

# 커먼 모드 전압 저감을 위한 3상 H7 인버터의 개선된 변조 기법

이승환, 정준형, 황선익, 김장목  
부산대학교 전기공학과

## Improved Modulation Techniques of Three-Phase H7 Inverter to Reduce Common Mode Voltage

Lee Seung Hwan, Jung Jun Hyung, Hwang Seon Ik, Kim Jang Mok  
Department of Electrical Engineering, Pusan National University

### ABSTRACT

본 논문에서는 H7 인버터와 DPWM 기반의 개선된 변조 기법을 이용한 2 레벨 인버터의 커먼 모드(Common Mode) 전압 저감 방법을 제안한다. 기존의 H7 인버터를 이용한 커먼 모드 전압 저감 방법은 스위칭 신호 구현을 위해 추가적인 논리회로가 필요하고, 일부 영역에서 커먼 모드 전압 저감이 이루어지지 않는 문제점이 있다. 제안하는 방법은 오프셋(Offset) 전압을 이용한 변조 방식을 사용하여 3상 인버터의 스위칭 신호를 생성하고, 3상의 지령 값을 이용하여 7번째 스위치의 스위칭 패턴을 결정한다. 이를 통해 추가적인 논리 회로 없이 하나의 캐리어만을 이용하여 모든 스위치의 스위칭 신호를 구현하며, 모든 영역에서 커먼 모드 전압 저감이 이루어지도록 하였다. 제안된 방법의 커먼 모드 전압 저감, 출력 상전류 왜곡 특성에 대한 성능을 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

### 1. 서 론

최근 교류전동기 구동 시스템에서 고속 스위칭이 가능한 전력용 반도체가 널리 적용됨에 따라 커먼 모드(Common Mode) 전압에 의해 발생하는 누설 전류, EMI(Electromagnetic Interference) 등의 문제점들에 대한 관심이 증대되고 있다.

커먼 모드 전압에 의한 문제점들을 해결하기 위해 다양한 방식의 PWM(Pulse Width Modulation) 기법들이 연구되었지만, 이러한 연구에서는 서로 상반된 유효벡터의 조합을 통하여 영전압 벡터를 합성하는 기법을 사용하기 때문에 전력변환기의 변조지수에 있어서 상당한 제한을 가져오며 전동기 상전류 리플을 크게 증가시키는 등의 문제가 발생한다.<sup>[1]</sup>

최근에는 PWM 기법을 이용한 커먼 모드 전압 저감 방법의 문제점을 개선하기 위해 그림 2와 같이 DC단에 하나의 스위치를 추가한 H7 인버터와 MDPWM(Modified DPWM)을 이용한 커먼 모드 전압 저감 방법이 제안되었다.<sup>[2]</sup> 하지만, MDPWM을 구현하기 위해서는 추가적인 논리회로가 필요하고, 일부 영역에서 커먼 모드 전압이 저감되지 않는 문제가 존재한다.

따라서, 본 논문에서는 추가적인 논리회로 없이 H7 인버터를 이용하여 모든 영역에서 커먼 모드 전압을 저감할 수 있는 DPWM 기반의 개선된 변조 기법을 제안한다.

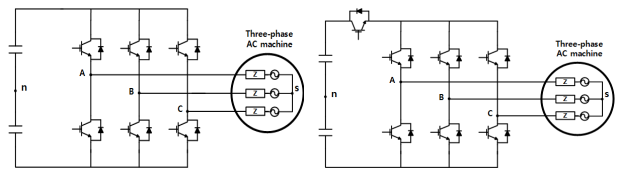


그림 1 2-레벨 인버터

그림 2 H7 인버터

### 2. 본 론

#### 2.1 H7 인버터의 스위칭과 커먼 모드 전압<sup>[2]</sup>

일반적인 2 레벨 인버터의 커먼 모드 전압은 그림 1에 도시된 인버터 시스템에서 부하 중성점과 DC단 중성점 사이의 전위차로 정의되며, 다음의 수식으로 표현할 수 있다.

$$V_{CM} = \frac{1}{3}(V_{An} + V_{Bn} + V_{Cn}) \quad (1)$$

H7 인버터는 유효전압 벡터가 인가되었을 경우에는 기존의 2 레벨 인버터와 동일하게 동작하고, 두 개의 영전압 벡터( $V_0$ ,  $V_7$ ) 중 상단의 스위치 3개가 모두 ON 되는  $V_7$  벡터 인가시에 S7 스위치를 OFF 시킴으로써 발생하는 커먼 모드 전압의 크기를 저감시킨다.

그러므로, H7 인버터를 이용할 경우 두 개의 영전압 벡터( $V_0$ ,  $V_7$ ) 중  $V_7$  벡터만을 사용하도록 스위칭 시퀀스를 구현하면 가장 우수한 커먼 모드 전압 저감 효과를 얻을 수 있다.

#### 2.2 제안하는 H7 인버터의 변조 기법

H7 인버터를 이용한 커먼 모드 전압 저감 기법은  $V_7$  벡터가 인가되었을 때 발생하는 커먼 모드 전압의 크기를 감소시킨다. 따라서, H7 인버터의 스위칭 시퀀스 구현 시 고려해야 될 사항은 다음과 같다.

$V_0$  벡터를 사용하지 않고,  $V_7$  벡터만을 이용하여 지령 전압을 생성하도록 3상 인버터의 스위칭 패턴 구현  $V_7$  벡터가 인가되었을 때, 7번째 스위치(S7)를 Off 시키기 위한 스위칭 패턴 구현

##### 2.2.1 3상 인버터의 스위칭 패턴 구현

오프셋 전압을 이용하여 삼각파와 비교되는 3상 지령 전압의 크기를 동일하게 조절하면 유효 벡터의 인가 시간에는 변동 없

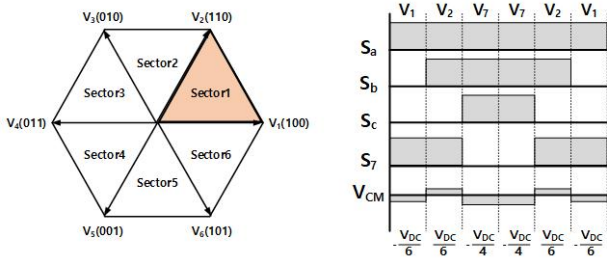


그림 3 제안하는 방법을 적용한 H7 인버터의 섹터 1영역에 대한 스위칭 시퀀스 및 커먼 모드 전압

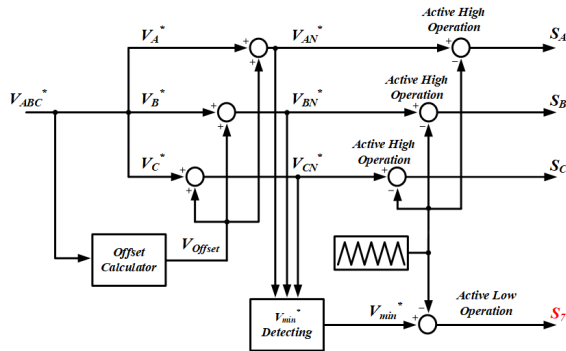


그림 4 제안하는 변조 기법의 구현 과정

이 유효 전압 벡터의 위치만을 이동시켜 영 벡터( $V_0$   $V_7$ )의 인가 시간의 분배를 변화시킬 수 있다.

따라서, 식 (2)로 계산된 윗셋 전압을 이용하여 극전압의 형태를 바꾸어 줌으로서  $V_0$  벡터 없이  $V_7$  벡터만을 사용하여 지령 전압을 생성하도록 스위칭 시퀀스를 구현할 수 있다.

$$V_{Offset} = \frac{V_{dc}}{2} - V_{max}^* \quad (2)$$

### 2.2.2 S7 스위치의 스위칭 패턴 구현

스위칭 한 주기 내에서  $V_7$  벡터의 인가시간은 3상의 지령 값을 Max, Mid, Min 값으로 분류 하였을 때, Min 값에 해당하는 상의 지령에 의해 결정된다. 따라서, 매 변조 주기마다  $V_{min}^*$  값을 검출 하여 삼각파와 비교함으로써 S7 스위치의 스위칭 패턴을 구현할 수 있다.

제안하는 변조기법의 스위칭 패턴 및 구현 과정을 그림3과 그림 4에 나타내었다. 기존의 H7 인버터를 이용한 커먼 모드 전압 저감 기법과는 달리 추가적인 논리회로 없이 모든 스위치의 스위칭 패턴을 구현하였으며, 모든 섹터에서 커먼 모드 전압 저감이 이루어지도록 하였다.

### 2.3 시뮬레이션

제안 하는 변조 방식을 적용한 H7 인버터의 커먼 모드 전압 저감 효과를 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 그림 5는 기존의 H7 인버터를 이용한 커먼 모드 전압 저감 기법과, 제안하는 방법의 커먼 모드 전압과 출력 상전류의 THD 특성을 비교한 시뮬레이션 결과이다. 제안하는 방법은 기존 기법과 비교했을 때, 더 우수한 커먼 모드 전압 저감 효과를 보이며 출력 상전류의 THD 특성 또한 개선된 것을 확인할 수 있다.

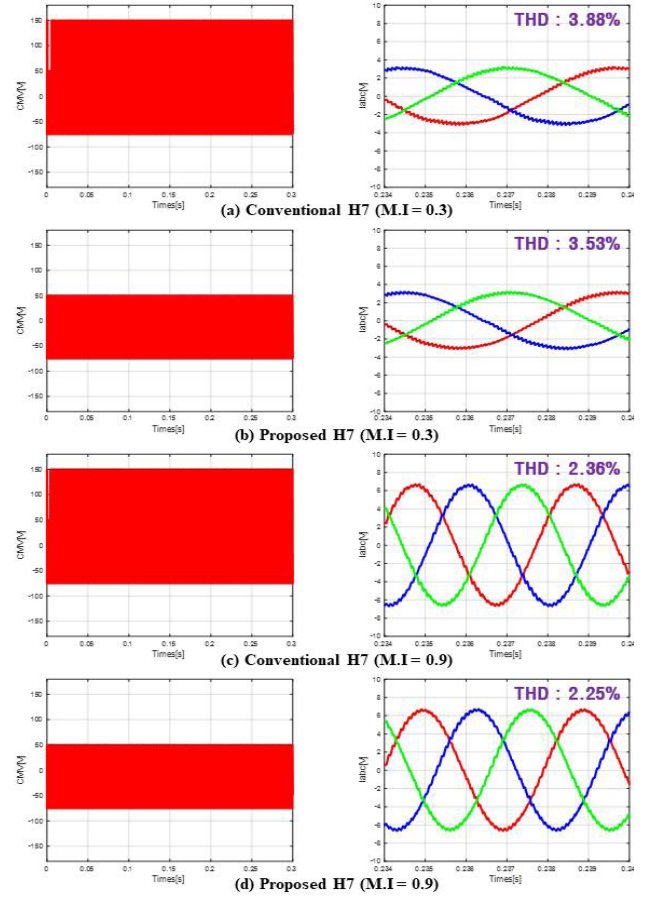


그림 5 M.I에 따른 커먼 모드 전압 및 상전류 특성 비교

## 3. 결론

본 논문에서는 H7 인버터를 이용하여 커먼 모드 전압을 저감하기 위한 개선된 변조 기법을 제안하였다. 제안하는 방법은 윗셋 전압을 이용한 변조 방식을 사용하여 지령 전압을 생성하기 위한 3상 인버터의 스위칭 신호를 구현하고, 3상의 지령 값 중 최소값에 해당하는  $V_{min}^*$  값을 이용하여 S7 스위치의 스위칭 패턴을 구현한다. 이를 통해, 기존의 H7 인버터를 이용한 커먼 모드 전압 저감 기법과는 다르게 추가적인 논리회로 구성없이 DSP 내부에서 모든 스위치의 스위칭 패턴을 구현하도록 하였으며, 일부 영역에서 커먼 모드 전압 저감이 이루어지지 않던 문제를 개선하였다. 제안 하는 방법의 커먼 모드 전압 저감 효과는 시뮬레이션을 통해 검증하였다.

## 참고 문헌

- [1] Ahmet M. Hava, "Performance Analysis and Comparison of Reduced Common Mode Voltage PWM and Standard PWM Techniques for Three Phase Voltage Source Inverter", Proceedings of the IEEE, Vol. 24, No. 1, pp. 241-252, 2009, January.
- [2] Tan Kheng Suan Freddy, "Modulation Techniques to Reduce Leakage Current in Three Phase Transformerless H7 Photovoltaic Inverter", Proceedings of the IEEE, Vol. 62, No. 1, pp. 322-331, 2015, January.