

다상부스트를 적용한 연료전지 발전시스템

유병훈, 이태원, 장수진, 이병국, 원충연
성균관대학교

A Fuel Cell Generation System with Interleaved boost converter

Byoung-Hoon Yoo, Tae-Won Lee, Su-Jin Jang, Byoung-Kuk Lee, Chung-Yuen Won
Sungkyunkwan University

ABSTRACT

In contrast with DC source, Fuel cell has non linear characteristics that has large voltage fluctuation due to load variation, and slow dynamic characteristics. when the loads are increase, the ripples of input and output voltage, also power densities, of inductor, capacitor, and switching devices, are bulky.^[1]

This paper presents Interleaved boost converter using Fuel cell stacks, proposed converter has merits to promote power densities without increasing loss. Because each converter has same switching frequency and constant phase difference. In this paper, Interleaved boost converter was design for 1[kW], it's validity was proved by simulation and experiments.

1. 서론

연료전지 발전시스템은 연료로부터 수소를 발생시키는 개질기, 전기화학 반응으로 직류를 발생시키는 스택 그리고 직류를 직류로, 직류를 교류로 변환시키는 전력변환기로 구성된다.^[2]

연료전지는 높은 효율을 가지며 환경오염이 적고 화석연료의 사용이 적다. 그러나 연료전지는 출력전압이 낮기 때문에 승압용 전력변환기가 필수적이다. 현재 개발 중인 연료전지 중 MCFC의 경우 출력전압이 평균 100[Vdc] 이므로 이를 상용 계통에 연계하기 위해선 DC-DC 승압 또는 AC-AC 승압 방식이 필요하다.

연료전지의 경우 저전압 형태이기 때문에 현재 개발 중인 MCFC (250kW)의 경우 출력전류가 1000[A] 이상인 시스템 이므로 컨버터의 구조는 병렬형이 적합하다. 또한 부하의 증가에 따라 입력전류 맥동과 출력전압 맥동을 증가시켜 인덕터와 커패시터, 스위치 등의 전력변환 소자의 용량 증가를 불가피하게 한다.

아울러 연료전지의 경우 출력전류의 리플에 대한 제한사항이 있으므로 컨버터의 입력 리플을 저감시킬 수 있는 다상부스트 컨버터를 발전시스템에 적용하였다.

본 논문에서는 저전압·대전류 형태의 연료전지를 승압하기 위해 1차로 DC-DC 승압을 하고 2차로 AC-AC 승압하는 방식을 적용하였다. 1차로 승압하기 위한 컨버터는 다상 부스트 컨버터를 적용하였으며, 승압된 직류를 인버터로 교류로 변환한

다음 변압기로 승압하는 방식을 제안한다.

본 논문에서는 축소모델 1[kW]급 연료전지 발전시스템을 구성하여 시뮬레이션과 실험을 통해 타당성을 검증하였다.

2. 다상부스트 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템

2.1 다상부스트 컨버터

다상부스트 컨버터의 기본구성은 그림 1과 같다. 각 상은 스위치와 다이오드로 구성되며 상의 수는 N이다. 스위치의 동작은 상순으로 동작되며 신호는 1/N 만큼 위상지연되어 턴-온된다.

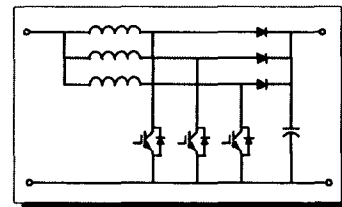


그림 1 다상부스트 컨버터
Fig. 1 Interleaved boost converter

따라서 리플 성분에 영향을 많이 받는 연료전지의 경우 다상 부스트 컨버터를 이용한다면 $\tau(=T/N)$ 만큼 위상차를 가지기 때문에 적은 맥동을 가진 출력전류를 얻을 수 있다. 단상 부스트 컨버터에 비해 상전류는 입력전류의 1/N배 만큼 줄어 인덕터와 커패시터, 스위치 등의 전력변환 소자의 스트레스를 줄일 수 있다.^{[1][3][4]} 그림 2는 스위치 신호, 인덕터 전류, 입력전류에 대한 각부 파형을 나타낸다.^[5]

2.2 연료전지 발전시스템 구성

그림 3은 다상 부스트 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템을 나타낸다. 연료전지의 출력전압을 1차로 승압 (100[Vdc])하기 위한 다상 부스트 컨버터와 승압된 직

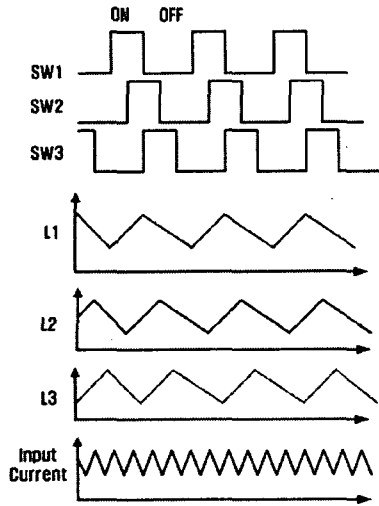


그림 2 스위치 신호, 인덕터 전류, 입력전류
Fig. 2 Switch stastes, inductor currents, and input current

류 출력 전압을 교류 (60[Hz])로 변환시켜주기 위한 단상 인버터, 단상 인버터 출력전압을 220[Vac]로 승압시켜 주기 위한 변압기로 구성된다.

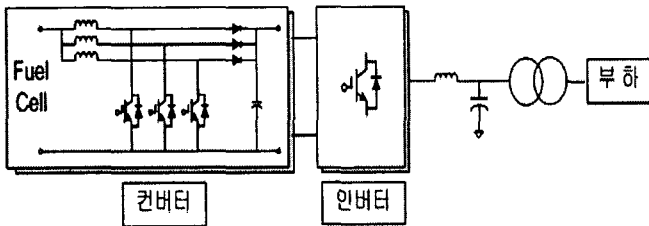


그림 3 전체 시스템
Fig. 3 Interleaved boost converter

표 1은 본 논문에서 설계·제작한 다상 부스트 컨버터의 파라미터를 나타낸다^[6].

표 1 다상 부스트 컨버터의 파라미터
Table 1 Parameters of interleaved boost converter

파라미터	정 격
입력전압	28~50[Vdc]
출력전압	100[Vdc]
용량	1000[W]
스위칭 주파수	10[kHz]
인덕터	3.1[mH]
커패시터	940[μF]

3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 설계값을 적용하여 구성하였으며, 다상 부스트 컨버터의 경우 표 1과 같다. 인버터의 스위칭 주파수는 4.5[kHz]이며, 인버터 출력을 승압하기 위한 변압기의 권선비는 1:3.5이다.

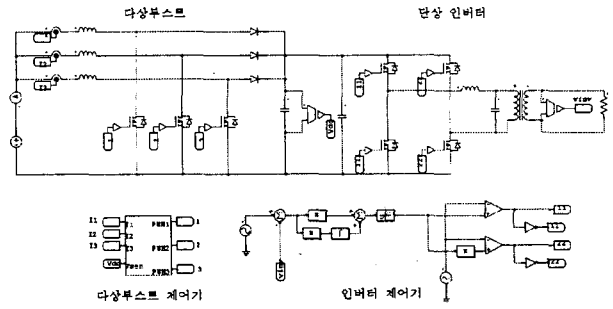


그림 4 연료전지 발전시스템 시뮬레이션 회로도
Fig. 4 Simulation schematic of the fuel cell generation systems

그림 4는 본 논문에서 제안한 연료전지 발전시스템 시뮬레이션 회로도이다. 연료전지의 입력은 직류전원으로 모사하였으며 전 입력범위에 걸쳐 시뮬레이션 하였다. 직류전원을 다상 부스트로 승압을 하고 인버터로 AC 변환을 한 후 변압기로 최종 승압을 하게 된다.

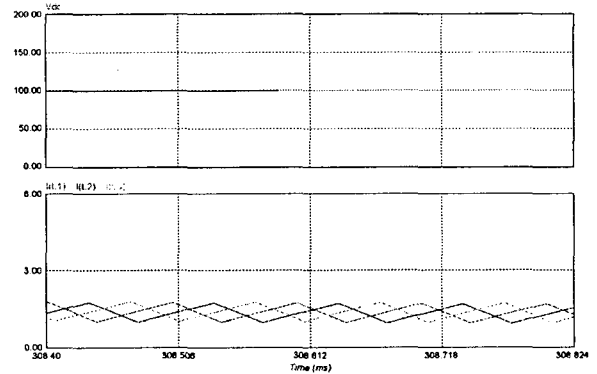


그림 5 컨버터 출력전압, 컨버터 인덕터 전류
Fig. 5 Converter output voltage, inductor current

그림 5는 다상 부스트 시뮬레이션 파형을 나타낸다. 위의 그림은 컨버터 출력전압을 나타내며, 아래 그림은 3상으로 구성 되어진 컨버터의 각 단위 컨버터 인덕터 전류를 나타낸다.

3개의 스위치가 120도의 위상차를 가지고 있으므로 전체적인 입력 전류 리플은 단상 컨버터에 비해 1/3배 감소하게 된다.

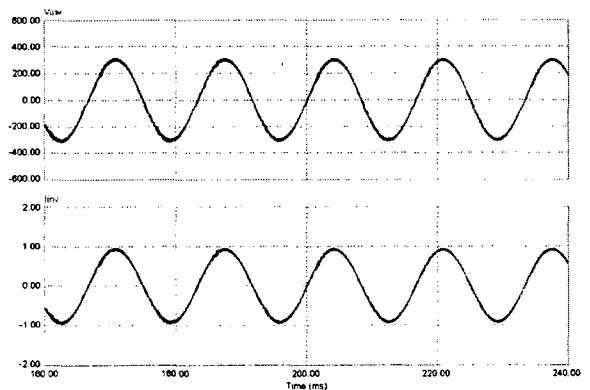


그림 6 변압기 출력전압전류 파형
Fig. 6 Output waveform of the transformer

이 논문은 한국 전력 연구원에서 지원된 과제의 일환으로 수행된 연구 결과입니다.

그림 6은 다상 부스트 컨버터에 의해 100[Vdc]로 승압된 출력을 입력으로 받아 인버터로 교류변환 후 변압기로 승압한 변압기 출력전압·전류 파형을 나타내고 있다. 안정적으로 220[Vac], 60[Hz]를 제어하고 있음을 확인할 수 있다.

4. 실험 결과

그림 7은 다상 부스트 컨버터의 전류 파형을 나타낸다. 위의 파형은 단위 부스트 컨버터의 인덕터 전류를 나타내며, 아래 파형은 단위 컨버터로 분할되기 전의 입력전류 파형을 나타낸다. 단위 컨버터의 1/3에 해당되는 리플만이 입력전류에 나타남을 확인할 수 있다.

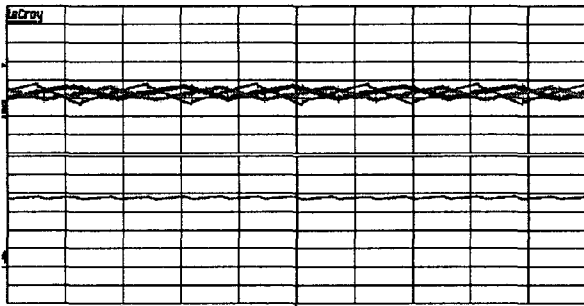


그림 7 단위 부스트 컨버터 인덕터 전류, 컨버터 입력 전류
Fig. 7 Unit boost converter inductor current, converter input current. (1A/div, 50us/div)

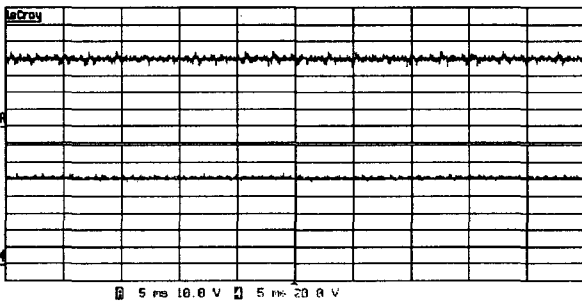


그림 8 컨버터 입력전압 (10V/div, 5ms/div)
컨버터 출력전압 (20V/div, 5ms/div)
Fig. 8 Converter input/output voltage

그림 8은 다상 부스트 컨버터의 입력전압과 출력전압 파형을 나타낸다. 출력전압 파형이 입력전압에 대해 승압되어 출력됨을 확인할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 저전압·대전류 형태의 연료전지를 승압하기 위해 1차로 다상 부스트 컨버터를 적용하였으며 2차로 AC-AC 승압하는 방식을 적용하였다. 인버터에 의해 교류로 변환된 전압은 변압기로 승압하는 방식을 제안하였다.

1[kW]급 연료전지 발전시스템을 구성하여 시뮬레이션과 실험을 통해 확인하였다.

참고 문헌

- [1] 이수환 “다상 교호 승압컨버터의 모델링 및 정상 상태 해석,” 석사 학위 논문, 2004
- [2] 최세완 “연료전지 발전시스템에서 전력전자 기술,” 전력전자학회지 제 8권, 제4호, pp 30 ~ 35, 2003.
- [3] 김지민 “연료전지 시스템에서 커플링 인덕터를 사용한 인터리브드 부스트 DC/DC 컨버터,” 석사 학위 논문, 2004.
- [4] 김윤호 “고전력 연료전지 시스템을 위한 커플링 인덕터를 사용한 DC/DC 부스트 컨버터,” 전력전자 학술대회, pp489 ~ 493, 2004
- [5] Laszlo Balogh “Power-factor correction with interleaved boost converters in continuous-inductor-current mode,” Proceedings of the IEEE, pp 168-174, March 1993.
- [6] 김희준 “스위칭 전원의 기본 설계” pp 36 ~45, 2002.