

연료전지 발전시스템에 관한 연구

정동호*
시립인천전문대학

A study on Fuel Cell generation system

Dong-Hyo Jeong*
Incheon City College

Abstract - Recently, a fuel cell is remarkable for new generation system. The fuel cell generation system converts the chemical energy of a fuel directly into electrical energy. The fuel cell generation is characterized by low voltage and high current. For connecting to utility, it needs both a step up converter and an inverter. The step up converter makes DC link and the inverter changes DC to AC.

In this paper, full bridge converter and the single phase inverter are designed and installed for fuel cell. Simulation and experiment verify that fuel cell generation system could be applied for the distributed generation.

In this paper, the 1.5kW active clamp current-fed full bridge converter employing MOSFETs is operated to discharge the battery whereas a voltage-fed half bridge converter employing IGBTs is operated to charge the battery.

1. 서 론

연료전지 발전시스템은 연료로부터 수소를 발생시키는 개질기와 전기화학 반응으로 직류를 발생시키는 스택 그리고 직류를 직류로, 직류를 교류로 변환시키는 전력변환기로 구성된다.

연료전지는 높은 효율을 가지며 환경오염이 적고 화석연료의 사용이 적다. 그러나 연료전지의 출력전압은 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. 또한 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.

또한 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.

2. 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템

2.1 다상부스트 컨버터

다상부스트 컨버터는 그림 1과 같이 나타낼 수 있다. 각 상은 스위치와 다이오드로 구성되며 상의 수는 N이다. 스위치의 동작은 상순으로 동작되며 신호는 1/N 만큼 시프트되어 턴온이 된다. 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.

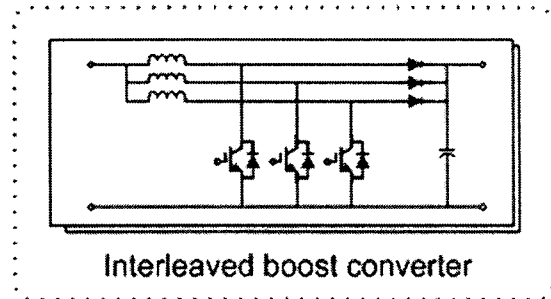


그림 1. 다상부스트 컨버터

Fig. 1 Interleaved boost converter

2.2 연료전지 발전시스템 구성

그림 2는 다상 부스트 컨버터를 적용한 연료전지 발전시스템을 나타낸다. 연료전지의 출력전압을 1차로 승압(100[Vdc])하기 위한 다상 부스트 컨버터와 승압된 직류 출력 전압을 AC(60[Hz])로 변환시켜주기 위한 단상 인버터, 단상 인버터 출력전압을 220[Vac]로 승압시켜 주기 위한 변압기로 구성된다.

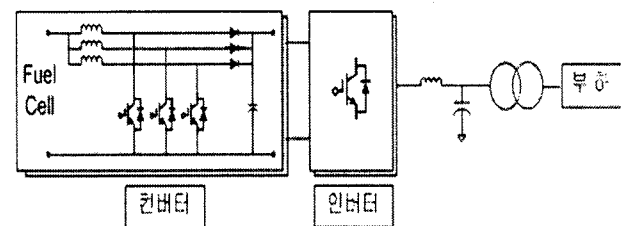


그림 2. 전체 시스템

Fig. 2 Interleaved boost converter

표 1은 본 논문에서 설계/제작한 다상 부스트 컨버터의 파라미터를 나타낸다.

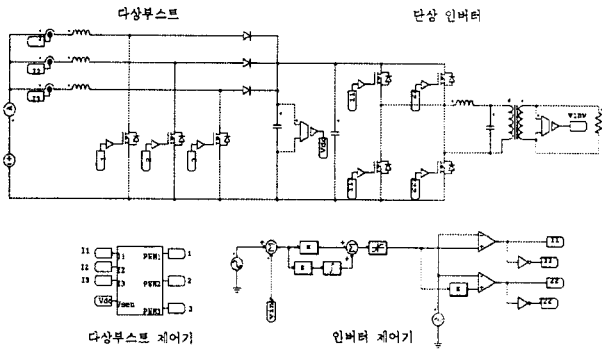
<표 1> 다상 부스트 컨버터의 파라미터

<Table 1> Parameters of interleaved boost converter

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

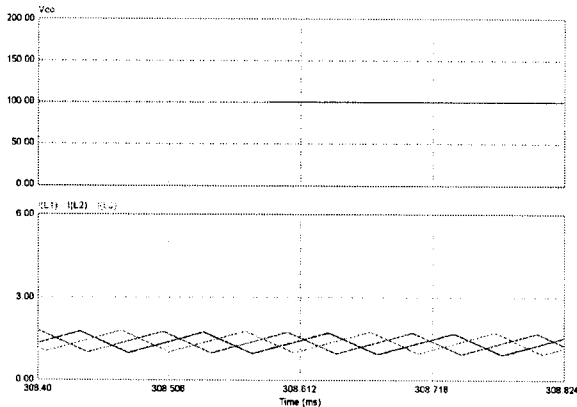
3. 시뮬레이션 결과

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.



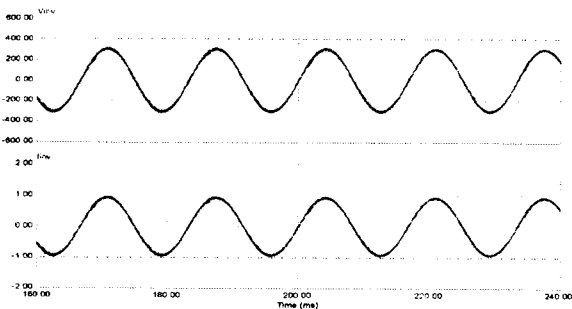
<그림 3> 연료전지 발전시스템 시뮬레이션 회로도
<Fig. 3> Simulation schematic of the fuel cell generation systems

그림 3은 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 4> 컨버터 출력전압, 컨버터 인덕터 전류
<Fig 4> Converter output voltage, inductor current

그림 4는 다상 부스트 시뮬레이션 파형을 나타낸다. 위의 그림은 컨버터 출력전압을 나타내며, 아래 그림은 3상으로 구성되어진 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 5> 변압기 출력전압/전류 파형
<Fig. 5> Output waveform of the transformer

그림 5는 다상 부스트 컨버터에 의해 100[Vdc]로 승압되어진 출력을 입력 받아 인버터로 교류변환 후 변압기로 승압한 변압기 출력전압/전류 파형을 나타내고 있다. 안정적으로 220[Vac], 60[Hz]를 제어하고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

연료전지 발전을 포함한 분산전원에 대한 기술 개발과 이용보급이 증가함에 따라 전력변환 장치가 분산형 발전시스템의 출력의 질을 결정하게 된다. 인버터를 포함한 전력변환 장치는 부하에서 요구하는 요건을 만족해야 하므로 최적으로 제어되어야 하고 신뢰성 및 안정성이 확보되어야 한다.

연료전지의 저전압 · 대전류 특성에 따른 효율적이고 안정적인 운전을 위한 승압형 DC-DC 풀 브리지 컨버터, 컨버터의 출력을 안정된 교류전원으로 변환하기 위한 DC-AC 단상 풀 브리지 인버터를 구성하였다.

1.1[kW] 독립운전 시 연료전지 발전시스템의 출력은 안정적으로 220[Vac], 60[Hz]를 유지하고 있음을 실험과 시뮬레이션을 통하여 확인했다.

또한 설계 · 제작한 전력변환 장치를 계통연계형 인버터에 적용하여 역률 1로 운전하였으며, 부하에 공급되어지는 전력이 연료전지용 인버터와 계통에서 분담하므로 연료전지 발전시스템이 분산형 전원에 적용 가능함을 확인하였다.

향후 분산형 전원을 계통에 연계하여 병렬운전을 할 경우에는 전력품질, 공급신뢰도의 확보에 대한 연구가 되어야 할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- (1) 최세완, "연료전지 발전 시스템에서의 전력전자 기술", 전력전자 학회지, vol.8, pp. 30-35, 2003.
- (2) 이우철, 유창규, "방향 절환이 자유로운 양방향 DC/DC 컨버터 개발", 전력전자학회 추계학술대회, pp. 41-44, 2004.
- (3) Yoon-Ho Kim, Sang-Sun Kim, "An Electrical Modeling and Fuzzy Logic Control of a Fuel Cell Generation System", IEEE, Trans. on Energy Conversion, Vol. 14, No.2, pp.239-244, June, 1999.
- (4) M. Pagano, L. Piegari, "Electrical Networks Fed by Fuel-Cells for Uninterruptible Electrical Supply", Industrial Electronics, Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on, Volume: 3, pp.26-29, May, 2002.
- (5) Takami kagotani, "A novel ups using high frequency switch mode rectifier and high frequency PWM inverter", Power Electronics Specialists Conference, PESC '89 Record., 20th Annual IEEE, pp.26-29, June, 1989.
- (6) W.L.Lu, S.n.Yeh, "Development of a single phase half bridge active power filter with the function of uninterruptible power supplies", Electric Power Applications, IEE Proceedings, Volume:147 Issue:4, pp.313-319, July, 2000.
- (7) L.n.Arruda, S.m.Silva, B.j.c.Filho, "PLL Structures for Utility connected System.", Industry Applications Conference, Thirty-Sixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE, Volume: 4, pp.2655-2660, Oct., 2001.
- (8) L. M. Tolbert, W. A. Peterson, C. P. White, T. J. Theiss and M. B. Scudiere, "A Bi-directional DC-DC Converter with Minimum Energy Storage Elements," IEEE-IAS Conf. Rec., pp. 1572-1577, 2002.
- (9) V. Yakushev, V. Meleshin and S. Fraidlin, "Full-bridge Isolated Current Fed Converter with Active Clamp," IEEE-APEC Conf. Rec., pp. 560-566, 1999.
- (10) S. Yujin and P. N. Enjeti, "A New Soft Switching Technique for Bi-directional Power Flow, Full-bridge DC-DC Converter," IEEE-IAS Conf. Rec., pp. 2314-2319, 2002.
- (11) T. Reimann, S. Szeponik, G. Berger and J. Petzoldt, "A Novel Control Principle of Bi-directional DC-DC Power Conversion," IEEE-PESC Conf. Rec., pp. 978-984, 1997.