

중성입자 빔의 열량 측정 알고리즘 개발

서민석, 윤병주, 오병훈

한국원자력연구원 핵융합공학기술개발센터

현재 한국원자력연구원 핵융합공학기술개발센터에서는 KSTAR(Korea Superconducting Tokamak Advanced Research) 가열장치의 설계 및 제작을 위한 중성입자 빔 Test Stand를 운용중이다. 이를 통한 실험 및 검증으로 KSTAR 본 장비에 설치될 NBI-1을 제작하게 된다. 그러한 검증의 하나로 중성입자 빔의 열량을 측정하여 중성입자 빔을 양을 정량화 하여야 하는데, 이를 위해 빔라인 끝단에 위치한 열량계(Calorimeter)를 통해 측정이 가능하게 된다.

개발된 중성입자 빔 열량 측정 알고리즘은 기존의 여러 가지 온도 및 유량 정보를 가지고 여러 과정의 수작업을 통해 연산된 후 알 수 있었던 열량을 보다 신속하고 정확하게 제공하여 실험을 원활하게 진행할 수 있도록 한다는 점을 그 이점으로 볼 수 있다.

중성입자 빔의 열량을 측정하기 위한 열량계는 중성입자 빔을 직접 받아서 측정하는 V형태의 구조물로 많은 양의 열량을 효과적으로 냉각시켜주기 위한 구조를 채택하여 설계 및 제작되었다. 이를 위해 채택된 구조가 바로 Hypervapotron이다. Hypervapotron은 냉각수 입구와 출구를 두고 그 둘 사이에서 열 교환이 잘 일어나도록 돕는 구조로 이루어져 있다. 이렇게 열교환을 한 냉각수는(1000 LPM이상) 출구를 통해 빠져나가게 된다. 열교환을 통해 상승된 냉각수를 출구 쪽에 설치된 열전대를 이용하여 온도변화를 측정하고 온도계측시스템을 통해 데이터를 생성하게 된다.

냉각수 유량계를 통한 냉각수 유량 정보와 실험이 시작되기 직전 수 초간의 냉각수 온도를 평균한 기준 온도, 그리고 온도계측시스템을 통해 받은 실험 중 냉각수 온도 변화 데이터를 본 알고리즘에 입력하여 열량계에 입사된 중성입자 빔의 열량으로 환산하게 된다. 이러한 과정을 거쳐 환산된 열량은 사용자 인터페이스 화면에 출력된다.

중성입자 빔 실시간 열량 측정 알고리즘의 개발로 인해, 실제 실험이 끝나고 열량계의 냉각수 온도가 초기 기준온도까지 하강하면 즉시 열량계로 입사된 열량을 실시간으로 확인할 수 있었다. 이를 통해 중성입자 빔 가열장치의 실험조건을 결정하는데 중요한 정보를 신속히 제공함으로써 인력 및 시간을 절감하는 효과를 가져왔다.