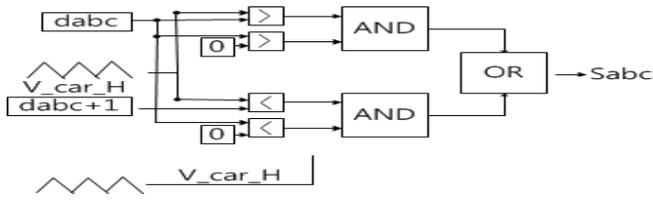


그림 2 변조구간에 따른 전압지령과 단일 반송파 이용 방식  
Fig. 2 Method using voltage command corresponding to the modulation interval and a single carrier

### 3. 시뮬레이션 및 실험 결과

#### 3.1 시뮬레이션 결과

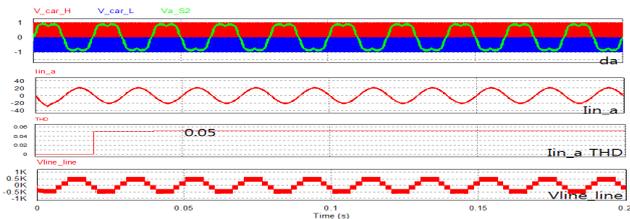


그림 3 두 개의 반송파와 전압지령을 이용한 방법  
Fig. 3 Method using two carrier and voltage command

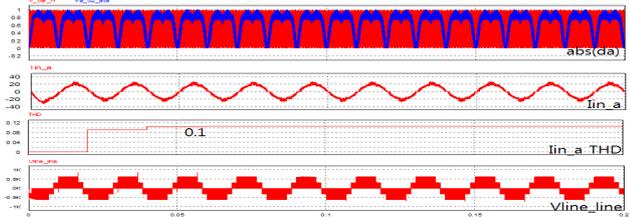


그림 4 단일 반송파와 전압지령의 절대값을 이용한 방법  
Fig. 4 Method using a single carrier and the absolute value of the voltage command

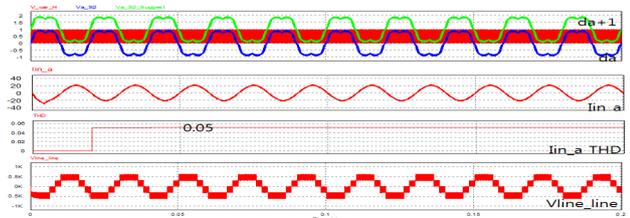


그림 5 제안하는 단일 반송파를 이용한 방법  
Fig. 5 Proposed method using a single carrier

#### 3.2 실험 결과

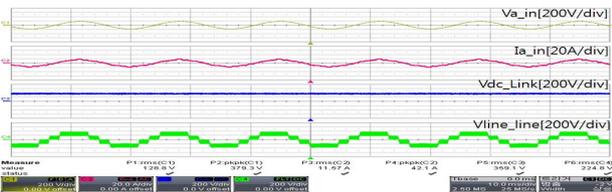


그림 6 두 개의 반송파를 이용한 비엔나 정류기 출력파형  
Fig. 6 Vienna rectifier output waveform using two carrier wave

### 4. 결론

본 논문에서는 비엔나 컨버터에서 단일 반송파 비교를 이용하는 새로운 공간전압벡터 펄스폭변조 방식을 제안하였다.

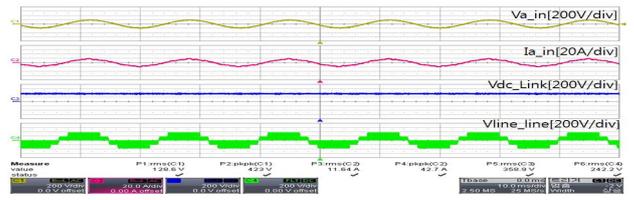


그림 7 전압지령의 절대값을 이용한 비엔나 정류기 출력파형  
Fig. 7 Vienna rectifier output waveform using the absolute value of voltage command

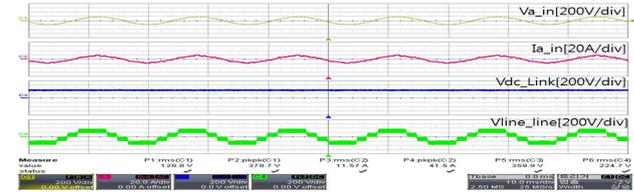


그림 8 제안하는 방식을 이용한 비엔나 정류기 출력파형  
Fig. 8 Vienna rectifier output waveform using the proposed method

변조구간의 전압지령이 양의 값을 갖는 경우와 음의 값을 갖는 경우에 따라서 다른 전압지령 값과 단일 반송파를 비교한 제안하는 방식의 특성을 기존의 방식들, 즉 전압지령과 두 개의 반송파 비교방식을 이용한 경우 및 전압지령의 절대값을 취하여 단일 반송파와 비교한 경우에 대해 비엔나 정류기의 특성을 비교하였다. 시뮬레이션과 실험을 통해 제안한 방법이 두 개의 반송파 비교방식을 이용한 비엔나 정류기보다 구현이 용이하고 동일한 특성을 가지며, 지령전압에 절대값을 취하여 단일 반송파와 비교하는 방식에 비해서도 스위치 입력단 선간전압의 파형과 입력전류의 THD가 더 나은 특성을 갖는 것을 증명하였다.

본 논문은 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학 협력선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

### 참고 문헌

- [1] J.W Kolar and F.C 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. 456 457, 1997, August
- [2] Jarno Alahuhtala, Heikki Tuusa "Space Vector Modulation Method for Unidirectional Four Wire Three Phase/Level Switch (Vienna) Rectifier", The 7<sup>th</sup> international Conference on Pwer Electronics, pp.742 748, 2007, October.
- [3] B. C. Yoon, H. K. Kim, H. W. Kim, K. Y. Cho, B. K. Lim, S. S. Hwang "Carrier Comparison SVPWM for Voltage Control of Vienna Rectifier" Proceedings of Power Electronics Autumn Conference, 2010. 11 pp183 185, 2010, July
- [4] B. C. Yoon, H. W. Kim, K. Y. Cho, and B. K. Lim, "A single carrier comparison PWM for voltage control of vienna rectifier," The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 2, pp.129 134, Apr. 2012.