

전압강하 보상을 위한 승압형 단상 인버터 시스템의 설계 및 구현

이승용, 서영민, 홍순찬
단국대학교 전자전기공학과

Design and Implementation of Boost Type Single Phase Inverter System for Compensation of Voltage Sag

Seung-Yong Lee, Young-Min Seo, and Soon-Chan Hong
Dept. of Electronics and Electrical Eng., Dankook University

ABSTRACT

In this paper, 300[W] class boost type single phase inverter system which can compensate voltage sag was designed. If the voltage sag has appeared in input voltage, the boost converter would be operated to compensate it. The system is designed for that the THD of output voltage is below 5[%] and steady state error of output voltage is below 1[%]. The system was verified through experiments.

1. 서론

본 논문에서는 전압강하를 보상할 수 있는 300[W]급 승압형 단상 인버터 시스템을 설계한다. 전압강하가 발생하면 부스트 컨버터가 이를 보상하여 인버터에 승압된 전압을 공급한다. 본 설계에 있어 인버터 출력전압 THD는 5[%] 미만, 출력전압 오차 1[%] 미만을 목표로 한다. 또한 본 논문에서 설계한 변수를 적용한 시스템의 실험을 통해 설계의 타당성을 검증한다.

2. 승압형 단상 인버터 시스템의 설계

2.1 승압형 단상 인버터 시스템

그림 1은 승압형 단상 인버터 시스템이다^[1]. 입력 전원은 배터리 또는 3상 220[Vrms]를 정류한 DC-bus를 대상으로 하며 공칭값은 DC 380[V]이다. 전압강하의 크기가 공칭값의 10[%]를 초과하였을 때 전압을 승압할 수 있는 부스트 컨버터와 직류링크 전압 V_{dc} 를 입력으로 하여 교류전압을 출력하는 인버

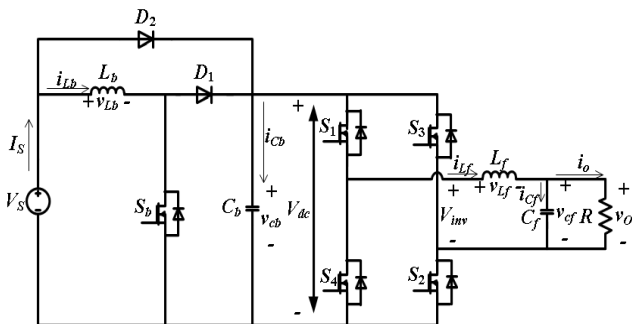


그림 1 승압형 단상 인버터 시스템
Fig. 1 Boost type single-phase inverter system

터 그리고 바이패스 다이오드 D_2 로 구성되어 있다.

승압형 인버터 시스템에서 보상할 전압강하의 최대 크기는 0.5[pu]이며^[1] 보상될 DC link 전압크기는 342[V]이다. 인버터 출력 주파수는 60[Hz]이며 220[Vrms]이다. 부스트 컨버터 및 인버터의 스위칭 주파수는 20[kHz]이다.

2.2 부스트 컨버터의 설계

그림 1의 회로에서 부스트 컨버터의 입출력전압관계는 식 (1)과 같다^[1].

$$\frac{V_{dc}}{V_S} = \frac{1}{1-D} \quad (1)$$

부스트 컨버터는 입력전압이 0.9[pu] 미만이 되는 경우에만 동작하며, 이때 V_{dc} 는 342[V]이다. 입력전압 V_S 의 변동범위를 0.5[pu]로 하였을 때 듀티비 D 를 구하면 0.444이다. 이에 따라 듀티비 범위는 $0.05 \leq D \leq 0.5$ 으로 제한한다.

인버터에서의 부하 전력 P_O 는 300[W]이다. 인버터에서 손실이 없다고 가정하고 식 (2)를 이용해 R_{inv} 를 구하면 390[Ω]이다.

$$R_{inv} = \frac{V_{dc}^2}{P_O} \quad (2)$$

전력소자는 전압정격 600[V], 전류정격 60[A]인 Fairchild 사의 SPM FPDB60PH60B를 선정하였다.

2.2.1 인덕터의 설계

부스트 컨버터에서 인덕터에 흐르는 전류가 연속이기 위한 최소 인덕터 값 $L_{b,min}$ 은 식 (3)과 같다^[2].

$$L_{b,min} = \frac{D(1-D)^2 R_{inv}}{2f} \quad (3)$$

식 (3)을 이용하여 $L_{b,min}$ 을 구하면 1.44[mH]이다. 본 논문에서는 여유를 두어 2.4[mH]로 설계한다.

2.2.2 커패시터의 설계

커패시터 C_b 의 최소값 $C_{b,min}$ 은 식(4)와 같이 설계한다^[2].

$$C_{b,min} = \frac{D}{Rf \left(\frac{\Delta V_{dc}}{V_{dc}} \right)} \quad (4)$$

DC link전압 342[V]에 맥동 1[%]를 고려하면 5.7[μ F]이다. DC link는 인버터에 전력을 공급해야 하므로 본 논문에서는 커패시터값에 여유를 두어 C_b 를 940[uF]으로 선정하였다.

2.3 인버터의 설계

전력소자는 Fairchild사의 600[V], 30[A] 정격을 갖는 SPM FSBB30CH60을 선정한다. FSBB30CH60은 3상용 SPM인데 그 중 2개의 암을 사용하여 H-Bridge를 구현할 수 있다.

2.3.1 LC 필터의 설계

인버터의 목표 THD는 5[%] 미만이다. 인버터 출력단의 고조파를 제거하기 위하여 LC 필터를 설계한다. LC 필터의 설계식은 식 (5)와 같다.

$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_f C_f}} \quad (5)$$

차단 주파수 f_c 는 1[kHz]로 선정하였으며, 식 (4)를 이용하여 L_f 는 1.8[mH], C_f 는 15[uF]를 선정하였다.

3. 실험

설계한 파라미터 값을 기준으로 300[W]급 시스템을 구성하였으며, 파라미터는 표 1과 같다.

표 1 실험 파라미터
Table 1 Experiment parameters

출력전압 v_o	220[Vrms]
부스트 컨버터 인덕터 L_b	2.4[mH]
DC link 커패시터 C_b	940[μ F]
인버터 필터 인덕터 L_f	1.8[mH]
인버터 필터 커패시터 C_f	15[μ F]
부하저항 R	161[Ω]
부스트 컨버터 스위칭 주파수 f_b	20[kHz]
인버터 스위칭 주파수 f_i	20[kHz]

그림 2는 입력전압에 200[ms]동안 0.5[pu]의 전압강하가 발생하였을 경우이다. 입력전압이 342[V]보다 낮게 되면 부스트 컨버터가 동작하여 이를 승압하며, 인버터 출력전압은 220[Vrms]로 일정하다.

그림 3은 입력전압이 190[V]일 때, 부하가 320[Ω]에서 161[Ω]으로 변화하였을 경우의 실험결과이다. DC link 전압에 출력 주파수 60[Hz]의 2배인 120[Hz]의 전압 맥동이 발생하였으며, 320[Ω]일 경우 DC link 전압에 약 3[V]의 맥동이 발생하였고 161[Ω]으로 증가하는 경우 약 5[V]의 맥동이 발생하였다. V_{dc} 의 오프셋 전압은 -342[V]이다. 부하가 변하는 시점에서도 DC link 전압을 342[V] 이상으로 안정적이며 인버터 출력전압

이 220[Vrms]로 일정하게 유지됨을 확인할 수 있다.

전력분석기 PM3300을 사용하여 승압형 단상 인버터 시스템의 출력전압, 전압 THD를 측정된 결과 출력전압 219.7[Vrms]으로 정상상태 오차는 0.14[%]이며, THD 2.746[%]으로 측정되었다. 이 값들은 출력전압에서 정상상태오차 1[%] 미만, THD 5[%] 미만의 설계 조건을 만족한다.

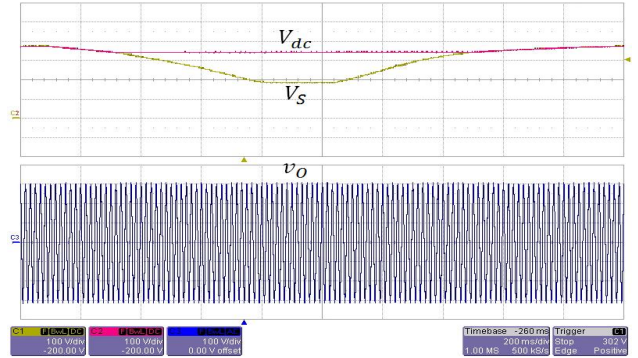


그림 2 0.5 pu 전압강하일 때의 실험 결과

Fig. 2 Experimental results when voltage sag is 0.5 pu
(Horizontal : 10 msec/div., Vertical : 100 V/div.)

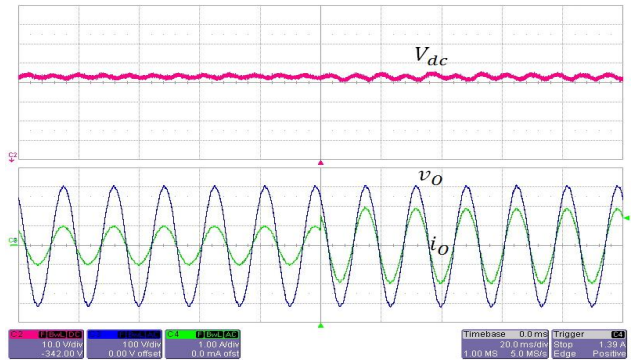


그림 3 부하 변화에 대한 실험 결과

Fig. 3 Experimental results for load change
(위 - Horizontal : 10 msec/div., Vertical : 10 V/div)
(아래 - Horizontal : 10 msec/div., Vertical : 100 V/div)

4. 결론

본 논문에서는 전압강하가 발생하였을 때 이를 보상하여 안정적인 출력을 유지할 수 있는 승압형 인버터 시스템에서 THD가 5[%] 미만, 크기 오차가 1[%] 미만이 되도록 설계하였다. 설계 조건을 적용하여 실험을 수행한 결과 시스템이 설계 조건을 만족함을 확인하였으며, 부하 변화가 발생하여도 인버터 출력이 안정함을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Seung-Yong Lee, Young-Min Seo, Myeong-Soo Kim, and Soon-Chan Hong, "Boost Type Inverter System for Compensation of Voltage Sag", International Conference on Power Electronics - ECCE Asia, pp. 2757-2762, 2011.
- [2] 홍순찬, 전희중, 백형래, 원충연, PSpice를 활용한 전력전자공학, 인터비전, 2005.