

대용량 연료전지용 수랭식 IGBT Stack 설계 및 성능 검증

정승수, 김병섭, 손용훈, 김재식, 이진수
포스코에너지(주)

Design and Performance Evaluation of Liquid-cooled IGBT Stack for Large Scale Fuel Cell

Seung soo Jeong, Byung seob Kim, Yong hoon Son, Jae sig Kim, Jin su Lee
POSCO ENERGY

ABSTRACT

최근 대용량 PCS(Power Conditioning System)는 신재생에너지, 에너지저장장치 등의 다양한 산업 분야에서 수요가 증가하고 있다. 본 논문에서는 신재생에너지 분야에서 대용량 시스템으로 발전용 에너지원으로 사용되는 2.8MW 연료전지 시스템의 수랭형 PCS 개발을 위하여 수랭식 IGBT Stack 및 냉각 장치를 설계, 제작하여 열적 안정성을 실험을 통하여 검증하였다.

1. 서론

공랭식 인버터는 시스템의 구성이 비교적 단순하며, 정비의 용이성과 함께 다루기가 비교적 쉬운 전력모듈을 냉각하는 방법으로 많이 사용되고 있다. 하지만 주위 온도 및 환경에 따라서 냉각 변화량이 크며, 밀폐가 어려우므로 먼지 및 수분의 영향을 받는다. 이러한 영향을 줄이며, 전력모듈 크기를 감소하기 위하여 수랭을 이용한 전력모듈 설계를 진행하였다.

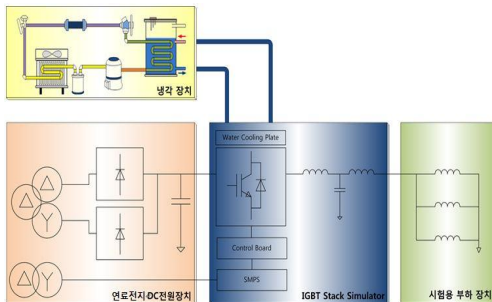


그림1 수랭식 IGBT 및 검증 장치 시스템 구성도

본 논문에서는 수랭형 IGBT Stack의 성능을 검증하기 위하여 그림1에서와 같이 연료전지 DC 모의 전원 장치, 수랭

식 IGBT Stack 750[kW], 냉각장치, LCL Filter, L부하로 시스템을 구성하였다. 냉각장치는 전력모듈만을 냉각하는 방식이다.

2. 수랭식 IGBT Stack 설계 및 성능 시험

본 시스템의 전력모듈을 선정하기 위하여 식(1)을 이용하여 인버터의 최대 출력 전류 2528[A]를 산출한 후 특성에 적절한 IGBT를 선정하였다.

$$I_p = \sqrt{2} \times I_{rated} \times \text{순시 차단전류} \times \text{Ripple Factor} \quad (1)$$

선정된 IGBT 1개의 모듈당 최대 발열량은 약1.2[kW]이며, 총 IGBT Stack(750[kW]기준) 총 손실은 14.4[kW](상 4병렬×3상)이며, 식(2)를 이용하여 손실을 열에너지로 환산하면 12,390[kcal/h]로 환산된다^[1].

$$Q[\text{kcal/h}] = P[\text{kW}] \times 860.4^* \quad * \text{에너지 환산상수} \quad (2)$$

환산한 열에너지를 냉각하기 위하여 필요한 유량은 식(3)을 이용하여 IGBT Stack에 필요한 총 유량은 약 42[l/min]이다.

$$\text{flow_rated}[\text{l/min}] = \frac{Q[\text{kcal/h}]}{60[\text{min/h}] \times \text{cal}[\text{kcal/kg}] \times \Delta t} \quad (3)$$

그리고 수랭식 히트싱크의 열저항은 IGBT Junction 온도가 120[°C]를 넘지 않는 조건에서 방열 설계를 하였다. 또한, 배관 라인 구조 및 방열판 수량을 고려하여 IGBT Stack 상별 병렬구조로 구성하였으며 4 in 1 형태의 수랭식 방열판으로 설계하였다. 그림2는 본 시스템에서 설계된 수랭식 히트싱크의 특성 곡선이다.

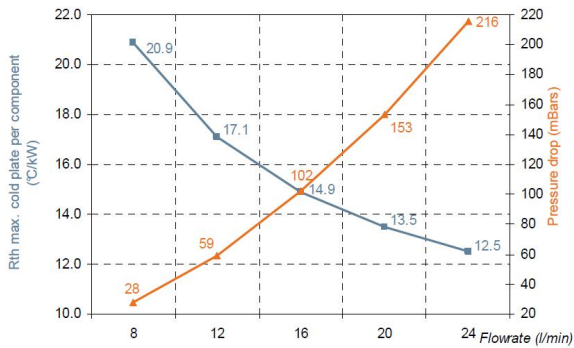


그림2 수랭식 히트싱크의 특성 곡선

IGBT Stack의 온도, 유량, 수압 등 방열 수랭 특성을 검증하기 위하여 그림 3과 같이 시스템을 구성하였으며 환기조건을 최소화하기 위하여 각 Door마다 Ventilation부 크기를 최소화하는 구조로 설계, 제작하였다.



그림3 성능 시험용 수랭식IGBT Stack 모습 외형

그림4는 수랭식 IGBT Stack Simulator의 U, V, W 출력 전류 및 출력 전압 UV 파형이며 정격 부하[100%]에서 운전한 파형이다.

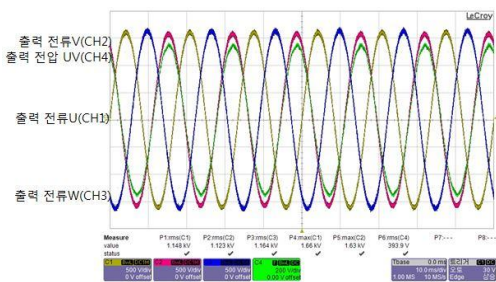


그림4 정격 운전 시험

그림5는 수랭식 IGBT Stack의 성능을 검증하기 위하여, 온도 상승 시험을 진행한 결과이다. 냉각장치의 설정 온도 및 온도 제어 범위에 따라 IGBT Stack 히트싱크 온도는 25~27[°C]에서 유지 되는 것을 확인 할 수 있다. 수랭식 IGBT

Stack은 주위 온도에 관계없이 냉각장치 설정 온도에 따라 유지되어 동작하는 것을 확인 할 수 있다.

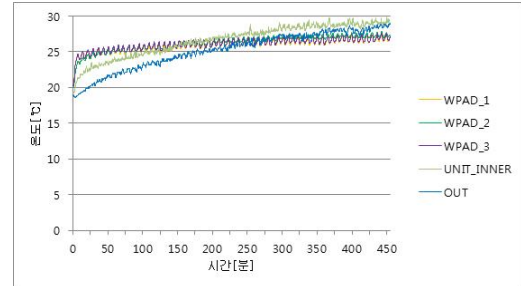


그림5 수랭식 IGBT Stack Unit 온도 상승 시험

그림6은 냉각장치의 유량을 조절하여 IGBT Stack 온도를 측정된 결과이다. 정격 유량 이하의 동작 조건에서도 IGBT Stack을 냉각 시키고 정상 동작이 가능함을 알 수 있다.

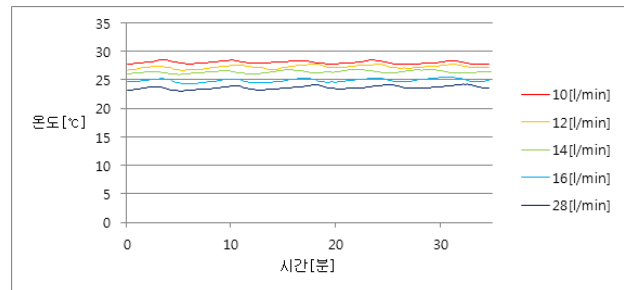


그림6 냉각장치 유량 변경 시험

3. 결론

본 논문에서는 대용량 연료전지용 수랭식 IGBT Stack 모듈을 설계, 제작하였다. IGBT Stack의 온도 특성 및 냉각장치에 대한 성능 검증을 위하여 정격 부하 시험을 진행 하여 시스템의 열적 안정성을 확인 하였다.

참고 문헌

- [1] 김상현, 임창진, 한중희, 김윤현, 김광섭, “2MA 수냉형 PCU 설계 및 성능검증”, 전력전자학회 2011년도학술대회 논문집, pp. 506~507, 2011.7