Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (2010) 24(6) : 43~51
DOI : 10.5207/JIEIE.2010.24.6.043

논문 24-6-6

연료전지를 적용한 무정전전원장치용 3상 AC/DC 컨버터의 DC-Link 전압 리플 저감

(Reduction of DC-Link Voltage Ripple of Three-phase AC/DC Converter for Uninterruptible Power Supply by Applying Fuel Cell)

박진호* · 김경민 · 이정효 · 원충연**
(Jin-Ho Park · Kyung-Min Kim · Jung-Hyo Lee · Chung-Yuen Won)

요 약

기존의 무정전전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)는 배터리를 보조전원으로 사용함으로써 큰 부피와 수명에 제한을 받게 될 뿐만 아니라, 급격한 부하변동에 따른 배터리 전압의 변동으로 UPS 시스템 출력에 문제점을 야기한다. 본 논문에서는 보조전원으로 쓰이는 기존의 배터리 대신에 친환경 대체 에너지원인 연료전지를 무정전전원장치용 3상 AC/DC 컨버터에 적용하여 급격한 부하 변동 시 에너지를 보상하고 안정된 출력을 갖도록 하였다.

Abstract

Conventional UPS(Uninterruptible Power Supply) using batteries for assisting the source is limited by the large volume and the life-time of battery. Moreover, voltage variation caused by the sudden load variation brings the problems on UPS system output. In this paper, the battery using fuel cell which is environment-friendly alternative energy is connected on AC/DC converter for UPS to compensate the sudden load variation energy and make the stable power.

Key Words : UPS, Fuel Cell, AC/DC Converter, Phase-Shift Full Bridge Converter, SVPWM

1. 서 론

최근의 컴퓨터나 전자장비 등 산업 전반에 걸쳐 다양한 설비들은 전원환경에 민감한 부하들이 증가하는 추세이고, 그에 따라 품질이 우수하고 안정된 전원에 대한 수요가 급증하고 있다. 이들에 대한 대안으로서 무정전전원장치(UPS: Uninterruptible Power Supply)가 최적의 수단으로 제시되고 있고 이를 사용함으로

* 주저자 : 성균관대학교 메카트로닉스공학협동과정
** 교신저자 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수
Tel : 031-290-7169, Fax : 031-299-4962
E-mail : jinho1986@skku.edu
접수일자 : 2010년 1월 12일
1차심사 : 2010년 1월 14일, 2차심사 : 2010년 3월 11일
심사완료 : 2010년 4월 5일

써 상용 전원의 환경에 상관없이 양질의 전력을 공급받을 수 있다[1-2].

그러나 기존의 무정전전원장치는 계통 전원을 저장하기 위한 대용량의 배터리가 필요하며, 이를 위한 넓은 면적의 공간이 요구된다.

또한 부하의 급격한 변동 시 발생하는 DC-Link 전압 리플은 인버터로 계통 전원을 변환할 때 변조비의 제한을 가져오며, 그 크기가 클 경우 DC-Link 커패시터의 전압 충격으로 인한 소자 파괴의 위험성이 있다.

따라서 무정전전원장치의 역률을 개선시키고, 선간 전류의 고조파를 저감하기 위하여 SVPWM(Space Vector Pulse Width Modulation) 방식을 적용한 3상 AC/DC Boost 컨버터를 적용하였다. SVPWM 기법을 이용하여 동기회전 좌표계의 d축 무효성분전류를 0이 되도록 제어함으로써 역률을 거의 1로 하고, q축 유효성분전류를 제어하여 전압형 컨버터의 출력측 직류전압을 원하는 값으로 유지시킬 수 있다[3-5].

또한 본 논문에서는 무정전전원장치의 에너지 저장 및 공급 장치로 사용되는 배터리 대신에 친환경 대체에너지원인 연료전지를 적용하였다[6]. 그리고 연료전지의 저전압·대전류의 특성을 고려하여 낮은 출력전압을 승압하고, 대전류를 분배하여 시스템을 안정화하는 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 DC/DC 컨버터를 사용하였다.

이러한 구성을 통하여 계통 전원의 리플, 글리치, 정전 등으로 인한 부하의 악영향을 차단하며, 순간적인 부하변동에도 DC-Link 전압을 안정적으로 유지할 수 있도록 하였다. 제안된 방법은 시뮬레이션과 실험을 통하여 검증하였다.

2. 연료전지를 적용한 무정전전원장치용 3상 AC/DC 컨버터

2.1 3상 AC/DC Boost 컨버터의 SVPWM 제어

그림 1은 본 논문에서 구성된 3상 AC/DC Boost 컨버터의 구성도를 나타내고 있다. 제어기의 주요부분은 전압 제어기와 전류 제어기, 위상 검출기(Phase detector), 그리고 SVPWM Generator로 구성된다. 3상 AC/DC Boost 컨버터의 제어각을 연산하기 위해 계통 입력전압을 변압기를 사용하여 제어보드로 입력받게 된다. 입력받은 선간전압을 상전압으로 계산한 후, 위상검출기에서 동기좌표계 PLL기법을 사용하여 위상을 검출하게 된다.

출력측의 DC-Link 전압은 저항분배를 이용하여 전압을 검출하며, 입력전류는 전류센서(CT)를 사용하여 검출하였다. 입력된 상전류는 $d-q$변환을 통해 2상 정지좌표계로 변환되고, 위상검출기의 출력으로 나온 위상정보를 가지고 2상 동기좌표계로 변환된다.

그리고 직류전압 기준치와 검출된 직류전압과의 편차가 PI제어기에 입력된다. PI제어기의 출력은 q축 전류의 기준 지령치가 되고, 실제 q축 전류와 비교된 편차는 PI제어기에 의해 q축 전압지령 V_q^{e*}가 된다. 한편 d축 전류는 유효한 전력을 발생시키지 않기 때문에 d축 전류지령 i_d^e는 0으로 설정한다. d축 전류 지령과 실제 d축 전류의 편차는 PI제어기에 입력되어 d축 전압지령 V_d^{e*}를 만든다[7].

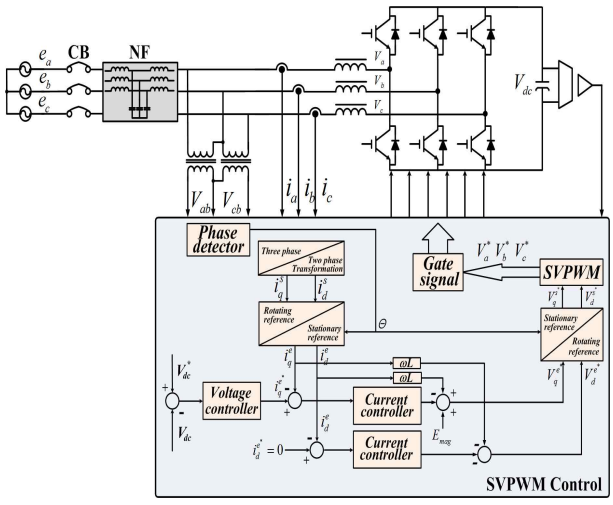


그림 1. SVPWM 기법을 적용한 3상 AC/DC Boost 컨버터 구성도

Fig. 1. The 3-phase AC/DC Boost Converter using SVPWM control method

2.2. 연료전지의 특징

연료전지는 연료와 공기 중의 산소를 전기 화학적인 반응을 통해 전기 및 열로 직접 변환시키는 발전장치이다. 기존의 내연기관과 같은 발전기술과는 달리 연소 과정이나 구동장치가 없으므로 연료전지의 효율이 기존의 내연기관보다 높을 뿐만 아니라 환경문제를 유발하지 않는 새로운 개념의 발전 기술이다.

연료전지는 대개 작동 온도와 전해질의 형태에 따라 인산형(PAFC), 용융탄산염형(MCFC), 고체산화물형(SOFC), 고분자전해질형 연료전지(PEMFC) 등으로 구분된다[8].

각 연료전지의 특성을 고려할 때 고분자전해질 연료전지는 다른 연료전지들보다 낮은 온도에서 작동하며, 신속한 작동과 단위 부피 및 무게에 비하여 높은 에너지 효율을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 고분자전해질형 연료전지를 적용하였으며, 장점을 요약하면 다음과 같다.

- 단위 부피, 무게에 비해 높은 에너지 효율
- 낮은 작동 온도 및 신속한 운전 조건
- 제작 용이
- 다양한 연료 선택 가능
- 고분자전해질의 사용으로 침식, 부식 방지
- 연구개발의 급성장으로 인한 비용절감 기대

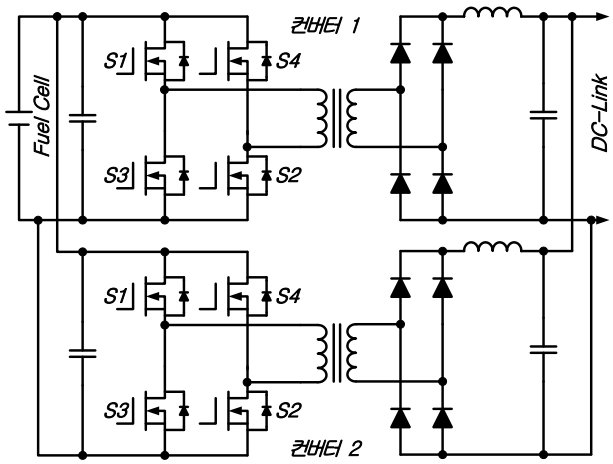
2.3 연료전지용 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 컨버터의 병렬제어

연료전지용 발전시스템과 같은 저전압 · 대전류 시스템에서 한 대의 컨버터로 모든 부하에 전원이 공급되면 동손으로 인한 전력손실이 커지기 때문에 두 개의 풀브리지 컨버터를 병렬로 연결한 위상천이 풀브리지 컨버터를 사용하였다.

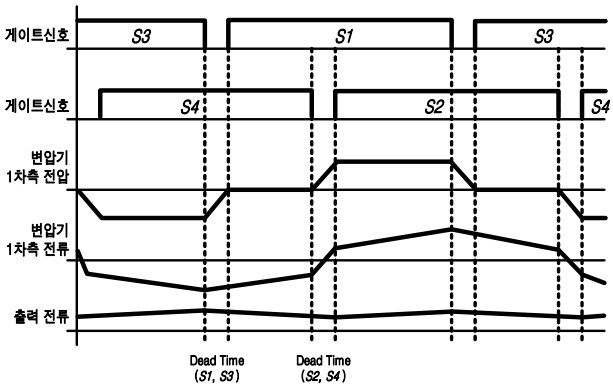
그림 2는 본 논문에서 사용한 위상 천이 풀브리지 컨버터의 토폴로지와 동작 파형이다.

위상천이 풀브리지 컨버터는 환류 구간에서 생기는 링깅 성분을 최소화시키기 위하여 왼쪽 암인 S1, S3의 신호가 고정된 상태에서, 오른쪽 암의 S2, S4의 신호를 위상 이동하는 제어 방식으로 컨버터의 시비율을 결정한다.

1차측의 스위치들 중 하나는 항상 온 상태를 유지하여 누설 자속의 전류가 순환하기 위한 통로를 만들어 준다. 왼쪽 암은 출력 필터에 저장된 에너지에 기인하여 영전압 스위칭이 이루어지며, 오른쪽 암은 변압기의 누설인덕턴스에 저장된 에너지만으로 영전압 스위칭을 하게 된다.



(a) 위상천이 풀브리지 컨버터



(b) 동작 파형

그림 2. 영전압 위상천이 풀브리지 컨버터와 파형
Fig. 2. ZVS Phase-shift full bridge converter and waveform

그러나 실제로 병렬 운전 중인 모든 컨버터 모듈은 동일한 특성을 갖지 못하기 때문에 병렬운전 시 부하

전류의 불평형 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 최대전류법에 의한 균등전류분배법(Current Balance Methode)을 적용하여 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 컨버터의 병렬운전 시스템을 구성하여 사용하였다.

각각의 단일 모듈은 단독운전이 가능하고 병렬운전 시 모듈화 방식에 의한 시스템의 일부로 동작한다. 또한 각 모듈은 부하 분담 비중에 따라 마스터 또는 슬레이브 모듈의 역할을 번갈아 담당하게 되고 능동적으로 전류를 분배해 줌으로써 통상의 전류모드제어에 의한 병렬운전 방법에서 나타나는 전류분배의 불평형 문제를 해결할 수 있다.

본 논문에서는 전용 IC를 사용하여 하나의 소자 내에서 전압 조정과 부하 분배 기능을 결합하여 두 대의 컨버터를 균등하게 동작시킬 수 있도록 구성하였다.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션을 통하여 제안된 시스템 구성의 안정성과 성능을 확인하였다. S/W는 PSIM을 이용하였으며, DLL을 사용하여 전체 제어시스템을 구현하였다.

제안된 시스템의 전체 시뮬레이션 회로도는 그림 3과 같고, 3상 AC/DC Boost 컨버터의 파라미터 상수는 표 1과 같다.

표 1. 3상 AC/DC Boost 컨버터의 파라미터
Table 1. Simulation Parameter of the 3-phase AC/DC Boost Converter

설 계 사 양	상 수 값
출력전압	380[V]
입력전압	선간 220[V]
입력측 인덕턴스	2.52[mH]
출력측 평활용 커패시터	2200[uF]
컨버터의 스위칭 주파수	10[kHz]

시뮬레이션 회로는 크게 SVPWM 방법을 적용한 AC/DC 컨버터와 연료전지용 영전압 위상천이 풀브리지 컨버터, 그리고 각각의 컨버터를 제어하기 위한 제어부로 구성하였다. 그리고 연료전지의 특성에 적합한 연료전지용 전력변환기를 구성하기 위하여 실제 연구에 사용 되는 Ballad사의 1.2[kW] 고분자 전해질 연료전지인 Nexa Power Module의 등가회로를 이용하여 표 2의 값으로 그림 3과 같이 모델링 하여 시뮬레이션 하였다.

표 2. Ballad Nexa 1.2[kW] 연료전지 스택 등가모델 파라미터
Table 2. Equivalence model parameter of Ballad Nexa 1.2[kW] fuel cell stack

	R1 [Ω]	R2 [Ω]	R3 [Ω]	C1 [mF]	C2 [mF]
Ballad Nexa fuel cell stack	0.15	0.07	0.15	70	7.5

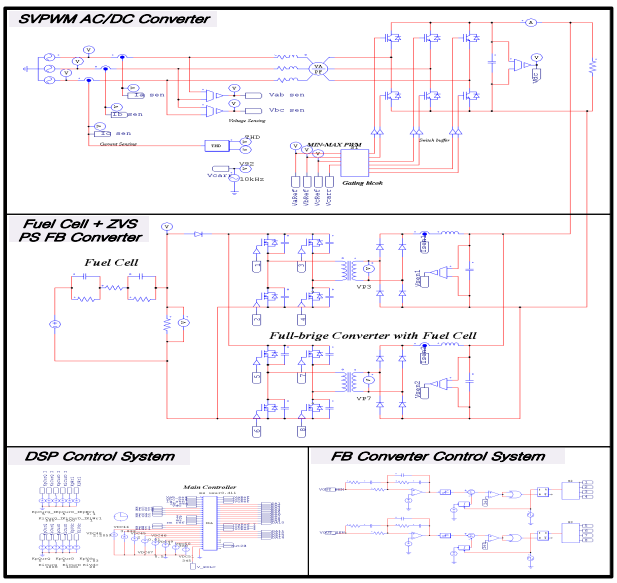


그림 3. 제안된 시스템의 시뮬레이션 회로도
Fig. 3. The simulation circuit of proposed system

또한 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 DC/DC 컨버터는 낮은 출력전압을 갖는 연료전지를 상용전원으로 변환하기 위해서 직류 380[V]까지 충분히 확보할 수 있게 설계 되었고, 컨버터 한 대의 파라미터는 표 3과 같다.

그림 4는 3상 AC/DC Boost 컨버터의 a상 전원전압과 교류 입력측 a상 전류가 거의 동상으로 전고조파왜

율(THD-i)이 3[%] 미만이고, 역률이 1로 제어되는 것을 나타낸다.

표 3. 영전압 위상천이 풀브리지 DC/DC 컨버터 파라미터
Table 3. Simulaton parameter of ZVS Phase-shift full bridge DC/DC converter

설 계 사 양	상 수 값
입력전압 Vin	22~50[Vdc]
출력전압 Vout	380[Vdc]
용량	500[W]
변압기 턴수비	2 : 48
컨버터1의 인덕터	11[mH]
컨버터2의 인덕터	11[mH]
출력 커패시터	9,400[uF]
스위칭 주파수	30[kHz]

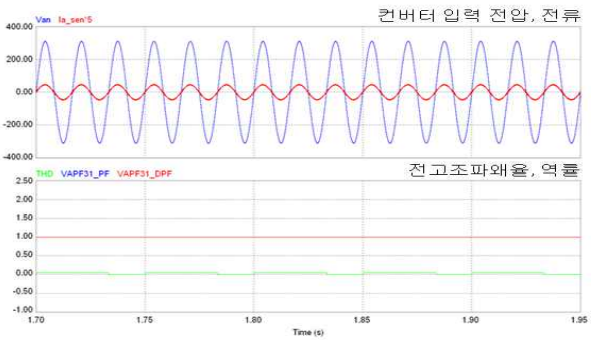


그림 4. 교류입력 전원전압과 전원 전류(a상)
Fig. 4. AC input voltage and current source (a-phase)

그림 5는 변압기 1차측의 전압과 전류를 나타내며, 그림 6은 부하 증가 시 각각의 단일컨버터의 전류 분배 파형을 나타낸다.

최대전류법에 의한 균등전류분배법을 적용한 위상천이 풀브리지 컨버터의 병렬운전 시 컨버터 1과 컨버터 2의 전류분배가 동일하게 이루어지는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 급격한 부하 변동에도 두 대의 영전압 위상천이 풀브리지 컨버터가 균일하게 동작함으로써 원활한 병렬운전이 수행되어 출력전류의 변동에도 출력전압은 380[Vdc]로 안정적으로 제어됨을 보여준다.

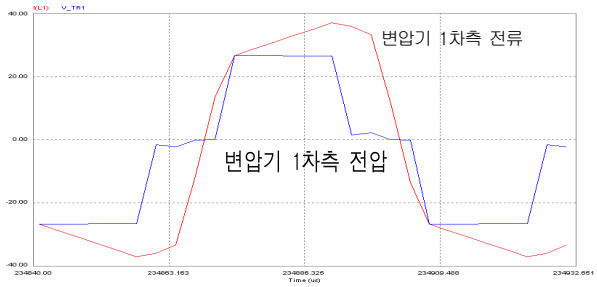


그림 5. 교류입력 전원전압과 전원 전류(a상)
Fig. 5. AC input voltage and current source (a-phase)

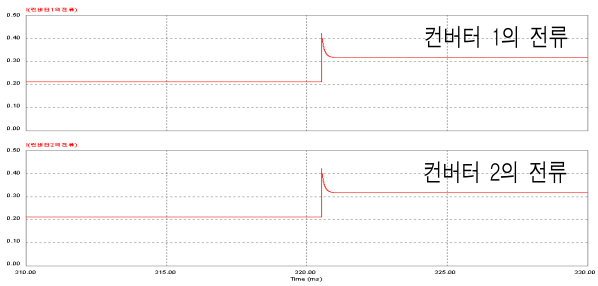


그림 6. 부하 증가 시 단일컨버터 전류분배 파형
Fig. 6. When the load is increased, current balance waveform of single converter

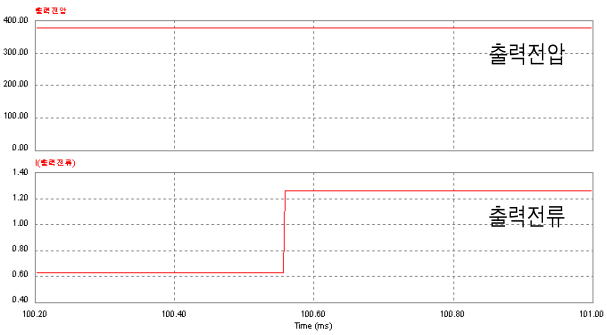


그림 7. 부하 변화에 따른 출력 전압과 전류 파형
Fig. 7. The output voltage and current waveform by load variation

그림 8은 DC-Link에 보조전원 시스템이 구성되어 있지 않은 무정전전원장치의 DC-Link 전압과 계통전류, 그리고 계통전압을 분석한 파형이다. 초기에 무정

전전원장치가 동작하며 AC/DC 컨버터의 DC-Link 전압은 약 1s 동안의 과도상태를 갖는다. 또한 1.4s에서 부하의 변동을 주었을 때 기준전압을 신속하게 추종하지 못하며, 계통전류에 영향이 미치는 것을 확인할 수 있다.

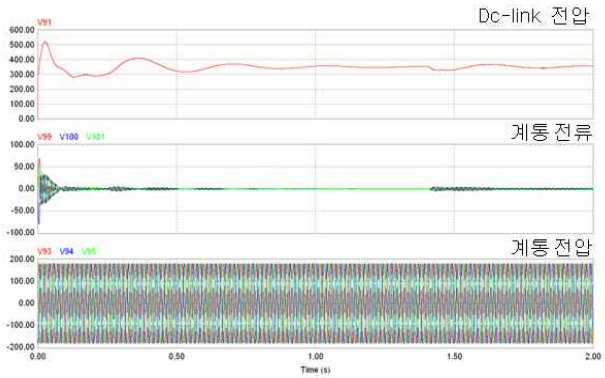


그림 8. 보조전원시스템이 없는 무정전전원장치 파형
Fig. 8. The UPS waveform without auxiliary power system

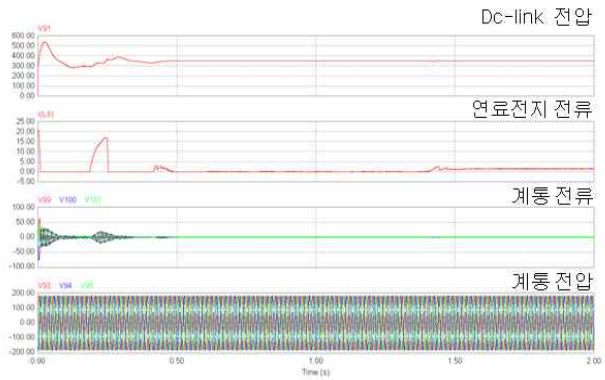


그림 9. 연료전지 보조전원시스템이 적용된 무정전전원장치 파형
Fig. 9. The UPS waveform using fuel cell auxiliary power system

그림 9는 DC-Link에 연료전지를 적용하여 보조전원 시스템이 구성된 무정전전원장치의 DC-Link 전압과 계통전류 그리고 계통전압을 분석한 파형이다. 초기 과도상태는 약 0.5s 동안 지속되며, 그 이후 안정적으로 기준전압을 추종하는 것을 확인할 수 있다.

또한 DC-Link 전압이 기준 전압 이하로 낮아질 때에는 연료전지가 함께 동작하여 에너지를 보상하여 준다. 과도상태에서 계통전류와 연료전지가 서로 분담하여 DC-Link 전원에 에너지를 공급하며, 부하의 변동 시에도 연료전지의 에너지 보상을 통하여 DC-Link 전압은 1.4s 지점에서의 부하변동에도 이상 없이 안정적으로 공급되는 것을 확인할 수 있다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 시스템의 타당성을 검증하기 위해서 그림 10과 같이 전체 실험 세트를 구성하였다.

역률 개선 및 고조파 저감을 위하여 SVPWM 방식을 적용한 AC/DC 컨버터와 기존 배터리의 단점을 극복하기 위하여 연료전지와 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 DC/DC 컨버터를 이용한 보조전원 시스템으로 구성하였으며, 각각의 파라미터는 시뮬레이션과 동일하다.

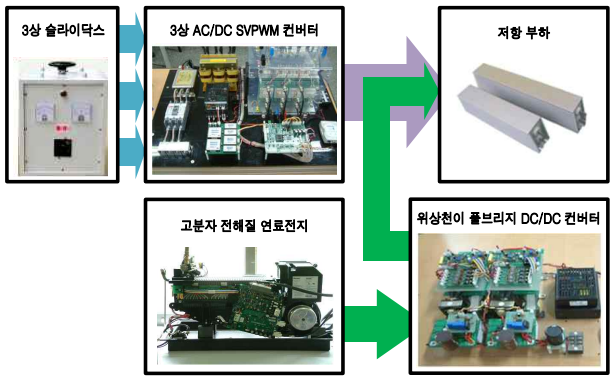


그림 10. 제안된 시스템의 실험세트 구성
Fig. 10. Experimental set of the proposed system

먼저 AC/DC 컨버터의 IGBT와 게이트 드라이브 부분은 (주)세미크론 에서 제공하는 SEMISTACK을 사용하여 구성하였고, 입력측의 리액터와 노이즈필터는 전류의 리플을 제거하기위해 정격에 비해 크게 설계하였다. 그리고 연료전지는 Ballard사의 1.2[kW] Nexa 파워 시스템을 사용하였고, 영전압 스위칭 위상천이 풀브리지 컨버터는 별도의 소자 추가 없이 게이트 신호의 위상 이동만으로 ZVS가 가능하도록 Phase Shift PWM IC인 UC3875를 사용하였으며, 두 대의 컨

버터를 병렬 제어하기 위하여 Unitrod사의 병렬운전 전용 IC인 UC3907을 사용하였다.

그림 11은 제안된 연료전지를 이용한 보조전원 시스템 기반의 고역률 3상 AC/DC 컨버터의 전체적인 시스템 블록도를 나타낸다.

AC/DC Boost 컨버터의 제어보드는 TI사의 DSP인 TMS320F2811을 사용하여 구성하였다. 3상 계통 입력전압은 변압기를 사용하여 검출하고, 출력측 DC-Link 전압은 전압분배를 이용하여 A/D 컨버터로 입력된다. 또한 3상 입력전류는 전류센서(CT)를 사용하여 제어보드의 A/D 컨버터로 입력된다.

AC/DC Boost 컨버터의 스위칭 주파수는 10[kHz], 전류 제어 주기는 100[us]로 하였으며, 6채널의 12bit A/D 컨버터와 4채널의 D/A 컨버터를 사용하여 실험결과파형을 출력하였다.

또한 연료전지의 낮은 출력 전압을 승압시켜 주기 위한 DC/DC 컨버터에 위상천이 풀브리지 컨버터 토폴로지를 적용하여 손실을 줄이고, 영전압 스위칭을 할 수 있도록 하였다. 또한 위상천이 풀브리지 DC/DC 컨버터는 두 대의 컨버터를 병렬 제어하기 위하여 동일한 조건으로 설계 및 제작되었다.

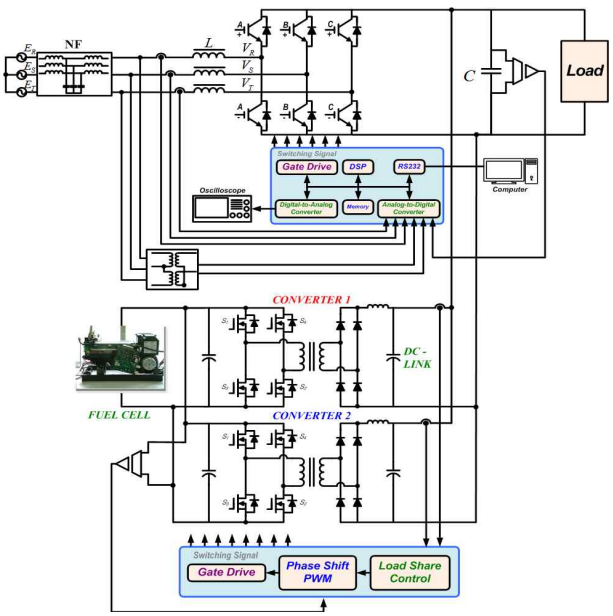


그림 11. 제안된 시스템 전체 회로도
Fig. 11. The entire circuit of the proposed system

그림 12는 AC/DC Boost 컨버터의 실험파형이다. a상 입력 전압과 전류가 PFC를 통하여 동상으로 제어되고 있으며, 출력 전압이 380[Vdc]로 리플이 거의 없이 제어되고 있음을 확인할 수 있다.

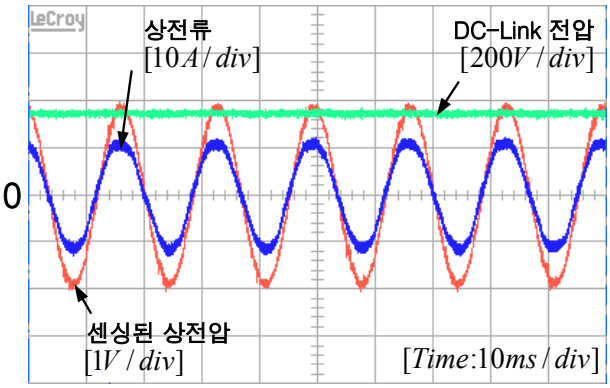


그림 12. AC/DC Boost 컨버터 실험파형
Fig. 12. AC/DC Boost converter experimental waveform

그림 13은 부하 변동 시 각각의 단일 컨버터의 전류분배 파형을 나타내고 있다. 부하 변동 시에도 전류분배가 정확하게 이루어짐으로써 각각의 컨버터에 동일한 전류로 병렬운전 되고 있다. 따라서 한 대의 컨버터에만 과도한 전류가 흐르지 않아 연료전지에서 공급되는 전압이 안정적으로 무정전전원장치에 공급이 된다.

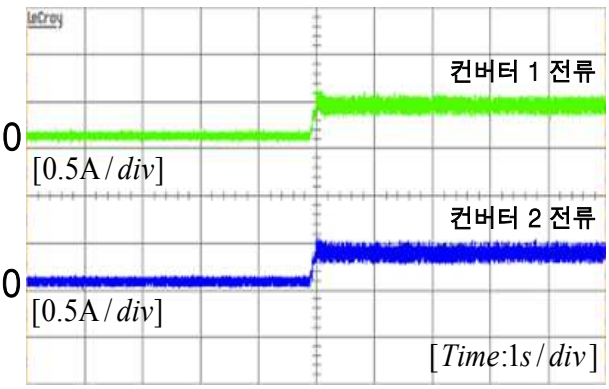


그림 13. 부하 변동 시 단일 컨버터의 전류파형
Fig. 13. When the load is variated, The current waveform of single converter

그림 14는 부하 변동 시 풀 브리지 컨버터의 출력전압과 연료전지의 출력전압을 나타낸다.

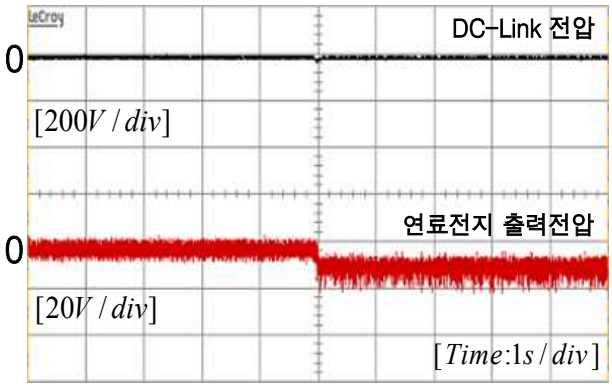


그림 14. 부하 변동 시 연료전지 출력 전압과 무정전 전원장치의 DC-Link 전압
Fig. 14. When the load is variated, The fuel cell output voltage and DC-Link voltage of UPS

연료전지의 출력전압은 리플성분을 가지며 부하의 변화에 따라서 변동되지만 컨버터의 출력전압은 안정적으로 제어되고 있음을 보여준다. 또한 급격한 부하 변동에도 연료전지는 무리한 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

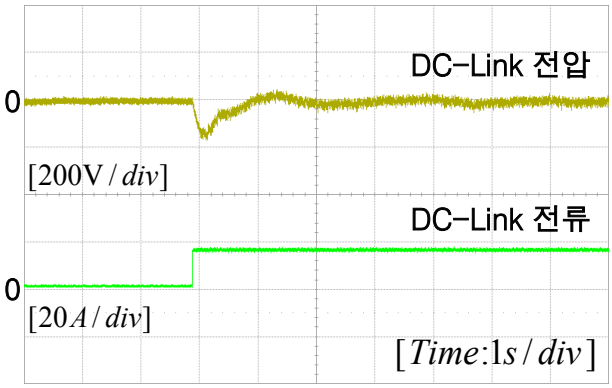


그림 15. 부하 변동 시 일반적인 무정전전원장치 DC-Link 전압과 전류
Fig. 15. When the load is variated, DC-Link current and voltage waveform of the conventional UPS

그림 15는 DC-Link에 보조전원 시스템이 구성되어 있지 않은 일반적인 무정전전원장치용 AC/DC 컨버터의 DC-Link 전압과 전류를 분석한 파형이다. 처음 초기의 무정전전원장치가 동작하며 AC/DC 컨버터의 DC-Link는 과도상태가 긴 전압 변동을 가지게 된다. 부하의 변동을 주었을 때 기준전압을 신속하게 추종하지 못하며, DC-Link 전압의 흔들림이 전체적인 시스템에 영향을 미치게 되어 무정전전원장치로써의 기능을 하기에 어려움이 있게 된다.

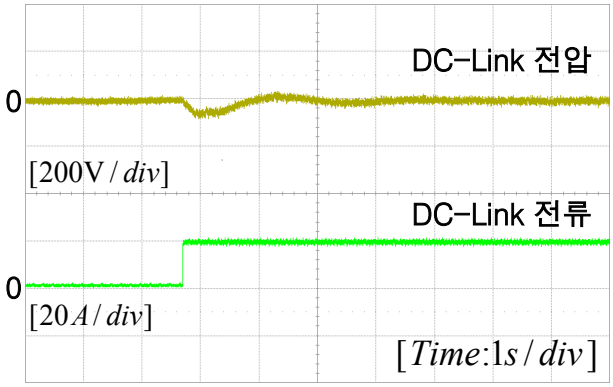


그림 16. 부하 변동 시 보조전원시스템이 추가된 무정전전원장치의 DC-Link 전압과 전류
Fig. 16. When the load is variated, DC-Link current and voltage waveform of the UPS added auxiliary power system

그림 16은 DC-Link에 연료전지를 적용한 보조전원 시스템이 구성된 무정전전원장치용 AC/DC 컨버터의 DC-Link 전압과 전류를 분석한 파형이다. 부하의 순간적인 변동 시 DC-Link 전압은 초기 약간의 변동을 갖으며 기준 전압 이하로 낮아지지만 연료전지가 동작하여 에너지를 DC-Link에 보상함으로써 안정적으로 기준전압을 추종하게 된다. 그림 15와 비교하면 무정전전원장치에 연료전지를 적용한 보조전원시스템을 추가함으로써 급변하는 부하 변동 시 보다 안전하게 무정전전원장치가 동작할 수 있음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 기존의 무정전전원장치용 배터리 보

조전원시스템에서 생기는 문제점을 극복하기 위하여 연료전지를 이용한 보조전원시스템을 제안하였다. 제안된 방법은 부하의 크기가 급격히 변동하더라도 안정적으로 부하에 전력을 공급할 수 있도록 한다. 그리고 연료전지가 무정전전원장치의 보조전원으로서 기존의 배터리를 대체할 수 있음을 시뮬레이션과 실험을 통하여 확인하였다.

본 논문의 연구 결과는 무정전전원장치의 고효율, 고역률화에 기여함은 물론, 에너지파동과 환경문제 등 화석연료의 고갈로 인해 발생할 수 있는 에너지 위기에 대한 현실적인 대응방안의 일환으로 차세대 에너지로 주목받고 있는 연료전지 산업분야로의 적용을 확대하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.

이 논문은 중소기업청의 지원된 과제의 일환으로 수행된 산학 공동기술개발지원사업의 연구 결과입니다.

References

[1] D. D. Shipp, "Harmonic analysis and supression for electrical systems supplying power converter and other nonlinear loads", IEEE, IA-15, No.5, pp.1-6, 1979.

[2] B.T. Ooi, J.C. Salmon J.W. Dixon and A.B. Kulkami, "A Three-Phase Controlled-Current PWM Converter with Leading Power Factor", IEEE trans. on1nd. Appl., Vol, No.1, pp.78-84, 1987.

[3] H.W.Van der Broeck, H.C.Skudelny, "Analysis and Realization of a Pulse with Modulator on Voltage Space Vectors", IEEE trans. on Application, Vol IA-24 No.1, pp.142-150, 1988.

[4] R.P.joshi, B.K. Bose, "Base/Gate Drive Suppression of Inactive Power Devuces of a Voltage-Fed Inverter and Precision Synthesis of AC Voltage and DC Link Current Wave', IEEE IECON '90, pp.1024-1040, 1990.

[5] S.Fukuda, Y.Iwaji, H.Hasegawa, "PWM Technique for Inverter with Sinusoidal Output Current", IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. PE-5, No.1, pp.54-61, 1990.

[6] Harfman-Todorovic, M., Palma, L., Chellappan, M., Enjeti, P., "Design Considerations for fuel cell powered UPS", IEEE APEC2008, pp.1984-1990, 2008.

[7] J.W. choi, S.K. Sul, "Fast Current Controller in Three-phase AC/DC Boost Converter Using d-q Axis Crosscoupling", IEEE trans. on Application, Vol. 13, No.1, pp.179-185, 1998.

[8] M. A. Laughto, "Fuel cells", Engineering science and education journal, February 2002.

◇ 저자소개 ◇

박진호(朴辰浩)
1986년 4월 5일생. 2009년 2월 충주대학교 제어계측공학과 졸업. 현재 성균관대학교 대학원 메카트로닉스공학협동과정 석사과정.

김경민(柳在成)
1983년 5월 28일생. 2008년 2월 안양대학교 전기전자공학과 졸업. 2010년 2월 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 LIG넥스원(주) 구미연구소 연구원.

이정효(李楨孝)
1982년 9월 20일생. 2006년 2월 건국대학교 전기공학과 졸업. 2008년 2월 성균관대학교 대학원 전자전기컴퓨터공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정.

원충연(元忠淵)
1955년 5월 10일생. 1978년 성균관대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 서울대 공대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사) 1991년 12월~1992년 12월 미국 테네시 주립대학 전기공학과 방문 교수. 1998년~현재 한국철도기술연구원 심사위원. 2006년 ~2007년 한국조명전기설비학회 편수위원. 2006년~현재 한국전력공사 PQ심사위원. 2006년~현재 차세대 첨단도시철도시스템(한국건설교통기술평가원) 기술개발사업 운영위원. 2006년~현재 (주)로템 기술자문위원. 2007년~현재 도시철도기술실무위원회 위원(건설교통부). 2007년~현재 월간 전기설비 편집자문위원. 2008년~2009년 한국조명전기설비학회 평의원. 2010년 전력전자학회 회장. 현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수.