

LabVIEW를 이용한 연료전지 발전시스템용 다상부스트 컨버터

(Multi-Phase Interleaved Boost Converter for Fuel Cell Generation System using LabVIEW)

박소리*, 장수진*, 원종연*, 김수석**

(So-Ri Park*, Su-Jin Jang*, Chung-Yuen Won*, Soo-Seok Kim**)

(성균관대학교*, 서울산업대학교**)

Abstract

In the development of paralleling techniques, Multi-Phase Interleaved(MPI) converter constitutes one of the most promising alternatives reported in the last years. This technique consists of a phase shifting of the control signals of several cells in parallel operating at the same switching frequency. As a result, the aggregated input and output current waveform exhibit lower ripple amplitude and smaller harmonics content than in synchronous or stochastic operation modes.

Based on the inherent advantages of the MPI converter, in this paper, a control scheme, which can reduce current and voltage ripple, is proposed for PEMFC generation systems. The MPI boost converter is composed of several identical boost converters connected in parallel.

1. 서론

최근 지구 환경 문제와 화석연료 에너지원의 부존자원 고갈이라는 문제점이 대두되고 있다. 이에 따라 환경 오염이 적고 무한정한 연료전지 발전시스템을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

연료전지 발전시스템은 크게 연료 개질기 및 주입장치, 연료전지 스택, 전력변환기 부분으로 나누어진다. 또한 연료전지 발전시스템은 부하의 변화에 따라 넓은 전압 변동 폭을 가지고 저전압 대전류 출력특성을 지닌다.[1]

연료전지는 기존의 직류 전원과는 달리 강한 비선형성을 가지고 부하 증가에 따라 입력전류와 출력전압의 리플을 증가시켜 인덕터와 커패시터, 스위치 등의 스트레스를 증가 시키게 된다.

따라서 전력변환기의 경우 기존에 사용하던 전력 변환장치를 연료전지에 직접 연결하는 데는 문제점 및 어려움을 지니게 된다. 따라서 연료전지 발전시스템에 적합한 전력변환기의 설계가 필수적이다.[1]

본 논문에서는 이러한 연료전지의 단점을 개선하고자 컨버터의 입력 리플을 저감 시키고 대전류에 따른 스위칭 소자의 전류 스트레스를 줄이는데 적합한 다상 부스트 컨버터를 적용하였다.

연료전지의 출력전압이 낮으므로 상용 부하에

적용하기 위해서 별도의 승압이 필요하므로 다상 부스트 컨버터의 적용이 적합하다.

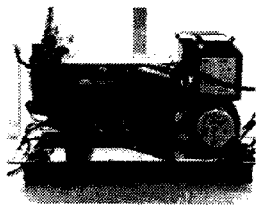
또한 본 논문에서는 기존의 연료전지의 출력과 다상 부스트 컨버터의 입출력 단에 National Instrument社의 LabVIEW를 사용하여 실시간 모니터링을 수행하였다. 따라서 시스템의 이상이 있을 경우 모니터링 시스템을 이용하여 감지 할 수 있으며 연료전지 발전시스템의 발전 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.

본 논문에서는 PEMFC 1[kW]급 연료전지 발전시스템을 모니터링 함으로서 안정적인 발전시스템을 구성하였다.

2. LabVIEW를 이용한 연료전지 발전시스템용 다상부스트 컨버터

2.1. 다상 부스트 컨버터

다상부스트 컨버터의 기본 구성은 그림 2와 같고 부스트 컨버터가 N개로 구성된다. 각 상은 인덕터와 스위치, 다이오드로 구성되어 있으며 스위치의 개수를 N이라 하면 상수는 N상이 된다. 스위치는 PWM 신호에 의해 S₁, S₂, S₃의 순서로 턴온되고 스위치의 게이트 신호는 스위칭 신호 주기의 $\frac{1}{N}$ 배 만큼 위상이 지연되게 된다.



1.2kW Ballard Maxa Power Module

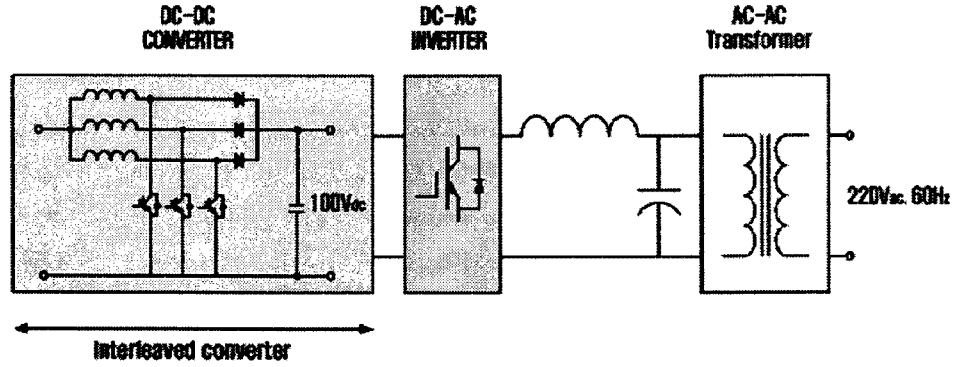


그림 1. 연료전지 발전시스템
Fig. 1 Fuelcell generation system

따라서 입력단 전류는 $\frac{1}{N}$ 배 만큼 줄어들게 되어 각 상을 구성하는 소자들의 전류 부담이 이루어져 전류 스트레스가 줄어들게 된다.(2-3)

그림 1은 1.2[kW]급 PEMFC를 적용한 연료전지 발전 시스템 전체 구성도를 나타낸다. 본 논문에서는 저주파 승압변압기를 적용하였다.

2.2. LabVIEW를 통한 모니터링

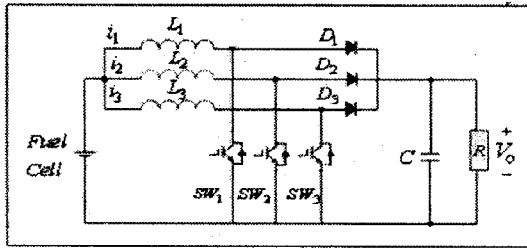


그림 2. 다상부스트 컨버터의 기본 회로
Fig. 2 The circuit of interleaved boost converter

다상부스트 컨버터는 N개의 부스트 컨버터가 병렬로 구성되며 컨버터의 스위칭 주기가 동일 되고 각 상위 스위치가 일정한 위상차를 가지기 때문에 단일 컨버터의 용량 감소 및 입/출력 리플을 저감 시킬 수 있다.

연료전지 발전 시스템의 실시간 시스템을 구성하기 위해 National Instrument사의 LabVIEW를 사용하여 그래픽 형태로 프로그래밍 하였다.

또한 각 상의 전류를 전류 센서를 통해 입력받아 그래프에 나타내고 상한치를 두어 기준값 이상의 전류가 흐르게 되면 과전류 탐지기가 작동한다.

과전류 탐지기가 작동되게 되면 모니터링용 프로그램의 LED가 점등되면서 경보음이 울리게 되고 각 상의 스위치는 모두 턴 오프 하게 된다.

출력전압은 그래프 형태로 표시되며 실시간으로 데이터가 출력된다.

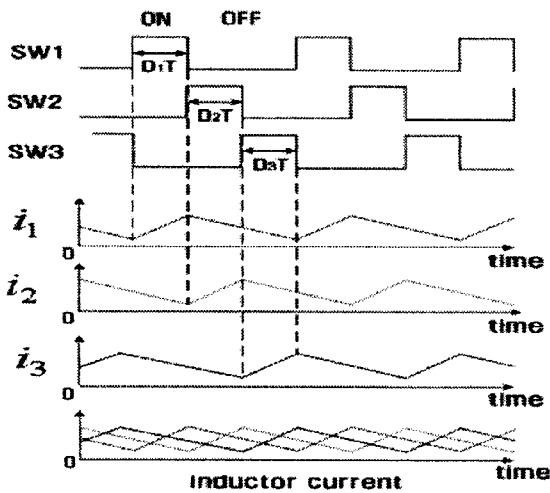


그림 3. 각상의 스위칭 신호와 전류파형
Fig. 3 Switching signals and current waveforms

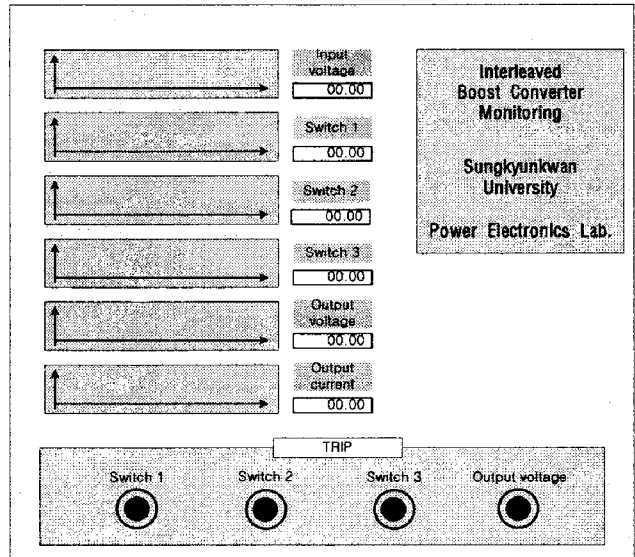


그림 4. 모니터링 전면부 패널
Fig. 4 The monitoring system panel

그림 4는 모니터링 시스템의 전면부 패널을 나타낸다.

2.3. 단상 풀 브리지 인버터

그림 5는 본 논문에서 제안한 연료전지 발전시스템 중 승압된 DC link 전압을 교류전압으로 변환하기 위한 단상 풀 브리지 인버터를 나타내고 있다.

부하 변동에 대한 인버터의 출력전압(220[Vac], 60[Hz]) 제어는 DSP(TMS320C31)를 사용하였다.

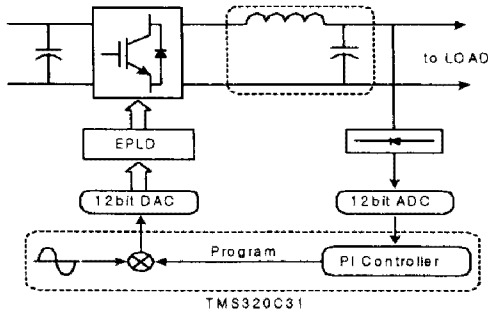


그림 5. 단상 풀 브리지 인버터의 제어블록도

Fig. 5 The block diagram of single-phase full bridge inverter

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

표 1은 본 논문에서 사용한 설계 파라미터를 나타낸다.

표 1. 파라미터

Table. 1 Parameter

파라미터	정격
입력전압	25 ~ 50 [V _{dc}]
인덕터	3.6[mH]
커패시터	940[μF]
출력전압	100[V _{dc}]
출력정격	1[kW]
스위칭 주파수	50[kHz]

그림 6은 다상부스트 컨버터와 인버터를 적용한 시뮬레이션 회로도를 나타낸다.

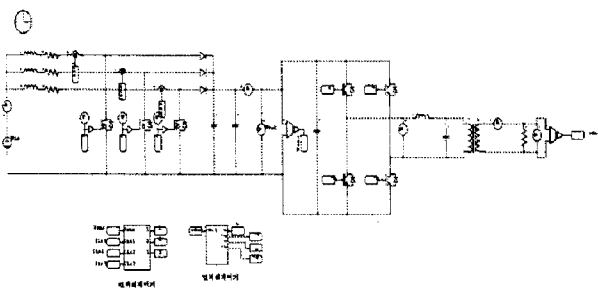


그림 6. 다상 부스트 컨버터의 시뮬레이션 회로도

Fig. 6 Simulation circuit of interleaved boost converter

다상부스트 컨버터의 출력에 인버터를 연결하여 교류 전압을 만들고 승압 변압기로 220[Vac] 60[Hz]의 상용전원이 출력된다. 인버터의 스위칭 주파수는 4.5[kHz]로 동작한다.

컨버터와 인버터 각각의 제어기는 서브서킷 내에 구성하였으며 컨버터는 전압제어기와 전류제어기를 이중으로 구성하였다.

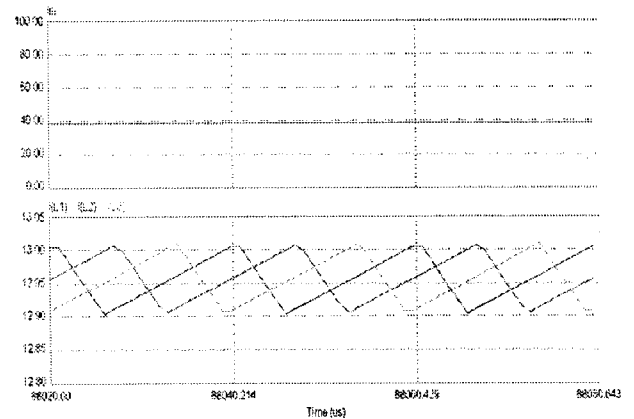


그림 7. 입력전류와 상 전류 파형

Fig. 7 Input current and phase current waveforms

그림 7은 입력전류와 각 상의 전류 파형을 나타낸다. 각 상의 전류는 스위칭에 의해 동일한 크기의 120°씩 지연된 파형이 나타난다. 입력전류는 각 상 전류에 따라 리플이 $\frac{1}{3}$ 배 저감된다.

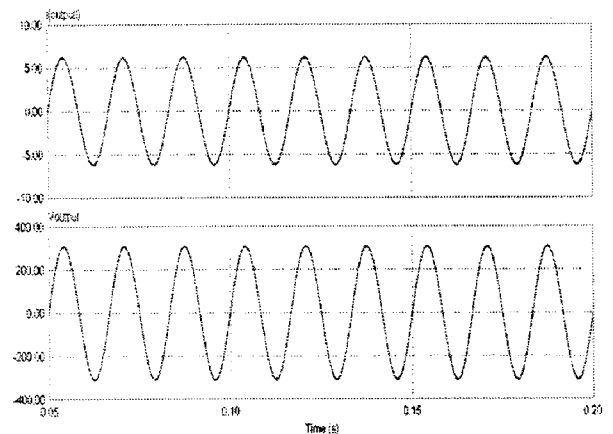


그림 8. 변압기의 출력 전류와 출력전압 파형

Fig. 8 Output current and voltage waveforms of transformer

인버터를 통해 출력된 전압을 승압변압기를 통해 상용전원으로 변환한다. 그림 8은 변압기의 2차측 전압이 220[Vac], 60[hz]로 출력되고 있음을 나타낸다.

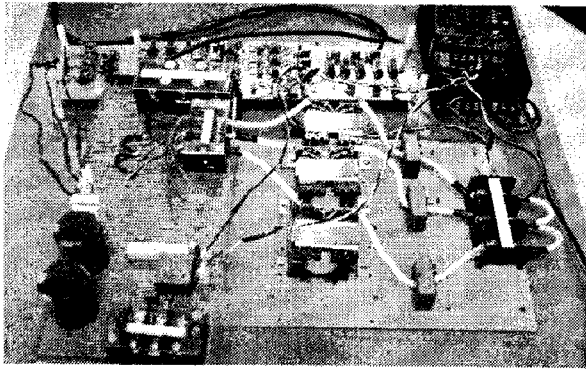


그림 9. 연료전지발전 시스템용 다상 부스트 컨버터
Fig. 9 Multi-phase interleaved boost converter for fuel cell generation system

그림 10과 11은 다상부스트 컨버터 입력전류, 각 상의 인덕터 전류와 컨버터 출력전압, 연료전지 출력전압을 나타내고 있다.

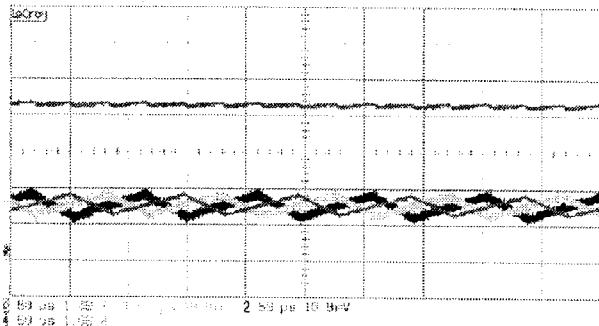


그림 10. 다상부스트 컨버터 입력전류, 인덕터 전류
(1A/div, 50μs/div)

Fig. 10 Interleaved boost converter input and inductor current

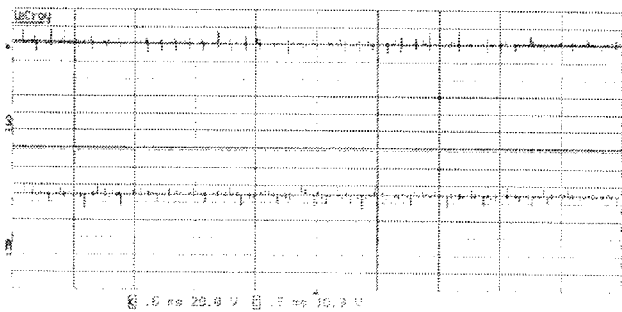


그림 11. 컨버터 출력전압, 연료전지 출력전압
(20V/div, 10V/div, 5ms/div)

Fig. 11 Converter and Fuel-cell output voltage

그림 10에서 각 상의 인덕터 전류가 120°의 위상차를 지니며 동일한 크기로 흐르고 있으며 각 상의 전류가 평균적으로 제어 됨을 확인할 수 있다.

그림 11에서는 연료전지의 출력전압이 다상부스트 컨버터에 의해 100[V]로 승압되고 있다.

4. 결론

본 논문에서는 연료전지 발전 시스템에 다상부스트 컨버터를 구성하였다.

제안된 시스템은 컨버터의 각부 파형을 LabVIEW로 모니터링하여 실시간 감시 시스템을 적용하였다.

1[kW]급 발전시스템을 통하여 제안된 시스템을 분석하였고 컨버터의 출력전압을 인버터를 통하여 교류로 변환한 뒤 220[Vac]로 승압하였다.

발전시스템의 각 부 파형을 실시간으로 모니터링하고 과전류/과전압이 발생할 경우 경고 장치를 작동시켜 안정적인 시스템을 구성하였다.

본 과제(결과물)는 산업자원부의 출연금으로 수행한 특성화대학원사업의 연구결과입니다.

참고 문헌

- (1) 유병훈, 이태원, 장수진, 이병국, 원충연, "다상부스트를 적용한 연료전지 발전시스템", 전력전자 학술대회 논문집, pp.19~21, 2006.
- (2) 민병선, 박남주, 현동석, "Interleaved 부스트 컨버터의 새로운 전류 분배 기법", 전력전자 학회 논문집 제12권 2호 2007년 4월.
- (3) Roberto Giral, Luis Martinez-Salamero, and Sigmond Singer, "Interleaved Converters Operation Based on CMC", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 14, NO. 4, JULY 1999.