

연료전지 전압 특성을 고려한 100kW 계통 연계 인버터 설계

장주영, 정우택, 문상호, 이정흠, 손용훈, 김민규
포스코에너지

Design of 100kW Grid connected Inverter system for Fuel Cell Voltage characteristics

Ju-Young Jang, Woo-Taek Joung, Sang-Ho Moon, Jeong-Hum Lee, Yong-Hun Son, Min-Kyu Kim
POSCO Energy

ABSTRACT

EBOP(Electrical Balance of Plant)는 연료전지 출력인 DC 전원을 전력변환기술을 이용하여 계통 전원에 연계하는 계통 연계형 PCU 시스템이다. EBOP는 연료전지의 DC 전압 특성을 고려하여 인버터를 설계하여야 안정적인 전력 제어가 가능하다.

1. 서론

연료전지 시스템은 자연 환경의 제약을 받지 않고 24시간 출력을 낼 수 있다, 또한, 적은 면적에서 많은 전력을 발전할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 연료전지 계통 연계형 인버터는 전기적, 기계적 안정성 등 여러 요소를 고려하여 설계, 제작하여야 하며 특히, 연료전지의 DC 출력 전압의 특성을 고려하여 전력변환장치를 설계하여야 한다. 포스코에너지에서는 이러한 연료전지를 사업화하였고 연료전지용 계통 연계 인버터인 EBOP를 자체 개발하여 적용 중이다.[1]

2. 100kW 연료 전지 시스템 개요

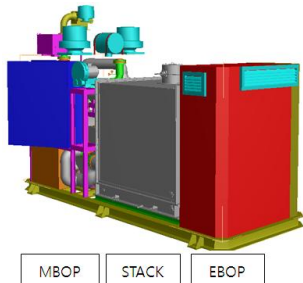


그림 1 100kW 연료전지 시스템 구성

그림 1은 포스코에너지에서 개발한 100kW 용융탄산염 연료전지 시스템의 개략적인 구조를 보여준다.

MBOP에서 STACK에 연료를 공급해주면 STACK 부에서는 수소와 산소의 화학반응으로 DC 전원이 생성된다. EBOP는 STACK에서 생성된 직류 전력을 한전 계통에 연계를 하기 위해 교류 전력으로 변환하는 역할을 담당하고 있다.

2011년 포스코에너지에서 개발한 100kW 연료전지 시스템은 현재 서울 서북병원과 어린이대공원에 적용하여 운전 중이다.



그림 2 100kW 연료전지[서북병원(좌), 어린이대공원(우)]

3. 100kW급 연료전지용 PCU의 설계 요소

표 1은 100kW 연료전지용 계통 연계 인버터의 사양을 나타낸다. 연료전지는 MBOP 전력을 자체적으로 감당하기 때문에 PCU 용량은 자체 소모 전력을 포함하여 120kW로 설계하였다. 또한, DC 전원의 정격 전압이 낮아 인버터의 정격 전류는 750[A]이상의 대전류가 흐른다. 이러한 시스템의 전류 용량을 고려하여 스위칭 소자와 전장품 등을 설계하였다.

대부분의 신재생 에너지 시스템에서 사용되는 인버터와 같이 연료전지 시스템의 인버터도 계통 연계에 대한 기술적 중요도가 높다. 따라서, 계통 전원과의 동기 제어(PLL)와 역률 제어, 전압 제어, 계통 차단 모드, 고조파 최소화, 단독 운전 방지 등의 인버터 기술과 시스템 보호와 사고 방지를 위한 고장 보호 기술들이 요구된다. 현재 국내의 경우 외국의 계통 연계 기준을

적용하여 시스템을 설계, 제작하는 경우가 대부분이다. 포스코에너지에서 개발한 100kW급 EBOP 시스템은 국제 규격인 IEEE std.1547과 UL1741 규격을 기준으로 제품을 설계하였다.

표 1 연료전지용 계통 연계 인버터 사양

항목	내용		비고
입력	정격전압	V _{dc} = 158[V]	변동 범위 158 ~ 190[V]
출력	정격전압	V _{ac} = 380[V]	±10[%] 변동율
	역율	0.9 (진상/지상)	
정격 용량	120kW		
과부하율	110[%]/min		출력 차단
스위칭 주파수	4 [kHz]		IGBT 사용
냉각 방식	강제 공냉식		
주파수	60 Hz		옵션 : 50Hz

본 논문에서 개발한 100kW급 계통 연계형 PCU는 그림 3과 같은 구조로 설계하였다.

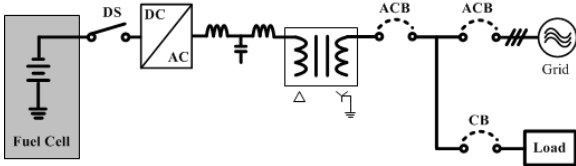


그림 3 100kW 연료전지용 PCU 구성도

4. 연료전지 DC 특성을 고려한 인버터 설계

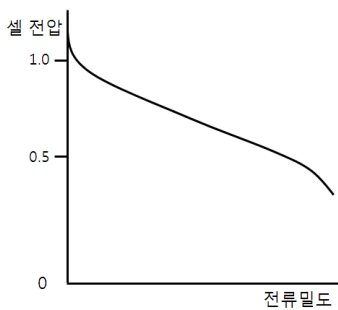


그림 4 연료 전지 단위 셀의 DC 전압 특성 곡선

연료전지 스택을 구성하는 각 셀 단위의 DC 전압은 그림 4와 같은 전압 특성 곡선을 가진다. 시스템의 DC 전원이 되는 연료전지 스택은 단위 셀들을 적층하고 여기에 연료를 공급하여 DC 전압을 만들어낸다. 포스코에너지에서 개발한 100kW 용융탄산염 연료전지 스택의 DC 전압은 무부하시 190[Vdc]에서 출력이 증가함에 따라 DC 전압은 정격 출력 상태에서는

158[Vdc]까지 낮아지게 된다. 따라서, 연료전지 DC 전압이 낮아지게 되면 그림 5-(a)의 전압 Vector도에서 선형적인 변조 구간인 a-영역에서 b-영역의 방향으로 변조 구간이 이동하게 된다. 이러한 변조 구간 이동은 앞의 그림 4에서와 같이 연료 전지의 DC 전압 특성으로 인한 것이다.

또한, 계통의 전압 변동율이 정격 380[V]에 대하여 ±10[%]이므로 계통 전압이 상승하면 변조 구간은 그림 5-(b)의 그림에서 c-영역에서 d-영역으로 이동하게 된다. 따라서, 연료전지용 계통 연계형 PCU는 이러한 변조 구간의 이동을 고려하여 시스템을 설계하여야 안정적인 전력 제어가 가능하다.

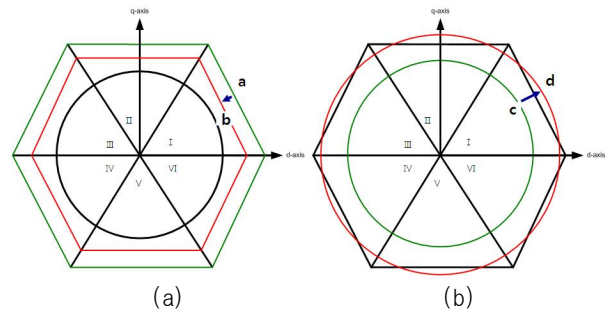


그림 5 전압 Vector도

5. 실험 결과

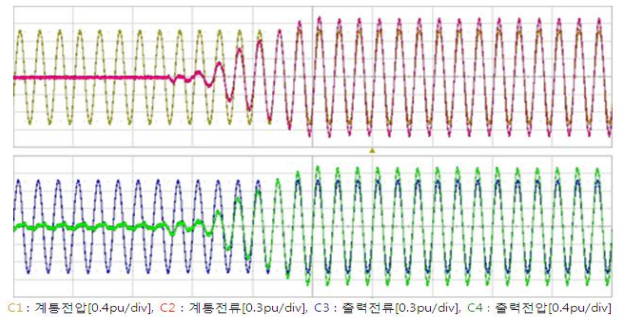


그림 6 380[V] 계통 연계 시험 결과

그림 6의 파형은 연료전지 DC 전압 특성을 고려하여 설계한 인버터를 380[V]보다 약 8[%] 높은 410[V]의 계통에서 실험한 결과이다. 높은 계통 전압에서도 연료전지의 낮은 DC 전압으로 계통 연계하여 안정적으로 출력 전력을 제어하는 것을 확인할 수 있다.

참고 문헌

[1] 장주영, 정우택, 이정흠, 문상호, "3MW 발전용 연료전지 EBOP 시스템 실증", 전력전자학회 2011년도 하계학술대회 논문집 2012.07