

CAE를 이용한 대용량 PCS 시스템 해석 및 최적화 설계기법

Optimized Design and Analysis of PCS based on CAE(Computer Aided Engineering)

Chang-Jin Lim, Yun-Hyun Kim, Jong-Hee Han, Kwang-Seob Kim

POSCO ICT Corporation R&D Center
Techno-Complex, 126-16, Anam-Dong 5Ga, Sungbuk-Gu, Seoul, 136-701, KOREA

Abstract

최근 전기/전자 제품 개발에서 대용량, 소형화가 이루어지면서 제품 설계에 열유동 및 구조적 문제가 중요한 요소로 등장하였다. 열유동은 발열체와 공기의 흐름에 관련이 있기 때문에 시스템의 구조를 어떻게 설계하느냐가 방열의 중요한 요소이다. 본 논문에서는 Ansys社의 소프트웨어를 이용하여 연료전지용 PCS에 대한 열유동, 구조 및 강도 해석을 수행하였다. 3D설계는 CAD(Computer Aided Design) 소프트웨어인 Pro Engineer를 이용하였다. 설계된 3D 도면을 Ansys Multiphysics로 불러들여 구조 및 강도해석을 하였고 CFD(Computational Fluid Dynamics) 소프트웨어인 Icepak으로 열유동해석을 수행하였다.

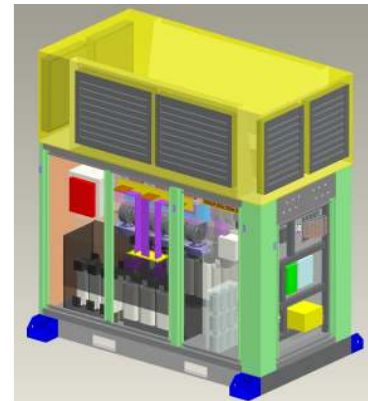


그림 1. EBOP PCU 3D 모델링

1. 서론

대용량 연료전지용 PCS 시스템은 전기, 기계적 설계 사양이 매우 높은 수준을 요구하고 있다. 이는 실외에 설치되어 설치 환경의 영향을 많이 받기 때문이다. 또한 발전 설비로서 안전성의 확보도 중요하다. 대용량 연료전지용 PCS 시스템의 개발에서 설계검증을 위해 제작을 하게 되면 많은 비용과 시간을 및 수행착오를 해야 한다. 이를 줄이고자 소프트웨어를 이용하여 3D설계하고 해석틀을 통해 데이터를 분석하여 설계보완을 반복적으로 시행하므로 짧은 기간에 최적화 설계를 할 수 있었으며 비용 손실을 최소화 할 수 있었다.

2. PCU (Power Conversion Unit)

2.1 3D 모델링

EBOP 시스템을 설계하는데 있어 실제 사용 되어지는 부품 크기로 모델링을 하였고 이를 외함 모델링 파일에 반영하여 실제크기와 동일하게 모델링 하였다. 열해석 및 구조해석에 대한 정확한 데이터를 얻기 위해 부착방법 및 볼트 크기까지 명시를 하였으며 재질등에 대한 데이터도 명시가 되어졌다. 그림 1은 PCU를 3D 모델링 한 것으로 모델링 파일은 열해석 및 구조해석에 반영 되어지며 제작을 위한 2D 도면 및 하네스 도면, 제작순서 도면 등으로 생성할 수 있다.

2.2 열유동 해석

Ansys Icepak을 통해 3D 모델링 파일을 불러들이고 간략화 작업을 진행하였다.

간략화 작업은 해석을 보다 빠르게 진행하기 위한 것이므로 해석에 영향을 미치지 않는 부품에 대해서 간략화 작업을 하였다.

정확한 해석 결과를 도출하기 위해서는 중요한 요소의

격자를 세밀하게 생성하여 보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 정확한 해석을 위해 경계조건의 입력이 중요한 요소이며 경계조건으로 재질 및 발열량, 냉각팬 특성곡선, 주변환경 조건등을 입력하였다.

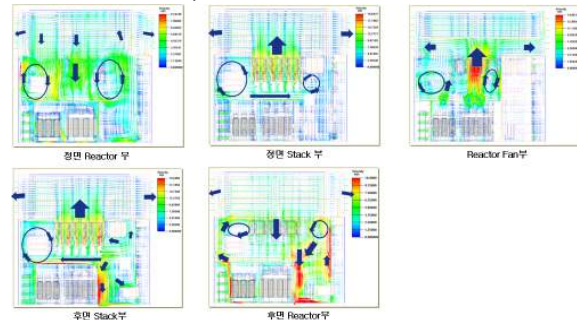


그림 2. 열해석 X-Y 평면 단면도

그림2는 열해석에 대한 X-Y 평면을 5개의 층으로 나누어 보여주는 것으로 여러 번의 시행착오를 거쳐 얻은 데이터다.

2.3 구조 및 강도해석

3D 모델링 파일을 MID-surface를 사용하고 불필요한 부품을 제거하여 단순화 모델을 Multiphysics로 불러 들였다. Bolt 체결 부위는 Rigid 요소로 모델링 하였고, Bolt 및 삭제된 부품의 질량은 Point mass를 이용하여 보완하였다. 각 부분에 대한 재질 및 두께 등에 대한 데이터를 입력하고 시스템을 고정하기 위한 고정볼트에 대한 자료를 입력하고 바람, 눈, 지진, 운송 등에 대한 해석을 하기 위해 그림3과 같이 모델링 파일을 Triangle & Quadratic 요소 타입을 사용하여 격자를 생성 하였다.

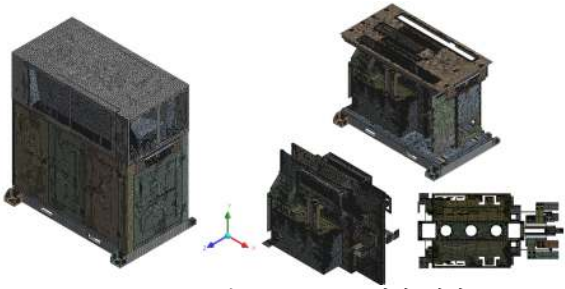


그림3. EBOP PCU 격자 생성

2.3.1 바람 & 눈 하중 해석

PCS 시스템은 실외 설치로 바람하중과 눈하중이 동시에 작용한다는 조건하에 구조해석을 수행하였다. 바람의 강도는 $200 \text{ kg/m}^2 @ 10.0584 \text{ m}$, 눈 하중은 161 kg/m^2 이다.

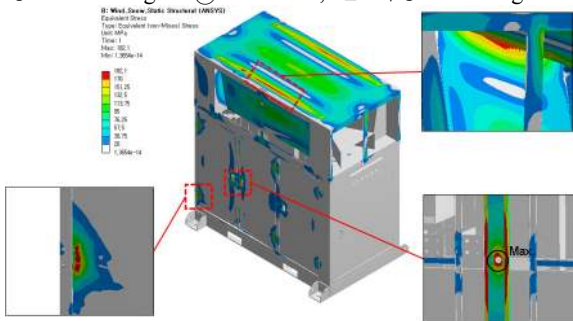


그림 4. 바람, 눈 하중 해석

바람하중에 의해 손잡이 부분이 가장 강한 스테레스가 발생하였으며, 눈하중에 의해서는 루버 측면에 스테레스가 발생하였다. 하중에 의해 변형이 생길 정도는 아니었으나 문고리 지지대를 설계에 반영하고 루버에 각도를 주어 이를 보완하였다.

2.3.2 Lifting

PCS 설치를 위해 크레인을 활용하여 Lifting할 경우를 대비하여 해석을 하였다. Lifting은 바람등에 의해 좌우 혹은 회전을 할 수 있어 이를 반영하여 해석을 하였다.

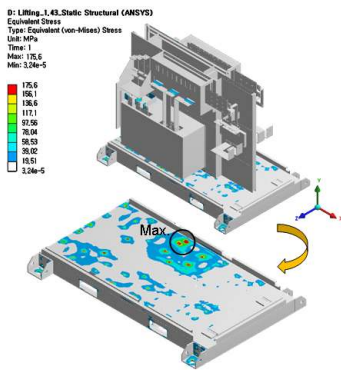


그림 5. Lifting 해석

2.3.3 Transportation

국내 및 국외 설치 지역까지 이송하기 위해서는 선박 및 차량 등의 운송 수단을 이용 하게 된다. 국외 설치를 위해서는 선박을 주로 이용하며 장시간의 트럭으로 비포장 도로를 주행 할 수 있다는 가정하에 데이터를 반영하였으며 선박 보다는 비포장 차량이동이 극한 조건으로 이를 이용하였다.

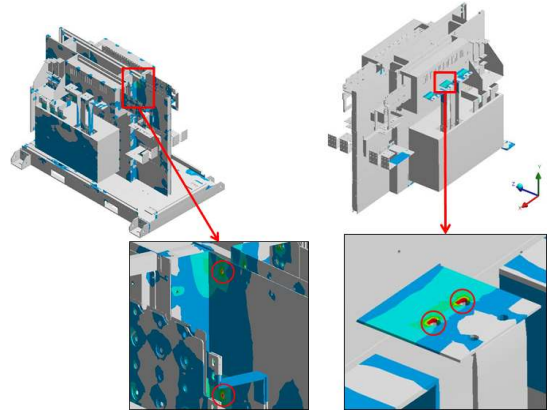


그림 6. 수송 내구성 해석

2.3.4 Seismic

지진에 대한 해석은 본 설비가 설치되는 곳이 최대 지진 발생 지역이라는 가정하에 원자력 발전소가 설치되는 환경조건을 적용하였다.

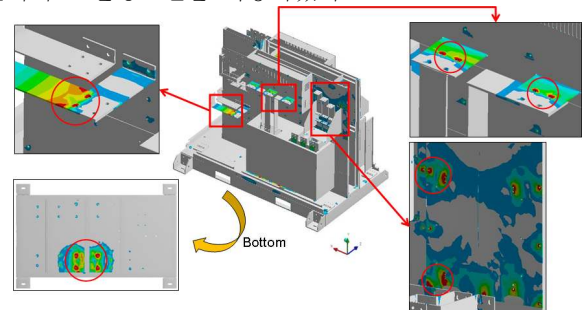


그림 7. Seismic 해석

중관 및 리액터 고정 부위에 대한 스트레스가 가장 크게 나타나 보강을 하였다.

3. 결론

PCS의 열유동 및 구조 해석은 13차에 걸쳐 모델 수정 보완, 최적화 과정을 거쳤다. 이러한 과정을 거치면서 초기 구조설계에서 예상하지 못했던 공기의 흐름과 그에 의한 방열 성능에 대한 영향 등을 최적화 하였다. 해석과정을 실제로 제작하여 시험, 수정보완 하는 과정을 거쳤다면 많은 시간과 비용이 필요 했을 것이다. 그러나 소프트웨어를 이용하여 문제를 파악하고 수정 보완 할 수 있었다. 열 유동해석으로 구조 및 배치가 완료된 파일을 구조해석 소프트웨어로 보내서 하중, 진동 등에 대한 해석을 수행하였다.

해석 프로그램들이 하나로 통합되어 가면서 해석 소프트웨어에 대한 신뢰성이 증가하였고 이를 뒷받침 할 수 있는 컴퓨터의 성능 향상으로 설계/제작/시험에 대한 시간, 비용이 매우 절약될 수 있음을 확인 하였다.

Reference

- [1] 김왕래, 임창진, 김광섭, “대용량 EBOP 시스템의 방열설계”, 포스콘 기술보, 2008-25 호
- [2] ATES, “연료전지용 EBOP 시스템 해석 최종보고서”, ATES, 2009