

5kW급 SOFC 시스템용 전력변환장치 개발

이정민, 최준영, 김영욱, 이재홍, 서영거, 서인영

(주)효성

Development of 5kW PCS for SOFC System

J.M. Lee, J.Y. Choi, Y.W. Kim, J.H. Yi, Y.G. Seo, I.Y. Suh

Hyosung Corporation

Abstract

The 5kW SOFC(Solid Oxide Fuel Cell) System is composed to 3kW parallel Fuel Cell. We propose to the parallel control of 5kW PCS in the unbalance condition of fuel cell. The developed 5kW PCS can be found control ability of DC/DC converters in the operating conditions of the unbalanced parallel operation. It is verify to the control characteristics by simulation and experiment.

1. 서론

수소에너지를 이용한 연료전지 발전 시스템은 연료공급에 따라 연속발전이 가능하고 반응열을 회수하여 열에너지를 동시에 공급하는 열병합발전(Cogeneration)의 장점을 갖는다. 연료전지는 전극재료 및 작동온도에 따라 크게 4가지 종류로 분류되며, 고분자전해질형 연료전지(PEMFC), 인산형 연료전지(PAFC), 용융탄산염 연료전지(MCFC), 고체산화물 연료전지(SOFC)로 나눌 수 있다. 고분자전해질형 연료전지와 용융탄산염 연료전지, 인산형 연료전지는 실증단계를 거쳐서 상용화 단계에 이르고 있는 반면에 고체산화물 연료전지는 고온에 적합한 재료 및 해결해야 할 기술적인 이슈들로 인해서 아직까지 기술개발 단계에 있다. 고체산화물 연료전지는 발전효율이 높고, CO(일산화탄소)의 내성이 강해서 다양한 연료를 사용할 수 있는 장점이 있고, 작동온도가 700~1000℃로 높기 때문에 고온의 배열을 이용하여 향후 대용량 발전용 연료전지에 적합한 특징을 갖는다^[1].

현재 연료전지용 전력변환장치는 1~10kW급 소용량 전력변환장치에서부터 250kW급의 대용량 전력변환장치에 이르기까지 연구개발이 완료된 상태이다. 고분자전해질형 연료전지용 1kW급 전력변환장치의 경우 연료전지 시스템과 함께 국내실증연구가 완료된 상태이고, 한국가스공사주관으로 2007년부터 2009년까지 210대의 1kW급 연료전지시스템을 모니터링 사업으로 진행 중이다. 이 사업을 통해서 가정용 연료전지 시스템의 특성 및 내구성을 향상시켜 연료전지 시스템의 보급을 앞당기고, 연료전지 양산 및 가격저감을 위한 각종 BOP의 국산화 및 BOP 관련 업체의 육성을 위한 기반을 확보하고 있다. 이러한 실증사업 검증을 통해서 2010년부터는 시범보급사업을 준비 중에 있으며, 소용량 연료전지용 전력변환장치의 기본적인 요구사항을 검증하기 위한 성능인증이 의무화 되고 필수적인 요구조건으로 자리잡고 있다.

본 논문에서는 5kW급 고체산화물 연료전지 발전시스템에 필요한 전력변환장치 개발 현황을 소개하고자 한다. 3kW급 고체산화물 연료전지 스택이

2병렬 연결된 시스템에 적합하도록 계통 연계형 전력변환장치는 3kW급 DC/DC 컨버터 2대와 6kW급 DC/AC 인버터로 설계되었다. 고체산화물 연료전지의 특성을 고려한 3kW급 DC/DC컨버터의 병렬운전 방식에 대한 시뮬레이션 및 시험결과를 보이고자 한다.

2. 5kW급 전력변환장치의 병렬운전 검증

개발된 SOFC용 5kW급 전력변환장치는 그림1과 같이 2대의 DC/DC 컨버터와 1대의 DC/AC 인버터로 구성된다. 전력변환장치의 사양은 표1과 같이 병렬 연결된 연료전지 스택으로부터 각각 3.07kW의 직류전원을 공급 받고, 단상 인버터를 통하여 계통측으로 5.77kW를 발전하도록 설계되었다.

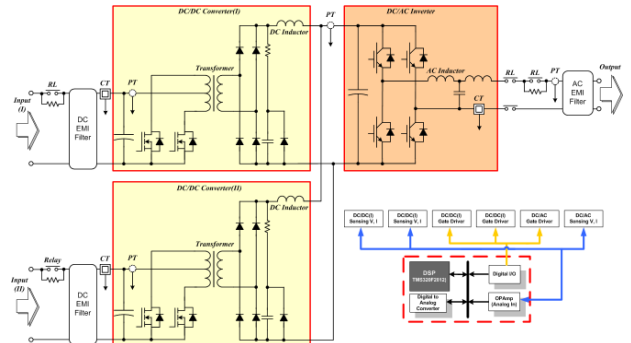


그림 1 SOFC용 5kW급 전력변환장치

Fig.1 5kW PCS for SOFC

표 1 전력변환장치 사양
Table 1 Specification of PCS

항목	사양	비고	
Parallel DC/DC Converter Input	입력전압	36 ~ 71.5 V _{dc}	정격 45.5 V _{dc}
	입력정격전류	67.5 A _{dc}	Max135A _{dc}
	입력전력	3.07 kW	Max6.14kW
DC/AC Inverter Output	출력전압	1φ 220 V _{rms} ± 10%	Total 5.77kW
	출력전류	26.23 A _{rms}	
	출력전압 THD	4% 이하	

설계된 전력변환장치의 DC/DC 컨버터의 병렬운전 제어를 확인하기 위하여 연료전지출력의 평형조건과

불평형 조건에서 시뮬레이션과 시험을 수행하였다. 그림2의 시뮬레이션은 연료전지 출력전류가 각각 67.5[A]로 정격 평형조건 시에 DC/DC 컨버터의 전류제어특성과 계통 측의 전압 및 전류 특성을 보여 준다. 반면에 그림3의 시뮬레이션은 연료전지 출력전류가 67.5[A]와 33.75[A]로 불평형조건 시에 DC/DC 컨버터의 전류제어특성과 계통 측의 전압 및 전류 출력 파형을 보여 준다. 시뮬레이션과 동일한 조건하에서 시험을 수행하였으며, 그림4는 연료전지출력이 각각 67.5[A]로 평형조건에서의 시험결과를 나타내고 있으며, 그림 5는 연료전지출력이 67.5[A]와 33.75[A]로 불평형 조건에서의 시험결과를 얻을 수 있었다. 연료전지의 특성을 고려한 전력변환장치의 병렬제어 기능을 확인 할 수 있었다.

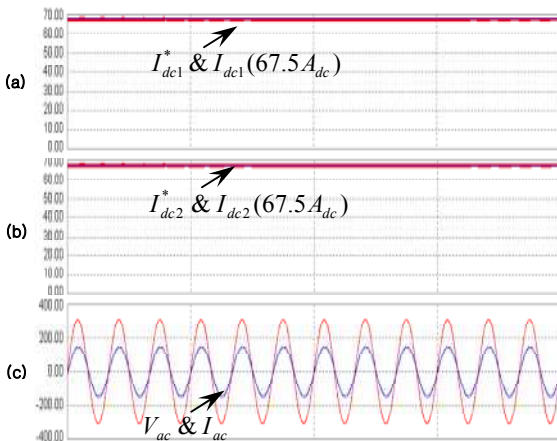


그림 2 컨버터 평형 시 시뮬레이션 결과
(a) 컨버터 1 지령신호 및 전류
(b) 컨버터 2 지령신호 및 전류
(c) 계통 전압 및 전류

Fig.2 Simulation Results at Converter Balance
(d) Reference Signal & Current of Converter 1
(e) Reference Signal & Current of Converter 2
(f) Grid Voltage & Current

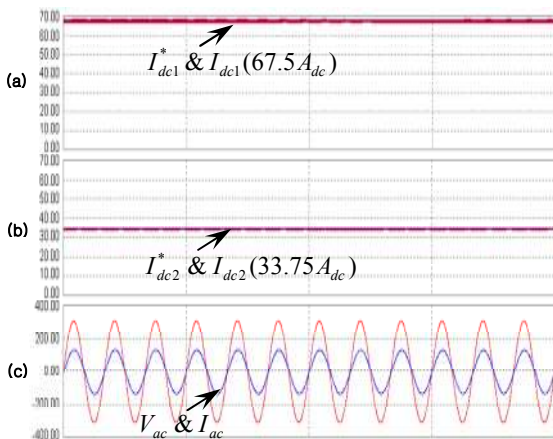


그림 3 컨버터 불평형 시 시뮬레이션 결과
(a) 컨버터 1 지령신호 및 전류
(b) 컨버터 2 지령신호 및 전류
(c) 계통 전압 및 전류

Fig.3 Simulation Results at Converter Unbalance
(a) Reference Signal & Current of Converter 1
(b) Reference Signal & Current of Converter 2
(c) Grid Voltage & Current

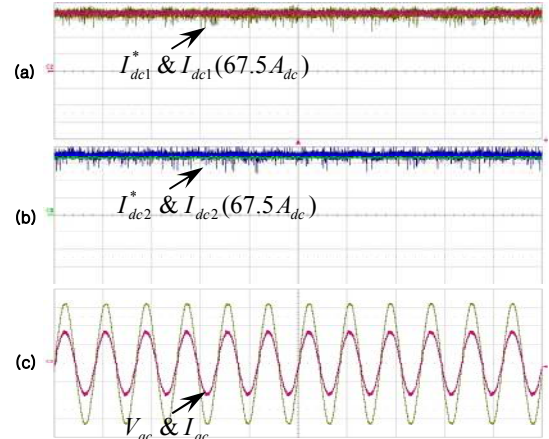


그림 4 컨버터 평형 시 시험 결과
(a) 컨버터 1 지령신호 및 전류
(b) 컨버터 2 지령신호 및 전류
(c) 계통 전압 및 전류

Fig.4 Experimental Results at Converter Balance
(d) Reference Signal & Current of Converter 1
(e) Reference Signal & Current of Converter 2
(f) Grid Voltage & Current

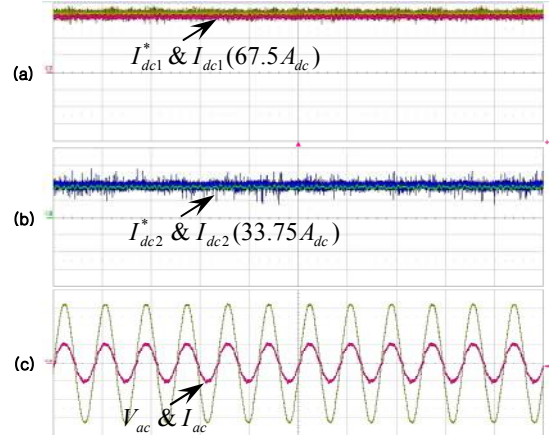


그림 5 컨버터 불평형 시 시험 결과
(a) 컨버터 1 지령신호 및 전류
(b) 컨버터 2 지령신호 및 전류
(c) 계통 전압 및 전류

Fig.5 Experimental Results at Converter Unbalance
(d) Reference Signal & Current of Converter 1
(e) Reference Signal & Current of Converter 2
(f) Grid Voltage & Current

3. 결론

고체산화물 연료전지 시스템은 여러 가지 기술적인 이슈로 인해서 연구개발단계에 있다. 본 논문에서는 3kW급 고체산화물 연료전지가 병렬 연결된 시스템에서 연료전지의 출력 불평형을 고려한 5kW급 전력변환장치 개발 내용을 소개하였다. 연료전지 불평형 조건을 모의한 시뮬레이션 및 시험을 통해서 개발된 전력변환장치의 성능을 확인할 수 있었다. 향후 연료전지시스템에 연계하여 시험 및 검증할 계획이다.

Reference

[1] 이정민, 정홍주, 정준모, 서인영, 한세희동, “계통연계형 가정용 연료전지 시스템의 전력제어에 관한 연구”, 전력전자학회 학술대회논문, pp.263-265, 2006.