

계통연계형 ESS 성능평가를 위한 실시간 계통시뮬레이터 개발

진태환*, 이인준*, 정재윤**, 조경철*
 *한국섬유기계융합연구원 에너지DX연구센터
 ** (주)인텍에프에이 소프트웨어센터
 e-mail:jinth@kotmi.re.kr

Development of Real-Time Grid Simulator for Performance Test of Power Grid Tied ESS

Tae-Hwan Jin*, In-Jun Lee*, Jae-Yoon Jeong**, Kyung-Chul Cho*
 *Enegy DX Research Center, Korea Textile Machinery Convergence Research Institute
 **Software Center, Intech-FA Inc.

요약

본 논문에서는 발전-송전-부하 시스템을 포함하는 국가 단위 전력 시스템에 연결된 대규모 ESS의 실시간 동적 성능 평가를 위한 시뮬레이터를 소개한다. 실제 주파수 사고 사례와 같은 조건으로 모의 결과가 유사도 0.9% 가량 확인된 발전 및 부하 관성 모델이 포함된 전력 시스템 개발하였으며, 이를 통해 국내 총 14개 사이트에 연계된 380MW급 계통 연계형 ESS 시스템을 가상 물리 모델로 구현하였다. 그래서, 관성 모델이 포함된 계통 ESS 시스템의 응답 특성에 따른 계통의 과도 주파수 상태를 확인할 수 있으며, 최적의 ESS 응답 속도 조건을 보여줍니다.

1. 서론

최근 전력망 시스템은 기존의 화석 연료 중심의 중앙 발전 소와 신재생 에너지의 분산 전원을 기반으로 운영되고 있으며, 이는 계통의 복잡성, 관성 저하 등의 현상으로 주파수 제어 부분에 많은 문제를 야기하고 있다.

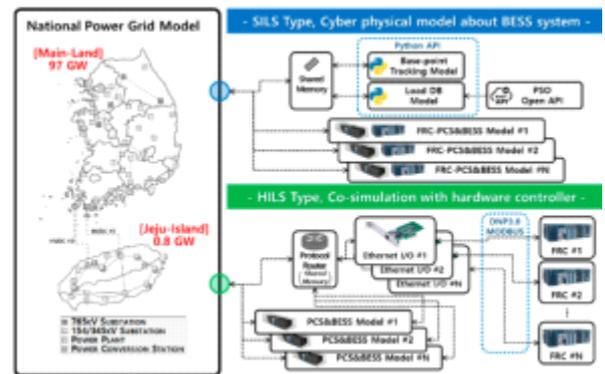
그래서 BESS(Battery Energy Storage System)가 PFC(Primary Frequency Control)로 각광받고 있으며 다양한 연구 및 실증이 진행되고 있습니다.[1-3] 다만, 많은 연구에서 물리적 제어 응답 속도에 따른 주파수 조정에 대한 효과를 고려하고 있지 않고 BESS 시스템의 최적 제어를 구현하고 있습니다. 이는 오히려 기존 전력 계통 시스템의 관성 시스템을 고려하지 않기 때문에 준과도상태 (Quasi-Treansient State)에서의 계통 주파수 제어에 어려움을 겪고 있습니다.

본 연구에서는 국가 단위의 실시간 동적 계통 시뮬레이터를 활용하여 BESS의 응답 지연 시간에 따라 최적의 제어 조건을 찾기 위해 계통 주파수의 실시간 특성 궤적 분석 결과를 분석하여 제어 알고리즘과 통신 토폴로지의 영향 및 타당성 평가 결과를 제공합니다.

2. 연구내용

2.1 시뮬레이터 구성

실시간 동적 시뮬레이터는 제주와 육지를 포함하는 국가 단위로 총 97.8 GW규모로 구성되어 있으며, 중앙 급전 발전기 모델 177개, HVDC 모델 4회선, 동적 부하 모델 100GW과 100GW 규모의 부하모델, 14개 사이트에 연계된 380MW(PCS 기준) 계통 연계형 주파수 조정 BESS 모델을 구성되어 있습니다.

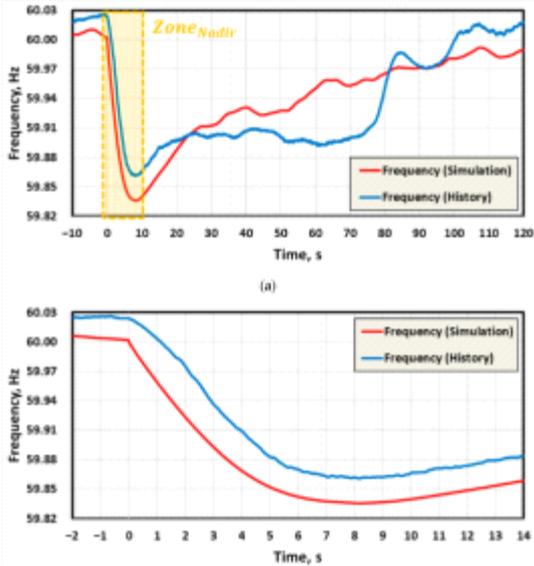


[그림 1] 실시간 동적 시뮬레이션 구성도

2.2 시뮬레이터 성능

시뮬레이터의 동적 주파수 모델을 검증하기 위해 주파수 과도 상태 이력 데이터를 사용하여 비교 분석을 수행했습니다. 그 결과, 실제 이력에서는 0.1632 Hz의 주파수 강하와 최대 주파수 하락 지점까지 8.16초가 소요 되었으며, 시뮬레이션에서는 0.1648 Hz의 주파수 강하와 7.88초의 시간이 소요되

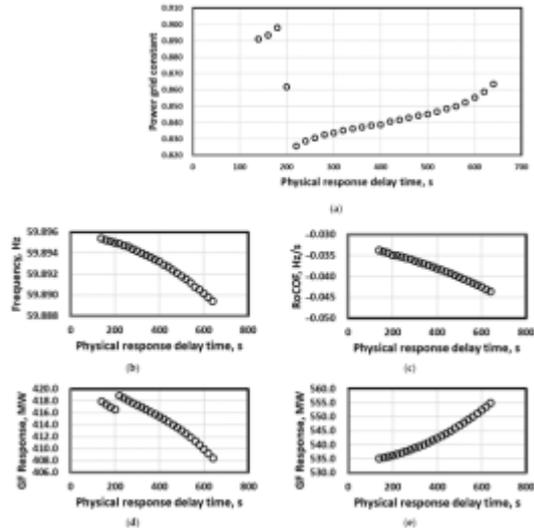
였습니다. 이를 통해 평균 RoCoF을 계산하면 실제 이력은 0.0207 Hz/s, 시뮬레이션은 0.0202 Hz/s로 나타났습니다. 그 결과 주파수 강하 오차율은 0.9%, 시간 오차율은 3.5%, 평균 RoCoF 오차율은 2.48%로 과도 상태에서의 시뮬레이션 유사도가 높음을 확인하였습니다.



[그림 2] 시뮬레이터 검증을 위한 사고 이력과의 비교 결과

3. 결론

시뮬레이터의 성능 평가를 통해 시뮬레이션의 정합도를 확인한 다음 SILS(Software In-the Loop) 시스템을 통해 제어 알고리즘을 분석하고, 실제 PFC 제어기와 연계하여 HILS(Hardware In-the Loop) 시스템을 구성하여 실제 하드웨어의 성능이 구현되는지를 확인해 보았습니다.

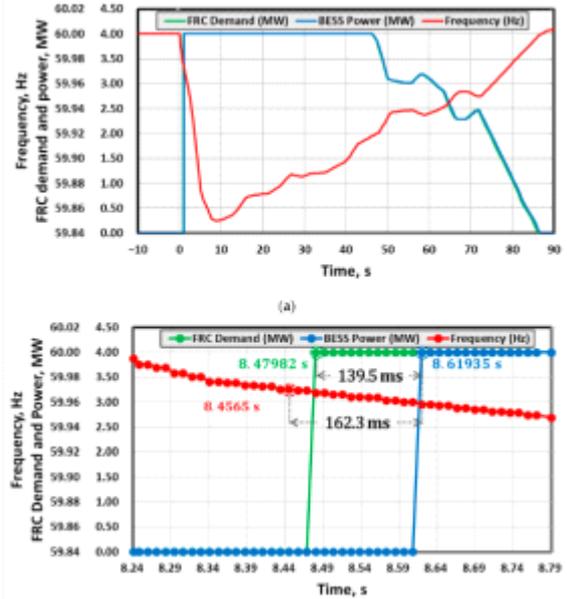


[그림 3] SILS 환경에서의 제어 알고리즘 분석

그림 3는 물리적 응답 지연속도 140 ~ 640ms일 때의 BESS 시스템의 주파수 과도 상태에 대한 특성 궤도 상태를 분석한

것으로 200ms 보다 빠르게 응답해야지만 중앙 급전 발전기의 GF 모드와 협제어를 하면서 최적의 주파수 응답 제어가 가능하다는 것을 확인 할 수 있었다.

이를 통해 우리는 200ms을 구현할 수 있는 다양한 통신 프로토콜(MODBUS)에 적용하여 그림 4와 같이 200ms 이내의 성능을 확인할 수 있었다.



[그림 4] HILS 환경에서의 제어 특성 분석

참고문헌

- [1] Jo, H.; Choi, J.; Agyeman, K.A.; Han, S. Development of frequency control performance evaluation criteria of BESS for ancillary service: A case study of frequency regulation by KEPCO. In Proceedings of the 2017 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT - Asia), Auckland, New Zealand, 4 - 7 December 2017; pp. 1 - 5.
- [2] Sanduleac, M.; Toma, L.; Eremia, M.; Boicea, V.A.; Sidea, D.; Mandis, A. Primary frequency control in a power system with battery energy storage systems. In Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe), Palermo, Italy, 12 - 15 June 2018; pp. 1 - 5.
- [3] Stein, K.; Tun, M.; Matsuura, M.; Rocheleau, R. Characterization of a fast battery energy storage system for primary frequency response. *Energies* 2018, 11, 3358.