

단일 변압기를 사용한 SEPIC-Flyback 컨버터의 연료전지 발전 시스템

강구삼, 장수진, 이태원, 김수석*, 원충연
성균관대학교, 서울산업대학교*

A Fuel Cell Generation System of SEPIC-Flyback Converter using a Single Transformer

K.S.Kang, S.J.Jang, T.W.Lee, S.S.Kim*, C.Y.Won
Sungkyunkwan University, Seoul National University of Technology*

ABSTRACT

In this paper, a new SEPIC-Flyback converter with a single transformer has been proposed, which is suitable for a fuel cell based power generation system. The proposed converter is superposition of sepic and flyback converter mode. It has outstanding high boosting output voltage, component utilization and high efficiency characteristics under the inherently severe low output voltage of the fuel cell generator. The proposed converter for a full cell generator is described and verified by simulation and experimental result that make used of the Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell (PEMFC) Generator.

1. 서론

최근 급격한 전력수요 증가에 따른 전원확보, 환경문제에 따른 CO_2 규제 등을 해결하기 위하여 공해요인이 적으며 에너지 변환 효율이 높은 새로운 발전 방식인 분산형 전원에 대한 관심이 증가되고 있다. 그 중 연료전지 발전시스템은 연료가 가지고 있는 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 직접 발전 방식이다.

에너지 효율이 높아 CO_2 배출량을 획기적으로 줄일 수 있고, 연소과정이 없어 오염 물질 발생이나 소음, 진동 등 공해요인이 적기 때문에 관심을 모으고 있다.^[1]

본 논문에서는 새로운 형태의 SEPIC-Flyback 컨버터를 이용한 연료전지 발전 시스템을 제안하였다.

SEPIC-Flyback DC-DC 컨버터로 500W급 연료전지 발전시스템에 연결하여 시뮬레이션 및 실험을 하였다.

2. 능동 클램프 SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전 시스템

본 논문은 단일 변압기를 사용하여 새로운 형태의 Active clamp SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전 시스템을 제안하였다. 그림 1은 연료전지 발전 시스템의 DC-DC 컨버터에 적용된 SEPIC-Flyback 컨버터를 나타내고 있다. 단일 변압기로 SEPIC 컨버터와 Flyback 컨버터를 구현함으로써 변압기의 활용율과 에너지 전달 밀도를 높여 변압기 권수비를 줄이는 잇점을 가지고 있다. 사용된 SEPIC-Flyback 컨버터는 시비율에 따라 승압 및 강압의 동작을 구현할 수 있는 벡-부스트 컨버터와 비슷한 동작 특성을 갖는다.^[2]

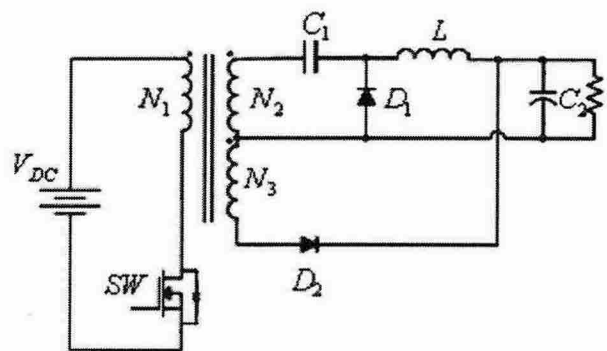


그림 1. SEPIC-Flyback 컨버터
Fig.1 SEPIC-Flyback converter

본 논문에서 제안된 연료전지 발전 시스템은 단일 변압기를 이용한 SEPIC-Flyback 컨버터를 적용하여 연료전지의 출력 전압을 승압하고 풀 브리지 인버터를 사용하여 교류 전압을 얻었다.

그림 2는 능동 클램프 SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전 시스템의 구성도를 나타내고 있다. 이 구성도에서는 SEPIC-Flyback 컨버터를 능동 클램프 SEPIC 컨버터와 능동 클램프

Flyback 컨버터를 조합시켜 구성하였으며, 1 차측을 병렬구조로 두개의 SEPIC-Flyback 컨버터를 구성하였고, 2 차측을 직렬로 연결함으로써 변압기의 권수비를 줄임과 동시에 주 스위치 및 보조스위치의 스트레스를 줄였다.

아울러 효율 개선을 위해 능동 클램프 회로를 추가함으로써 효율 개선을 하였다. SEPIC 컨버터와 Flyback 컨버터를 조합해서 만든 능동 클램프 SEPIC-Flyback 컨버터는 변압기, 스위치(MOSFET), 그리고 능동 클램프 회로로 구성된다.

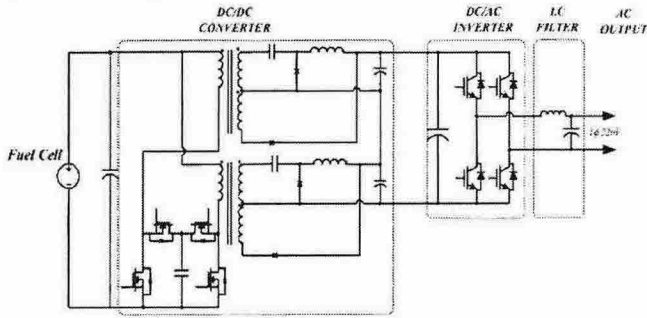


그림 2. 연료전지 발전 시스템 구성도

Fig.2 Configuration of a fuel cell generation system

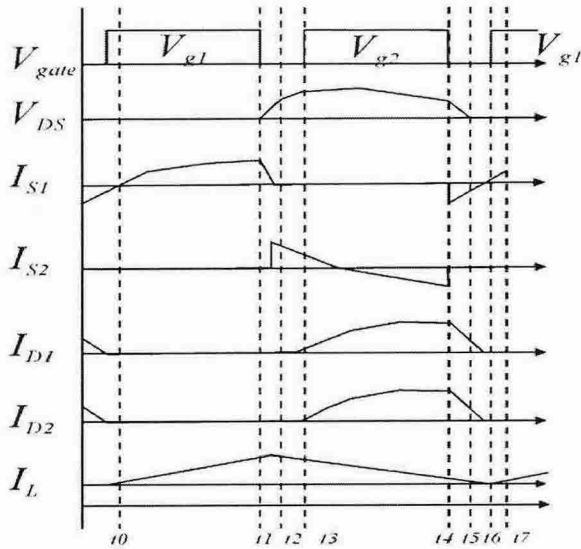


그림 3. 능동 클램프 SEPIC-Flyback 컨버터의 파형
Fig.3 Waveform of the active clamp SEPIC-Flyback converter topology

그림 3은 주 스위치 및 보조 스위치에 가해지는 Gate 신호 V_{g1} , V_{g2} , 주 스위치의 드레인-소스간 전압 V_{DS} , 주 스위치의 흐르는 전류 I_{S1} , 보조 스위치에 흐르는 전류 I_{S2} , 2차측 다이오드 D_1 , D_2 를 통해 흐르는 전류 I_{D1} , I_{D2} , 그리고 인덕터를 통해 흐르는 전류 I_L 을 각각 나타내고 있다.

3. 시뮬레이션 및 실험 결과

본 논문에서 제안된 시스템을 PSIM 6.0을 사용하여 시뮬레이션 하였고, 실제 실험에서는 시뮬레이션의 연료전지 부분을 PEMFC(1.2kW Ballard Nexa Power Module)를 사용하여 실험하였다. SEPIC-Flyback 컨버터의 스위칭 주파수는 100kHz 이고, 풀 브리지 인버터의 스위칭 주파수는 4.5kHz로 하였다. 부하로는 저항 부하를 사용하였다.

그림 4는 제안한 시스템의 시뮬레이션 모델링은 나타내고 있다.

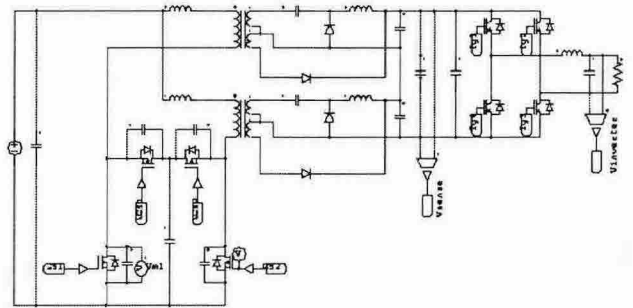


그림 4. 제안한 연료전지 발전 시스템의 시뮬레이션 모델링
Fig.4 Simulation schematic of the proposed fuel cell generation system

그림 5는 본 시스템에 사용된 SEPIC-Flyback 컨버터에 대하여 각각 gate 신호, 주 스위치의 전압과 전류, 보조 스위치의 전압과 전류, 인덕터 전류, 그리고 컨버터의 출력 전압을 나타낸다.

그림 6은 인버터의 출력 전압과 전류파형을 나타낸다. 그림7은 연료전지에서 출력되는 전압과 전류를 나타낸다.

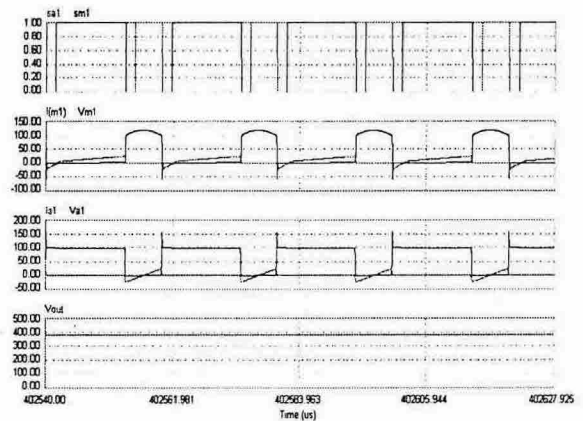


그림 5. SEPIC-Flyback 컨버터의 시뮬레이션 파형
Fig.5 Simulation waveform of SEPIC-Flyback converter

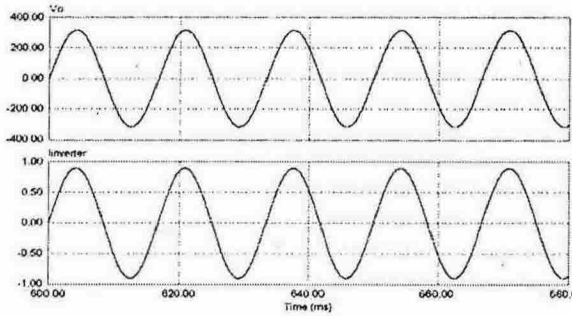


그림 6. 풀 브리지 인버터의 출력 파형
(위:전압, 아래:전류)

Fig.6 Output waveform of the full bridge inverter
(top : voltage, bottom : current)

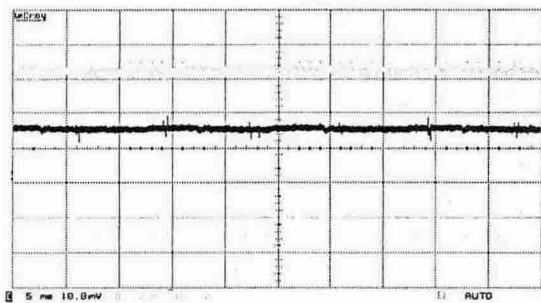


그림 7. 연료전지 발전기의 출력 전압 및 전류
(위: 전압[10V/div], 아래: 전류[5A/div,5ms/div])
Fig.7 Output voltage and current waveform of the PEMFC generator.

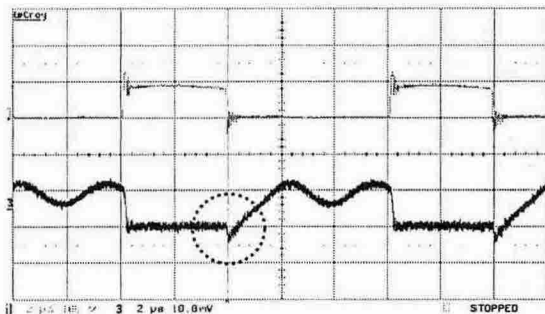


그림 8. 컨버터의 주스위치 파형
(위: VDS[100V/div], 아래: IDS[5A, 2us/div])
Fig.8 Voltage and current waveform of the main switches

그림 8는 SEPIC-Flyback 컨버터의 주 스위치의 드레인-소스간 전압과 전류파형을 나타낸다.

이러한 결과로부터 시뮬레이션 파형과 동일하게 스위치 턴-온 시 ZVS 동작을 함을 알 수 있다.

그림9는 인버터의 출력을 나타낸 것으로서 제안한 발전시스템의 최종 출력파형을 나타낸다.

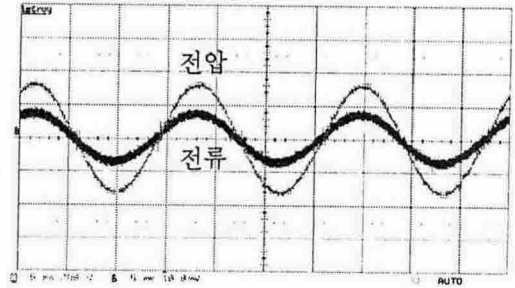


그림 9. 풀 브리지 인버터의 출력 전압 및 전류
(위: 전압[200V/div], 아래: 전류[1A,5ms/div])
Fig.9 Output voltage and current of the inverter

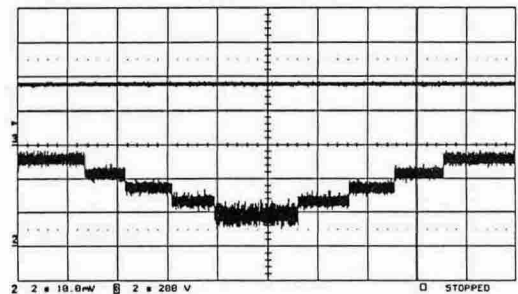


그림 10. 부하가변시의 컨버터의 출력
(위: 전압[200V/div], 아래: 전류[0.5A,2s/div])
Fig.10 Output voltage and current of the converter under variable load

그림 10은 부하 가변시에 컨버터 출력에서 제어가 잘 동작 되고 있음을 나타내고 있다.

4. 결론

SEPIC-Flyback 컨버터를 적용한 연료전지 발전 시스템이 시뮬레이션과 동일하게 동작함을 확인하였다.

부하가변시 제어가 잘 됨을 확인할 수 있었고, 능동 클램프 회로를 부가하여 효율개선을 하였다.

이와 같은 실험 결과로부터 본 논문에서 제안한 컨버터가 연료전지 발전 시스템으로 사용이 가능함을 알 수 있었다.

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

참고 문헌

- [1] 한국조명·전기설비학회, “조명·전기설비”, Vol. 19, No. 2, pp. 3-11, 2005. 4.
- [2] 문승필, 김수석, 강구삼, 원충연, 김영렬, “승압형으로 동작하는 SEPIC-Flyback 컨버터”, 전력전자 하계 학술대회 학술지, pp. 330-334, 2004, 7