

250kW급 MCFC용 전력변환기 개발 및 성능평가

이진희, 손의권, 서인영
(주)효성 중공업연구소

Performance Evaluation and Development of the Power Conditioning System for 250kW Molten Carbonate Fuel Cell

Jin-hee Lee, Ui-kwon Son, In-young Suh
Power & Industrial System R&D Center, Hyosung Corporation

ABSTRACT

This paper presents the design, development and performance of a power conditioning system (PCS) for application to a Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) for high power generation system. The controller must also supervise the total PCS operation while communicating with the fuel cell system controller. A control method for parallel operation of 250kW PCS was implemented and verified respectively.

Experimental performances are compared to minimum target requirements of the PCS for MCFC respectively.

1. 서 론

연료전지는 천연가스, 납사, 메탄올과 같은 탄화수소 계열 연료가 갖는 화학에너지를 기계계의 변환없이 전기에너지로 직접 변환시키는 높은 발전효율의 기술임과 동시에 공해요인이 매우 적기 때문에 전력수요자 부근에 설치할 수 있고, 따라서 송전설비와 손실이 경감되는 장점을 갖고 있다. 또한, 폐열의 회수이용도 가능하여 급탕, 냉난방 등에 이용함으로써 높은 종합 에너지 효율을 기대할 수 있는 차세대의 주요발전기술중 하나이며 이미 많은 응용분야에서 실용화 단계에 진입하고 있는 기술이다.^[1]

이러한 연료전지 발전시스템은 전력수요지 근처에 설치하거나, 전력수요가 밀집한 지역에 분산 설치할 수 있고, 필요에 따라 대용량 발전설비로도 이용할 수 있다. 현재 용융 탄산염형 연료전지(Molten Carbonate Fuel Cell, 이하 MCFC)는 전력계통에 분산 배치되어 발전전력 사업용으로 50kW~1MW급이 개발되었고, 실용화 진행중이다.^[1]

본 연구는 개발기간이 2004년부터 2009년까지인 250kW급 열병합 MCFC 개발 및 평가기술 개발과제의 MCFC 발전시스템의 국산화를 위한 250kW급 MCFC 발전시스템용 전력변환기 제작 및 성능평가를 목표로 수행했다.

2. 본 론

2.1 250kW급 MCFC용 전력변환기 구성

그림 1은 전력변환기 전체 구성도를 나타내고 있다. 본 과제는 125kW급 연료전지 스택 2기가 병렬로 구성되어 기존의 전력변환기 구조와는 달리 DC-DC컨버터의 병렬운전 기법을 적용되었고, 총 6개의 승압컨버터를 병렬 운전제어를 수행한다. 연료전지 스택의 수명연장 및 운전 효율 향상을 위한 제어 알고리즘을 설계 했고, 실험으로 성능을 평가했다.

표 1은 250kW 전력변환기의 설계 사양에 대해 나타낸다.

2.2 제어 알고리즘 개발

그림 2는 2대의 연료전지 스택의 전력을 독립적으로 제어하기 위한 제어 블록도를 나타낸다. 제안하는 독립전력 제어 알고리즘은 연료전지 스택의 상태에 따라, 혹은 사용자의 조작에 따라 각각의 스택에 전력 지령을 할 수 있도록 되어있다.

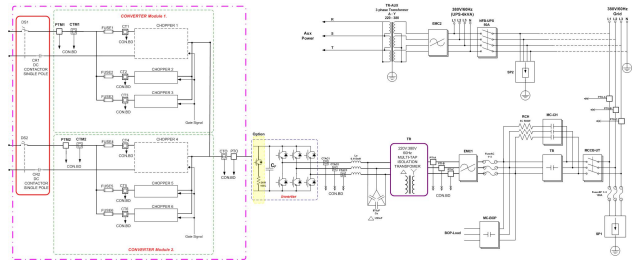


그림 1 Compact-type 250kW PCS 전체 단선도

Fig. 1 Single line diagram of Compact-type 250kW PCS

표 1. 250kW 전력변환기 설계사양

Table 1. Specification of Compact-type 250kW PCS

구분	설계 사양	
입력사양	전압	140V _{DC, nominal} (110V _{DC} ~ 200V _{DC})
	최대전류	1500A _{MAX} (@ 120V) : 2 Sub-stack
	최대전류리플	5% 이하 (@정격전류, 1kHz 이하)
	최대전압리플	10V 미만 (@ 1kHz 이하)
출력사양	전압	3φ 380V
	전류	380A _{rms} (657A _{MAX})
	주파수	60Hz ± 0.3Hz
	전고조파왜율 (THD)	독립운전 : 5% 이내 (전압)
		연계운전 : 5% 이내 (전류)
	전력품질	IEEE-519
	정격전력용량	250kW (320kVA)
전력변환효율	90% 이상	
보호기능	OV, OC, UV, OT, SC	

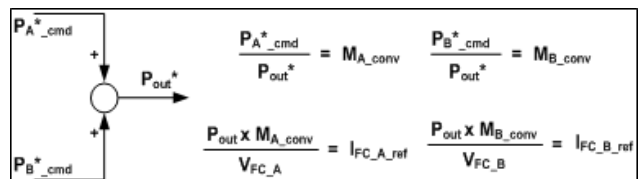


그림 2 독립전력 제어 블록도

Fig. 2 Independent power control block diagram of the 250kW PCS

2.3 실험결과

그림 3은 계통연계운전 시 250kW의 연료전지 출력 전력(모의시험장치)을 계통으로 공급하고 있는 파형을 나타낸 것이다. 이 때 인버터의 무효전력 제어에 의해서 계통과의 연계지점 역률은 거의 단위역률로 제어됨을 확인할 수가 있다.

그림 4는 독립전력제어 실험 결과를 나타낸다. P_{B_cmd} 의 전력은 80kW로 일정하게 유지하고 P_{A_cmd} 의 지령전력을 80kW에서 125kW로 변경시 P_{B_cmd} 는 지령전력을 유지하는 것을 알 수 있다. 또한 P_{B_cmd} 도 125kW로 변경시 P_{A_cmd} 의 전력도 일정하게 유지되는 것을 알 수 있다. 2개의 연료전지 스택에 각각의 지령전력에 대해 서로 간섭없이 일정하게 제어됨을 보여준다.

향후, n개의 연료전지를 구성시 전력변환기로 전력제어시 활용가능한 제어 알고리즘에 대하여 실험 결과로서 증명하였다.

표 2는 250kW 전력변환기의 성능평가 결과를 정리하였고, 그림 4는 전부하 영역에서의 운전효율 곡선을 나타낸다.

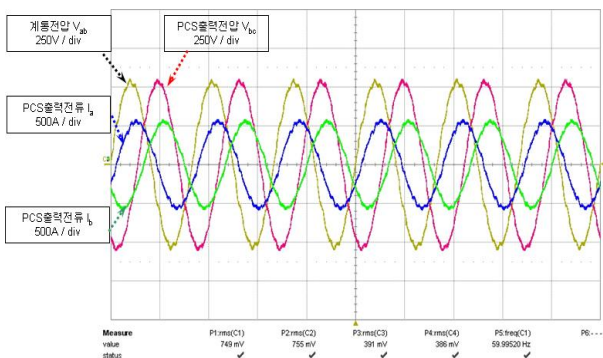


그림 3. 250kW급 전력변환기 정격부하 운전시험 결과 (계통연계)
Fig. 3. Result rated power operation of the 250kW PCS (Grid-connected)

3. 결론

본 논문은 개발기간이 2004년부터 2009년까지인 250kW급 열병합 MCFC 개발 및 평가기술 개발과제의 MCFC 발전시스템의 국산화를 위한 250kW급 MCFC 발전시스템용 전력변환기 제작 및 성능평가를 목표로 수행한 결과를 나타냈다. 연구과제를 통해 대용량 연료전지용 전력변환기 설계, 제작 기술과 병렬운전을 위한 제어 알고리즘을 확보하는 계기가 되었다. 또한 낮은 연료전지 스택 출력전압에 적용하기 위한 고출압용 대용량 DC-DC 컨버터의 안정적인 병렬운전 제어기법과 계통연계운전 기술에 대한 기술력을 확보할 수 있었고, 향후 대용량 분산전원용 및 중앙 집중 발전용 전력변환기개발에 활용할 수 있는 점에서 큰 의의를 둘 수가 있다.

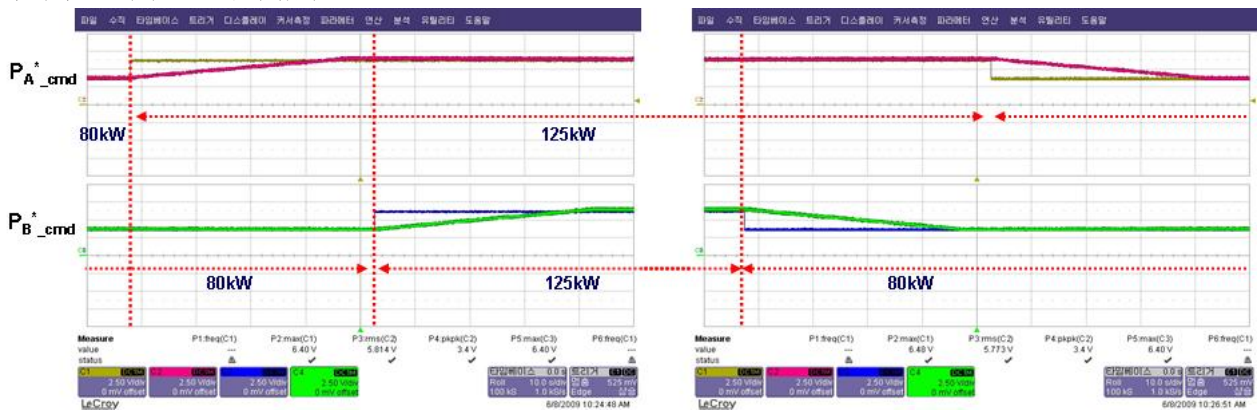


그림 4 독립전력제어 시험결과
Fig. 4. Experimental result of independent power control

표 2. 성능평가

Table 2. Performance of the Compact-type 250kW PCS

평가항목	평가기준	Compact-type 250kW PCS
운전효율	90% 이상 (정격운전시)	93.3%
전력품질 (전류THD)	5% 이하 (정격운전시)	2.59%
출력주파수	60Hz±0.3Hz	59.88Hz ~ 60.19Hz
역률	0.9 이상	0.99
입력전류리플	5% 이하 (< 1kHz 이하)	< 4%
운전시간 (시스템 연계)		1,200h
누적발전량		85MW

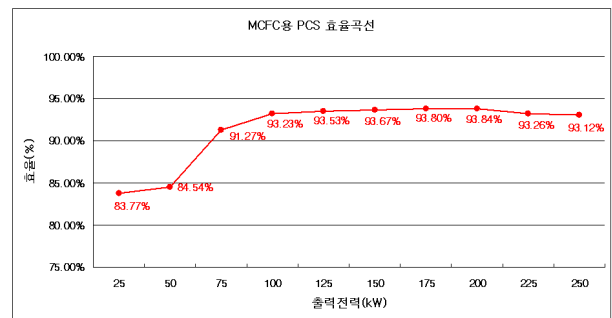


그림 4. Compact-type 250kW PCS 운전효율곡선
Fig. 4 Efficiency graph of the Compact-type 250kW PCS

본 연구는 '250kW급 열병합 용융탄산염 연료전지(MCFC) Proto-Type 개발 및 평가기술개발' 일환으로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] 한수빈, 정봉만, 최수현, "특집, 연료전지 시스템과 부하관리 응용", 전력전자학회지 제2권 제2호, pp. 21-25, 1997.
- [2] N.G. Hingorani, "Power Electronics in Electric Utilities : Role of Power Electronics in Future Power System", Proceedings of the IEEE, Vol. 76, No. 4, pp. 481-482, 1988, April.
- [3] Curtis F. Gerald, Applied Numerical Analysis: Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. pp. 1-14, 1978.