

3상 벡-부스트 DC-AC 인버터의 제어 및 구동에 관한 연구

한근우*, 정영국**, 임영철***, 오승열⁺, 김광현***
 삼성전자(주)*, 대불대학교**, 전남대학교***, 전자부품연구원⁺

A Study on the Control and Drives of Three-Phase Buck-Boost DC-AC Inverter

Keun-Woo Han*, Young-Gook Jung**, Young-Cheol Lim***, Seung-Yeol Oh⁺,
 Kwang-Heon Kim***

Samsung Electronics CO.,LTD*, Daebul University**, Chonnam National University***, KETI⁺

ABSTRACT

본 논문에서는 종전의 3상 H-브리지 PWM 인버터와 다른 토폴로지를 갖는 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터를 위한 제어 기법을 제안하였다. 이를 위하여 공간벡터 변조 방식(SVM : Space Vector Modulation) 및 PI 제어기를 벡-부스터 DC-AC 인버터에 적용하고 이를 PSIM 시뮬레이션 통하여 타당성을 검증하였다.

1. 서론

일반적인 H-브리지 PWM 인버터의 경우, 입력전압에 대하여 높거나 낮은 출력전압을 생성하기 위해서는 추가적인 DC-DC 컨버터가 필요하다. 이것은 인버터에 출력레벨을 결정짓는 요소로서 회로가 복잡해지고 비용이 상승하는 단점을 유발한다. 최근에는 이러한 단점들이 보완된 많은 전력변환 토폴로지들이 연구되고 있으며, 그 중 하나가 벡-부스트 DC-AC 인버터이다. 벡-부스트 DC-AC 인버터는 입력전압 대비 높은 출력전압을 발생할 수 있으며, 또한 피크 출력전압이 입력 전압의 크기에 영향을 받지 않고 자연스럽게 전압이 필터링 되므로 고조파 문제에 대해 고려하지 않아도 된다.

이러한 장점들을 바탕으로 본 논문에서는 벡-부스트 DC-AC 인버터를 3상 시스템으로 구성하고 그 구조와 특징을 설명한다. 또한 SVM 및 PI 제어기를 적용하고 이를 PSIM 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

2. 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터

3상 벡-부스트 DC-AC 인버터는 그림 1과 같이 3개의 벡-부스트 컨버터가 결합되어 있다. 각 상에는 120°의 위상차가 되도록 기준전압을 인가하는데, 이는 3상의 교류 출력전압이 부하에 공급되도록 하기 위함이다. 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터의 동작은 그림 2에 보이는 것처럼 한 개의 인버터 블록으로 간략화하여 설명할 수 있다.^[1]

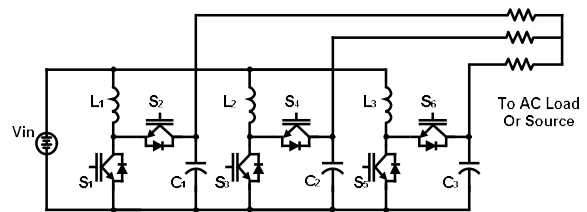
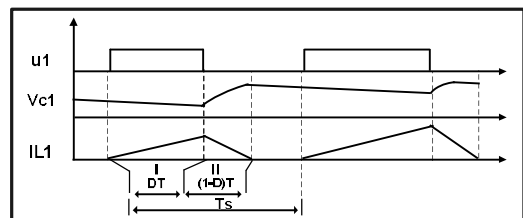


그림 1 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터
 Fig. 1 Three-phase buck-boost DC-AC Inverter

Mode	Simplified circuit	Equivalent circuit
1		
2		
3		

(a) operation modes



(b) output waveforms

그림 2 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터 등가회로
 Fig. 2 Equivalent circuit of three-phase buck-boost DC-AC inverter

모드 1 : 스위치가 u=1일 때, 인덕터 전류는 선형적으로 증가하고, 커패시터에 충전되었던 에너지는 부하에 공급

되며, 커패시터 전압은 감소한다.

모드 2 : 스위치가 $u=-1$ 일 때, 인덕터 전류는 커패시터와 부하를 통하여 흐른다. 이 때 커패시터가 재충전되는 동안 인덕터 전류는 감소한다.

모드 3 : 스위치가 $u=0$ 일 때, 인덕터는 완전히 방전된 상태이며, 재충전되었던 커패시터를 통하여 부하에 전류가 공급된다. 이러한 벡-부스트 DC-AC 인버터는 정상상태에서 식 (1),(2)와 같이 표현 될 수 있다.

$$V_o = 2V_a - 2V_{cl} , \quad \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{2D - G_m(1-D)}{1-D} \quad (1)$$

$$I_L = \frac{2D - G_m(1-D)}{(1-D)^2} \times \frac{V_{in}}{R} \quad (2)$$

G_m : maximum gain (V_{op}/V_{in})

V_{op} : peak output voltage

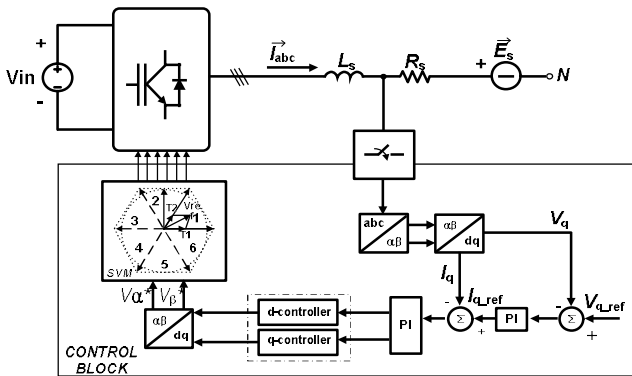


그림 3 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터 제어 블록도

Fig. 3 Control block diagram of three-phase buck-boost DC-AC inverter

그림 3은 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터 제어 블록도이다. 인버터에 각 상전압 V_{abc} , 상전류 I_{abc} 는 식(3),(4)의하여 d-q 변환된다.

$$f_d^s = \frac{2f_a - f_b - f_c}{3} = f_a, \quad f_q^s = \frac{f_b - f_c}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

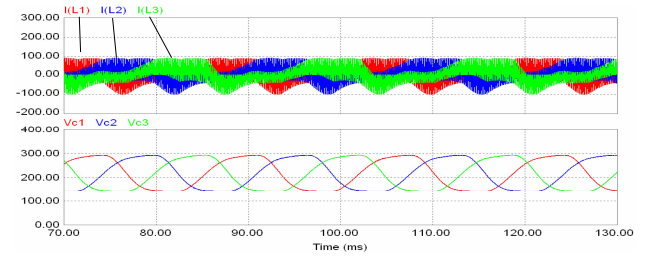
$$f_d^c = f_d^s \cos\theta + f_q^s \sin\theta, \quad f_q^c = -f_d^s \sin\theta + f_q^s \cos\theta \quad (4)$$

이렇게 구해진 좌표변환 값들은 PI제어기를 거쳐 지령전압 V_{ab}^* 을 발생한다. 이 지령전압에 의하여 최종적으로 SVM신호를 반복 생성하게 된다.

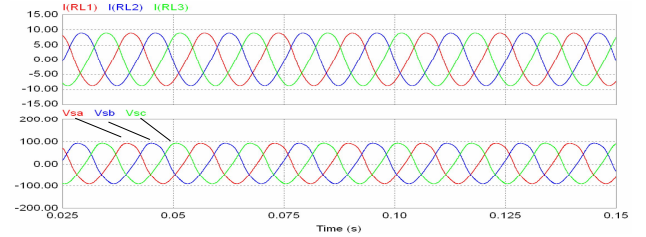
3. 시뮬레이션 결과

제안된 방법을 검증을 위해 PSIM 시뮬레이션을 하였다. 제어 시스템을 그림 3과 같이 구성 하였으며, 그림 1에 대한 시뮬레이션 파라미터로는 $L1 = L2 = L3 = 50[\mu H]$, $C1 = C2 = C3 = 500[\mu F]$ 이며, 부하는 저항으로 $10[\Omega]$ 이다. 스위칭 주파수는 $10[kHz]$ 이며 듀티비 $D=0.5$ 그리고 인버터 직류전압은 $100[V]$ 로 하였다. 그림 4는 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 그림 4(a)는 그림 1의 커패시터 전압과 인덕터 전류이며, 그림 4(b)는 출력 전류와 전압 파형을 나타낸다. 그림 5는 충전 3상 H-브리지 인버터와 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터의 직류전압의 변화에 대한 출력 전압을 나타내고 있다. SVM기반의 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터는 충전 H 브리지 인버터

에 비하여 약 2배 이상의 출력을 발생함을 알 수 있다.



(a) Capacitor voltage and inductor current



(b) Output current and voltage

그림 4 SVM기반 벡-부스트 DC-AC 인버터의 시뮬레이션 결과

Fig. 4 Simulation results of the SVM based buck-boost DC-AC inverter

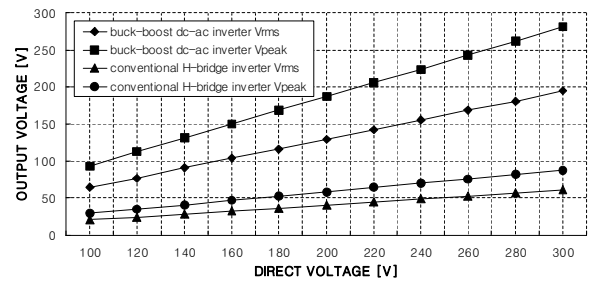


그림 5 H-브리지 인버터와 벡-부스트 DC-AC인버터의 출력전압 비교

Fig. 5 The comparison of output voltage of H-bridge inverter and buck-boost DC-AC inverter

4. 결론

본 논문에서는 SVM기반 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터의 출력특성을 PSIM 시뮬레이션을 통해서 살펴보았다. 인버터의 효율적인 구동 및 안정된 출력전압 제어를 위하여 SVM과 PI제어기를 사용하였다. 그 결과 SVM기반의 3상 벡-부스트 DC-AC 인버터는 안정한 출력전압을 발생하였으며, 별도로 컨버터 회로 없이 충전의 3상 H-브리지 인버터에 비하여 약 2배 이상의 출력전압을 얻을 수 있었다.

본 논문은 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업) 및 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No.2007-P-EP-HM-E-09-0000)

참고 문헌

[1] Almazan, J. Vazquez, N. Hernandez, C. Alvarez, J. Arau, J. "A comparison between the buck, boost and buck-boost inverters" Power Electronics Congress, CIEP 2000.VII IEEE International Page(s): 341- 346