

# 4-level 단상 인버터

양광훈<sup>[1]</sup> 최우석<sup>[1]</sup> 허민호<sup>[2]</sup> 이태원<sup>[2]</sup>김광현<sup>[1]</sup> 박성준<sup>[1]</sup>  
<sup>[1]</sup>전남대학교 전기공학과, <sup>[2]</sup>삼성전기

## 4level single-phase inverter

K.H. Yang<sup>[1]</sup>, W.S Choi<sup>[1]</sup>, M.H Heo<sup>[2]</sup>, T.W Lee<sup>[2]</sup>, G.H Kim<sup>[1]</sup>, S.J Park<sup>[1]</sup>  
<sup>[1]</sup>Chonnam National University, <sup>[2]</sup>Samsung Electro Mechanics

### ABSTRACT

단상 풀브릿지 인버터는 직류전원에서 가변 주파수 전압을 발생시키는 전력변환기다. 또한 이를 근본으로 많은 곳의 산업 현장에 응용되며 실제 가정생활이나 신재생 에너지의 변환 장치로 많이 사용된다. 또한 많은 MCU의 발달로 인해 PWM 변조 방식의 인버터가 개발되는 상황이다. 이러한 경우 기존의 단상 풀 브릿지 인버터의 THD는 3-LEVEL로 THD의 특성 개선의 한계가 있는 것이 현재의 상황이다. 본 논문에서는 단상 풀브릿지의 인버터를 기본으로 개선된 토폴로지를 구현하여 THD의 특성을 한 단계 높은 방법을 제안하고자 한다.

### 1. 서론

단상 풀 브릿지 인버터는 많은 사업현장에서 사용되고 있으며 앞으로의 신재생에너지 분야인 풍력발전과 태양광 발전에서 빠질 수 없는 회로이다. 이렇게 많은 분야에서 사용되는 인버터를 개선하기 위해 수많은 연구가 활발히 이루어지고 있으며 이에 따른 기본적인 풀브릿지 인버터를 응용한 많은 토폴로지 등이 개발되었다.

본 연구에서는 기존의 풀브릿지 인버터에서 각 폴에 걸리는 전압을 기존과 다르게 3개의 DC전압을 사용하여 출력단의 전압의 레벨을 한층 더 많게 조절할 수 있도록 설계하고 실험을 진행 하였다.

제안된 인버터의 토폴로지는 기존 풀브릿지가 가지는 두 개의 영 전압 발생조건을 두 개의 정 부 전압을 발생시키는 조건을 구비함으로 기존 풀브릿지와 동일한 스위치소자로 4 level의 출력전압을 가지게 된다. 스위칭 동작은 기존의 단상 인버터와 유사하나, 입력단의 전압구조가 4 Level을 형성하기 위한 구조로 되어 있다.

제안된 토폴로지의 타당성 검증을 위해 PISM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다..

## 2. 제안된 단상 4-level 인버터

### 2-1 기존의 풀브릿지 단상인버터

그림 1은 기존의 단상인버터를 나타내고 있다. 이때 각각의 스위치는 2개의 쌍을 이루 상보적 스위칭을 하며 PWM 변조 방식으로 DC의 전압을 AC의 전압으로 출력하게 된다. 이 때 출력전압은 스위치의 상태에 따라 ±DC 입력전압, ±영전압을 형성하여 3 Level을 출력하게 된다. 이러한 구조의 인버터에서

동일한 전압인 ±영전압으로 인하여 3 Level인버터가 된다. 만일 ±영전압을 ±kDC 전압으로 형성할 수 있다면 출력전압은 4 Level 인버터가 되어 출력전압 THD(Total Harmonic Distutation)을 크게 줄일수 있을 것이다.

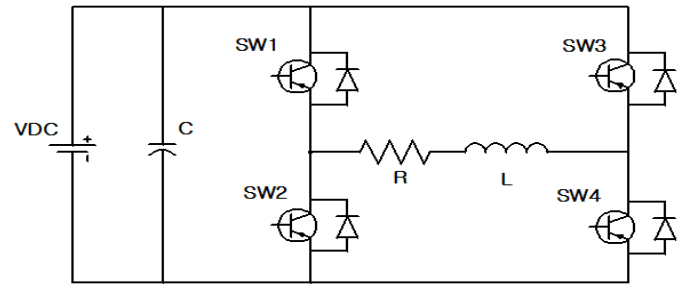


그림 1 기존의 풀브릿지 인버터  
fig 1.Full Bridge Inverter existing

### 2-2 제안하는 단상 4-Level 풀 브릿지 인버터

그림 2는 제안하는 4 Level 인버터의 토폴로지의 구성도이다. 기존의 풀 브릿지 인버터와는 달리 3개의 DC전원을 사용하여 토폴로지가 구성되며 이에 따라 각 Arm이 같은 노드에 병렬로 연결되는 것이 아닌 서로 다른 노드에 연결되어 있는 모습을 확인 할 수 있다.

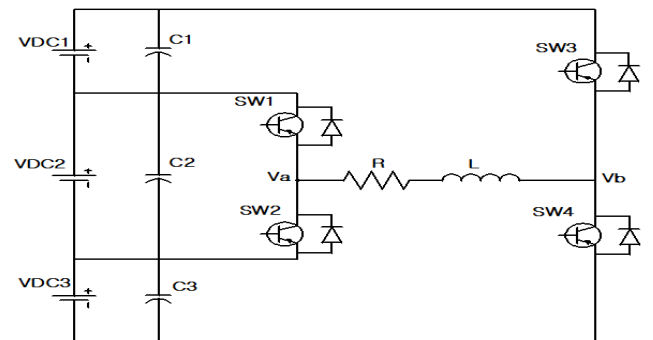


그림 2 제안하는 4Level 단상 인버터  
fig 2.The proposed single phase 4Level inverter

제안된 인버터의 각 암의 스위치는 기존의 인버터의 스위칭 방식과 같이 SW<sub>1</sub>과 SW<sub>2</sub> 그리고 SW<sub>3</sub>과 SW<sub>4</sub>는 서로 상보적 동작을 겸한다. 출력 전압역시 각 폴의 전압의 변동에 따라 레벨이 나타나게 되며 이때의 레벨은 VDC<sub>1</sub>, VDC<sub>2</sub>, VDC<sub>3</sub>에 대한 중

속함수로 4개의 **Level**로 나타나게 된다. 또한  $VDC_1$ 과  $VDC_3$ 이 영의 전위를 가지고 있으면 기존 단상인버터 동일하게 사용될 수 있다. 아래의 수식은 스위치의 온, 오프 동작에 따라 각 **Arm**이 가지는 전압을 나타 낸 것이다. **a-Arm**의 출력전압은 스위치  $SW_1$ 과  $SW_2$ 에 의해 결정되며 그 관계는 식 (1)과 같다.

$$\text{if}(SW_1 : \text{on}, SW_2 : \text{off}) \text{ then} \quad (1)$$

$$V_a = VDC_2 + VDC_3$$

$$\text{if}(SW_1 : \text{off}, SW_2 : \text{on}) \text{ then}$$

$$V_a = VDC_3$$

**b-Arm**의 출력전압은 스위치  $SW_3$ 과  $SW_4$ 에 의해 결정되며 그 관계는 식 (2)와 같다.

$$\text{if}(SW_3 : \text{on}, SW_4 : \text{off}) \text{ then} \quad (2)$$

$$V_a = VDC_1 + VDC_2 + VDC_3$$

$$\text{if}(SW_3 : \text{off}, SW_4 : \text{on}) \text{ then}$$

$$V_a = 0$$

인버터의 출력전압은 **a-Arm**과 **b-Arm**의 차이로 결정되며 식 (3)과 같이 4가지의 **Level**로 된다.

$$V_{ab} = VDC_3 \quad (3)$$

$$= VDC_2 + VDC_3$$

$$= -VDC_1$$

$$= -(VDC_2 + VDC_1)$$

식 (3)에서  $VDC_1$ ,  $VDC_3$ 가 같다면 정 부가 동일한 4개의 출력 전압으로 식 (4)와 같이 정의 된다.

$$V_{ab} = \pm VDC_1 \quad (4)$$

$$= \pm (VDC_1 + VDC_2)$$

식 (4)로부터 제안된 인버터는 **4-Level**을 출력할 수 있는 구조가 된다.

### 3. 시뮬레이션 결과

제안된 풀 브릿지 단상 인버터의 타당성을 검증하기 위해 **Psim**을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 시뮬레이션에서는 **4-Level** 인버터의 타당성을 검증하기 위해 입력전압  $VDC_1$ ,  $VDC_2$ ,  $VDC_3$ 를 단순히  $100[V]$ ,  $200[V]$ ,  $100[V]$ 로 설정하였다. 향후 **THD**의 관점에서 입력전압 설정이 있어야 될 것으로 사료된다. 그림 3(a,b)는 제안된 단상 **4-Level** 인버터의 출력전압과  $2k[Hz]$ 의 **Cutoff** 주파수를 갖는 부하 전류를 나타내고 있으며, 3(c,d)는 제안된 인버터의 스위칭 신호를 나타내고 있다.

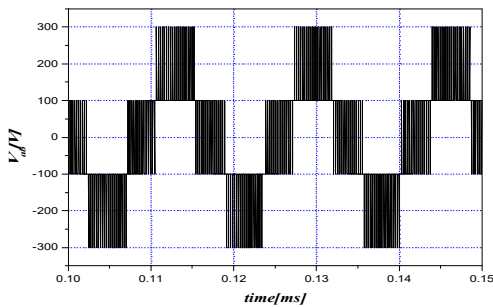


그림 3 (a) 인버터 출력전압  
fig3 (a), Output Voltage

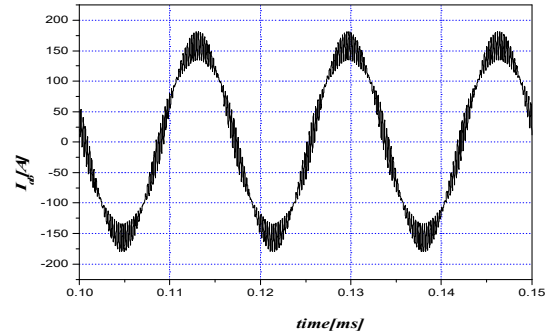


그림 3 (b) 인버터 출력전류  
fig 3 (b) Inverter output current

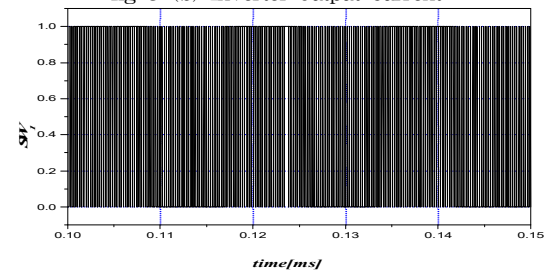


그림 3 (c) SW1 신호  
fig 3 (c). SW1 Signal

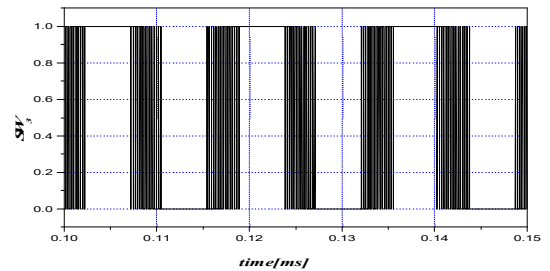


그림 3 (d) SW3 신호  
fig 3 (d). SW3 Signal

### 4. 결론

본 논문에서의 **4-Level** 인버터의 가장 큰장점은 스위치의 손실을 늘이지 않고 **THD**를 낮추는 것이다. 시뮬레이션 결과 기존 인버터의 출력전류의 **THD**는 0.281374로 제안된 인버터의 **THD**는 0.1164822로 제안된 인버터의 **THD**특성이 더 좋은 것을 확인할 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] 노익철, 정규범, 최남섭 공저 “전력전자 공학”2판
- [2] 송성근, 이상훈, 박성준 “3kW급 계통 연계형 태양광 인버터에 관한 연구 ”전력전자학회, 전력전자학회 2005년도 전력 전자학술대회 논문집 2005.7, page(s): 707 710