

ESS용 고효율 풀브리지 컨버터 및 인버터 설계

정재훈* · 이창우* · 최진구*

*한국산업기술대학교

Design of High-Efficiency Full-Bridge Converter and Inverter for ESS

Jae-Hun Jung* · Chang-woo Lee* · Jin-ku Choi*

*Korea Polytechnic University

E-mail : jungjh3451@kpu.ac.kr

요 약

기존의 컨버터에서 널리 사용되는 위상천이 풀브리지 컨버터(Phase-Shifted Full-Bridge Converter) 경우 입력 전원 변화에 출력 전압의 변동이 있는 경우 듀티 변화에 따른 Freewheeling 구간이 존재하게 되며 효율을 감소시키는 요인이 된다. 본 논문에서는 고효율을 요구하는 ESS 시스템에서 컨버터/인버터의 효율 향상 방안을 제시한다. Freewheeling 구간에서 ZVS(Zero Voltage Switching) 실패문제를 해결하기 위한 듀티 제어 기법을 사용하여 구현하였으며 실험 결과 효율을 향상시켰다.

ABSTRACT

A phase-shift full-bridge converter is widely used conventional converter. If the input power change in the variation of the output voltage, there is a time interval freewheeling according to a duty change. This is a factor of reducing the efficiency. In this paper, we propose a method for improving the efficiency of the converter/inverter systems that require high efficiency in the ESS. The proposed method was used for the duty control for solving the fail problem ZVS(Zero Voltage Switching) in Freewheeling interval. The proposed method was verified by experiments.

키워드

DC/DC Converter, Phase-Shifted Full-Bridge Converter, Zero Voltage Switching, DC/AC Inverter, Space Vector PWM

1. 서 론

태양광을 이용하여 에너지의 수요 및 공급을 관리하기 위해서는 에너지 저장시스템(Energy Storage System)이 널리 사용되는 기술이다. ESS는 저가에 생산된 에너지를 저장했다가 필요한 시기에 공급해주는 에너지 저장장치이다.

최근에는 저장장치로 리튬이차전기가 사용되며 배터리 충전 및 전력을 공급하기 위해서 컨버터와 인버터들이 이용되고 있다. 최근에는 전력규제에 따라 역률 보상을 위한 회로 및 고효율컨버터/

인버터를 요구하고 있다.

기존의 풀 브리지 컨버터 회로의 경우 스위칭 조건을 만들고 영 전압 스위칭으로 높은 효율을 얻을 수 있는 장점을 갖고 있으나, 출력전압의 변동에 따라서 전류가 환류하는 Freewheeling 구간이 존재하므로 컨버터 효율을 감소시키는 요인이 있다[1][2][3].

ZVS(Zero Voltage Switching) 풀 브리지 회로의 경우 ZVS 조건이 부하의 조건에 의해 좌우된다. 일정한 부하 이상에서 ZVS 조건이 만족하도록 설계할 경우 그보다 작은 부하에서는 ZVS 조건이 일부 실패하며 최악의 경우 무부하시에는

ZVS 스위칭이 100% 실패하고 스위칭 손실을 무시할 수 없다.

본 논문에서는 풀 브리지 회로로 구성하여 부티 변화에 따른 Freewheeling 구간 문제 및 무부하시 ZVS 스위칭 실패 문제를 해결하기 위하여 50% 듀티로 고정하는 제어기법을 사용하였다. 또는 2차측 정류 손실을 줄이기 위하여 Synchronous Rectifier를 위한 풀 브리지 정류회로를 사용하였다. 이를 바탕으로 컨버터의 효율을 향상시켰다.

II. ESS용 컨버터 및 인버터 시스템

ESS용 컨버터와 인버터의 구성은 그림1과 같다. 배터리에서 절연형 DC/DC 컨버터로 구성하였으며, 이는 배터리의 피크전류를 줄이기 위하여 풀 브리지 회로로 구성하였다.

풀 브리지 회로는 두 개의 하프 브리지 회로의 출력단자 사이에 부하를 접속한 것이다. 하프 브리지 회로에서 부하를 구동했을 경우에 비해 부하의 양단에 인가되는 전압이 2배이므로 부하에 공급되는 최대전력은 하프브리지 회로의 4배가 된다. 이와 같이 풀 브리지 회로로 하면 전원전압을 유효하게 이용할 수 있다.

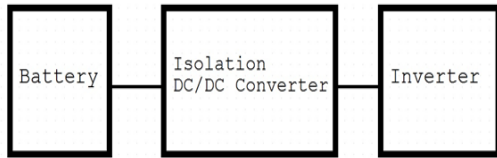


그림 1. 시스템 구성도

세부적인 컨버터와 인버터의 회로는 그림2에서 나타내었다. 1차측은 DC/DC컨버터와 Synchronous rectifier부로 구성되어 있으며, DC/AC 인버터에는 Space Vector PWM을 사용하여 3상을 제어하는 것을 마이크로컨트롤러로 구현하였다. 사용하는 마이크로컨트롤러는 Cortex-m3이다.

DC/DC 컨버터 제어는 마이크로컨트롤러의 Advanced-control timer인 timer1의 PWM CH1을 사용하였으며 CH2는 Center-aligned mode로 설정하고 서로 반대위상으로 동작하도록 TIM_OCMode_PWM1, TIM_OCMode_PWM2 채널을 설정하였다.

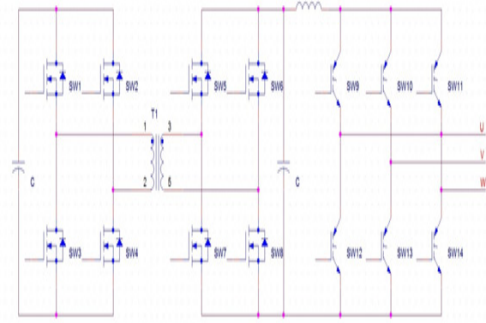


그림 2. 제안한 DC/DC 컨버터 및 DC/AC 인버터

그림2에서의 SW1과 SW4의 PWM제어에 CH1을 사용하였으며, SW2와 SW3의 PWM 제어에 CH2를 사용하였다. 고속포토크플러를 사용하여 SW5와 SW8을 제어하였다. 또한 SW6과 SW7도 마찬가지로 제어한다.

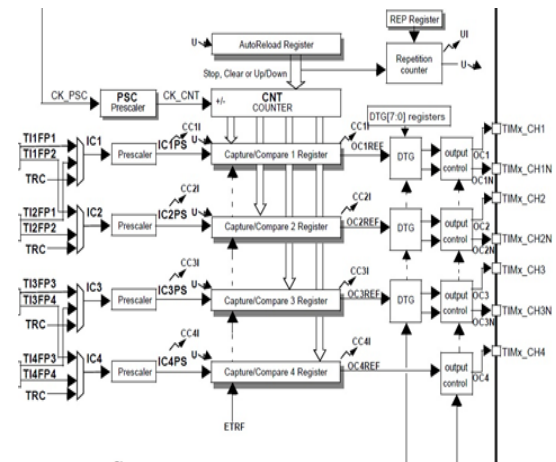


그림 3. Cortex-m3 Advanced-control timer 구성도

그림3은 Cortex-m3내부의 Advanced-control timer 구성도를 나타내었으며 각 타이머의 채널은 그림2의 SW를 제어한다.

III. 컨버터 및 인버터 구현

1차측은 마이크로컨트롤러의 입력전압, 전류, FET 스위칭 전류를 모니터링 한다. 2차측에서는 2차측 FET, 3상의 각 출력 전류 및 전압을 모니터링 한다.

2차측 출력전압은 인버터 측 마이크로컨트롤러

가 측정하여 매 1msec 주기로 상호 통신하여 그 값으로 Voltage PID를 통하여 버스트 모드 제어를 한다. 이를 통해서 효율을 향상시킨다. 듀티제어는 타이머에서 Deadtime을 설정하고 PWM-Duty로 변경하는 것으로 구현하였다.

```
PWM_Duty = (PWM_PERIOD / 2); // 50%
TIM1->CCR1 = PWM_Duty;
TIM1->CCR2 = PWM_PERIOD - PWM_Duty;
```

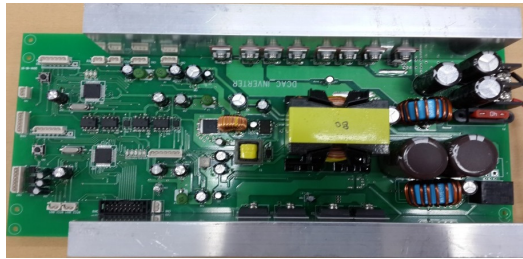


그림 4. DC/DC 컨버터 및 DC/AC 인버터 구현

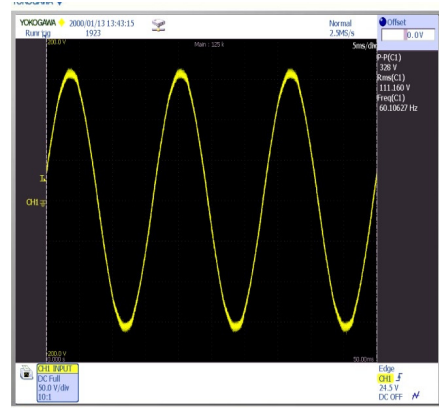


그림 6. 단상출력 파형(중성점)

IV. 시험

1차측 DC41V 입력시 T1 양단의 파형으로 50% 듀티로 zero voltage switching 상태를 아래 그림5에서 나타내었다.

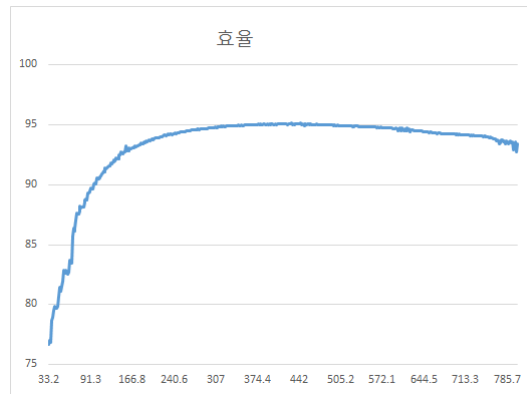


그림 7. 효율곡선

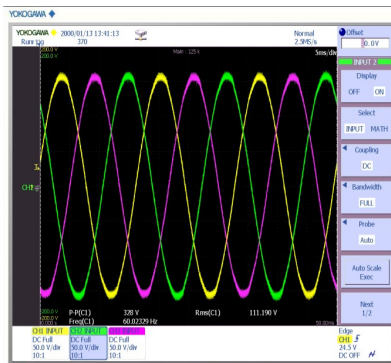


그림 5. 3상 출력파형(중성점)

그림7에서는 입력 전압에 대하여 효율을 나타내었다. 입력전압 210V이상에서 효율 94%이상을 유지하였으며 최대는 95.1%로 측정되었다.

V. 결론

본 논문에서는 고효율을 요구하는 ESS 시스템에서 컨버터/인버터를 구현하였다. Freewheeling 구간에서 ZVS(Zero Voltage Switching) 실패문제를 해결하기 위한 듀티 제어 기법을 사용하여 구현하였으며 실험 결과 효율을 향상시켰다. 또한 구현한 컨버터와 인버터의 효율 향상 방안을 제시 방법이 실험 결과 95%의 효율 향상을 실험을 통해 알 수 있었다.

본 논문은 충청광역선도단의 광역경제권선도 사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

- [1] Chen Zhao, Xinke Wu, Wei Yao, Zhaoming Qian, “Synchronous rectified Soft Switched Phase Shift Full Bridge converter with primary energy storage inductor”, IEEE APEC, pp.581-586, Feb 2008
- [2] C. Zhao, X. Wu, P. Meng, and Z. Qian, “Optimum Design Consideration and Implementation of a Novel Synchronous Rectified Soft-Switched Phase-Shift Full Bridge Converter for Low-Output-Voltage High-Output-Current Applications”, IEEE Trans. On Power Electronics, Vol.24, No.2, pp.388-397, February 2009.
- [3] B.Y. Chen and Y.S. Lai, “Switching control technique of phase-shift controlled full-bridge converter to improve efficiency under light load and standby conditions without additional auxiliary components”, IEEE Trans. On Power Electron., vol. 25, no. 4, pp. 1001 - 1012, 2010.