

전산 열 유동 해석을 통한 ESS의 내부 열 유동분포 특성 연구

이인준*, 진태환*, 김경화*, 조경철*, 정재윤**

*한국섬유기계융합연구원

** (주)인텍에프에이

e-mail:ijlee@kotmi.re.kr

A Study on the Internal Thermal Flow Characteristics of an ESS Using Computational Thermal-Fluid Analysis

Injun Lee*, Tae-Hwan Jin*, Kyung-hwa Kim, Kyung-Chul Cho*, Jae-yoon Jung*

*Korea Textile Machinery Convergence Research Institute

**INTECH FA Co., Ltd

요약

에너지 저장 시스템(Energy Storage System, ESS)은 신재생에너지의 변동성을 보완하고 전력 품질을 안정화하는 데 필수적인 핵심 설비로 자리 잡고 있습니다. 그러나 ESS는 고밀도 전력 저장 특성상 운전 중 내부 발열이 크게 발생하며, 이에 따른 온도 상승은 셀의 열화, 시스템 수명 단축, 심지어는 열폭주(Thermal Runaway)와 같은 심각한 안전 문제로 이어질 수 있다. 따라서 ESS의 안정적 운영을 위해서는 내부 열 유동 특성을 정밀하게 분석하고 이를 기반으로 한 열 관리 및 냉각 설계가 필수적이다. 본 연구에서는 전산 유체 역학(Computational Fluid Dynamics, CFD) 해석 기법을 활용하여 ESS 캐비닛 내부의 열 유동 분포를 정량적으로 분석하였으며, 주요 발열 부위의 온도 분포, 열 집중 현상, 공기의 흐름 패턴을 면밀히 파악하였으며, 특히 셀 배열, 냉각 팬 위치, 통로 형상 등의 구조적 요소가 열 유동에 미치는 영향을 상세히 분석하였다. 해석 결과, 특정 셀군 주변에서 열 집중이 발생하고, 비효율적인 공기 흐름으로 인해 냉각 성능이 저하되는 현상이 관찰되었으며, 이를 기반으로, 냉각 효율을 향상시키기 위한 설계 개선 방향도 제시하였다. 본 연구는 CFD 기반 열 유동 해석이 ESS 설계 및 열 관리 시스템 최적화에 유효한 수단임을 입증하였으며, 향후 ESS 고출력화 및 대형화에 대비한 안정성 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

에너지 저장 시스템(ESS)은 전력망 안정성을 높이는 핵심 설비이나, 충·방전 시 발생하는 열로 인해 성능 저하와 안전 문제가 발생할 수 있다. 기존 실험 기반 연구는 한계가 있어, 본 연구는 전산 유체 역학(CFD)을 활용해 ESS 내부 열 유동 분포와 열 집중 현상을 분석하고, 효율적인 열 관리 방안을 모색하고자 한다.

2. 전산해석



[그림 1] 해석을 위한 ESS 3D 모델링

위의 그림은 ESS 형상을 나타내며, 전산 열유동해석을 통해 ESS 열분포 및 냉각 특성을 분석하였다.

3. 결론

본 연구에서는 전산 유체 역학(CFD) 해석을 통해 에너지 저장 시스템(ESS) 내부의 열 유동 분포와 발열 집중 현상을 정량적으로 분석하였다.

이를 기반으로 냉각 경로 최적화, 공기 흐름 개선, 발열원 재배치와 같은 열 관리 설계 개선 방향을 제시하였다. CFD 해석이 ESS 설계 초기 단계에서 잠재적 열 위험 요소를 사전에 파악하고 안전성을 강화하는 데 효과적인 도구임을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 다양한 충·방전 패턴, 외부 환경 조건까지 반영하여 보다 정밀한 열 유동 모델을 구축하고, 냉각 성능을 극대화할 수 있는 방안을 제안할 예정이다.

후기

이 연구는 2024년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : 20031919)

참고문헌

[1] Yul-Ho Kang, "An Analytical Study on Thermal Management of Battery for Air Flow in ESS Cooling Rack", Journal of Power System Engineering, 2020, Vol. 24, No.2, pp37-44..