

이동형 성능평가 시험장치를 이용한 MW급 ESS의 현장시험평가에 관한 연구

최익준*, 한병길*, 박찬욱*, 김경희*, 노대석*

*한국기술교육대학교 전기공학과

e-mail: pluslaw83@gmail.com

A Study on SAT of MW Scale ESS Using Movable Performance Evaluation Test Equipment

Ik-Joon Choi*, Byeong-Gill Han*, Chan-Wook Park*, Kyung-Hwa Kim* and Dae-Seok Rho*

*Dept. of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

최근 세계적으로 자원 고갈과 심각한 기후 변화로 에너지에 대한 관심이 증폭되면서 스마트그리드와 신재생 에너지 기술이 각광받고 있다. 이러한 기술의 가장 핵심적인 요소인 ESS는 각 제품의 품질과 성능 및 안전성이 보장되더라도 현장에 설치하는 사람 혹은 운용환경에 따라 특성이 달라지므로, 현장에 설치된 ESS에 대한 성능 및 안전성 시험평가 기술의 개발이 요구되고 있다. 또한, 미국 및 독일과 같은 선진국에서는 ESS의 성능과 안전성을 정확하게 평가하기 위하여, H/W와 S/W에 의한 성능시험을 요구하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 현장에 설치되어 운용중인 ESS의 성능과 안전성을 정확하게 평가하기 위해, MW급 이동형 성능평가 시험장치를 구현한다. 이 장치는 충전회로부, 정류기부, 저역통과 필터부, 인버터부 및 사인 필터부 등으로 구성된다. 또한, 시험장치를 이용하여 ESS와 연계하여 운용하는 경우, 설치환경에 따라 전기적, 자기적 간섭현상에 대응할 수 있는 방안을 제시한다. 상기에서 제시한 MW급 구현한 이동형 시험장치를 바탕으로 특성시험을 수행한 결과, 과전압시험, 부족전압시험, 주파수상승시험, 주파수하강시험에 있어서 모두 ESS가 보호기능을 가지고 있어 안정적으로 정지함을 확인할 수 있었다.

1. 서 론

최근 세계적으로 자원 고갈과 심각한 기후 변화로 그린 에너지에 대한 관심이 증폭되면서 스마트 그리드와 신재생에너지 기술이 각광받고 있다. 이러한 기술의 핵심적인 요소인 ESS(energy storage system)는 전력변환장치부(power conversion system, PCS)와 배터리부로 구성되는데, 각각의 장치들은 공장인수시험(factory acceptance test, FAT)을 수행한 후 현장에 설치된다. 하지만, ESS는 각 제품의 품질과 성능 및 안전성이 보장되더라도 현장의 환경 혹은 조립하는 사람에 따라 완성 품질이 달라지므로, 현장에 설치된 ESS의 성능 및 안전성에 대한 현장평가지험(site acceptance test, SAT)기술의 개발이 요구되고 있다. 또한, 미국 및 독일과 같은 선진국에서는 ESS의 성능과 안전성을 정확하게 평가하기 위하여, H/W와 S/W에 의한 성능시험을 요구하고 있는 실정이다[1-6]. 따라서, 본 논문에서는 현장에 설치되어 운용중인 ESS의 성능과 안전성을 정확하게 평가하기 위해, MW급 이동형 성능평가 시험장치를 구현한다. 이 장치는 충전회로부, 정류기부, 저역통과 필터부, 인버터부 및 사인 필터부 등으로

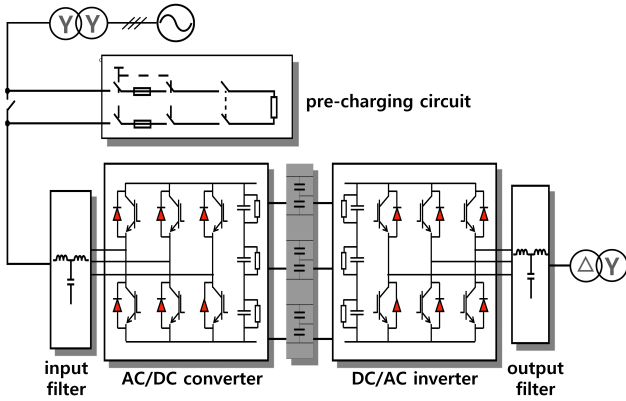
구성된다. 또한, 시험장치를 이용하여 ESS와 연계하여 운용하는 경우, 설치환경에 따라 전기적, 자기적 간섭현상에 대응할 수 있는 방안을 제시한다. 상기에서 제시한 MW급 구현한 이동형 시험장치를 바탕으로 특성시험을 수행한 결과, 과전압시험, 부족전압시험, 주파수상승시험, 주파수하강시험에 있어서 모두 ESS가 보호기능을 가지고 있어 안정적으로 정지함을 확인할 수 있었다.

2. ESS용 이동형 현장평가지험장치의 특성분석

2.1 ESS용 이동형 시험장치의 구성

배전계통의 주파수변동과 순시전압강하(sag), 순시전압상승(swell), 고조파, LVRT와 같은 계통외란을 유사하게 모의할 수 있는 계통모의장치는 양방향 전력변환장치를 이용하여 구성한다. 이 장치는 그림 1과 같이 충전회로부, 정류기부, 저역통과 필터부, 인버터부 및 사인 필터부 등으로 구성된다. 즉, 정류기부와 인버터부를 통하여 AC전력을 DC로 변환하

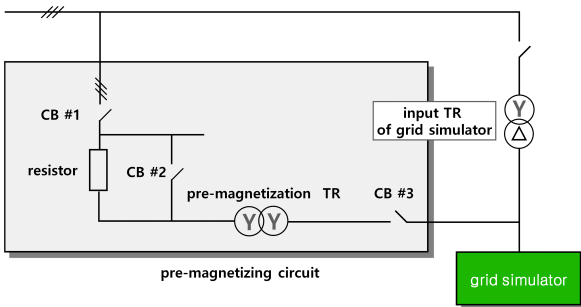
고, DC전력을 다시 AC로 변환하여 전압과 주파수, 위상을 출력하며, 각각의 필터부를 통하여 전력변환 시 발생하는 고조파를 저감시킨다. 이 장치의 주요 기능은 전압설정범위를 0~550[V]까지 0.1[V] 단위로 전압변동이 가능하며, 주파수 불변 상태에서 순간정전과 같은 전압급변이 가능하다. 또한, 정격 주파수는 0.1[Hz]단위로 최대 60 ± 10 [Hz] 까지 가변 가능하며, 고조파(1~50차)는 최대 10[%]까지 발생시킬 수 있다.



[그림 1] 이동형 성능평가 시험장치의 구성

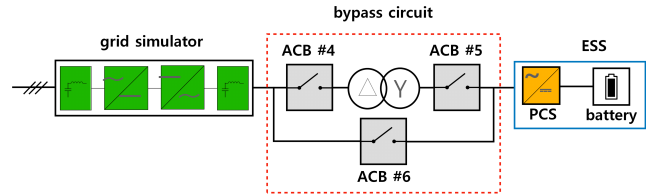
2.2 ESS용 성능평가 시험장치의 운용사례 분석

시험장치를 이용하여 변압기 용량이 작은 수용가에 시험을 하는 경우, 초기 운전 시 수용가 측 변압기에 흐르는 전류는 입력변압기의 정격 전류의 10배까지 상승하여, 수용가 측 보호기가 동작하는 현상이 발생할 수 있다. 이에 따라, 그림 2와 같이 시험장치용 입력변압기의 기동전류를 제한할 수 있는 초기충전회로를 추가하여 시험을 수행한다.



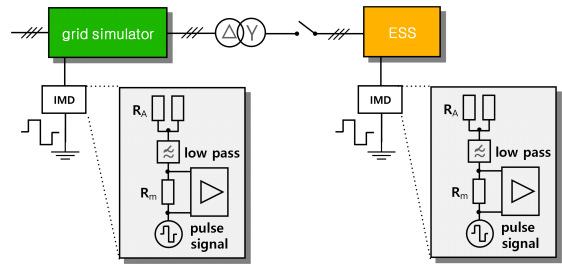
[그림 2] 시험장치용 입력 변압기의 초기충전회로 구성도

또한, LVRT 시험과 같은 빠른 응답속도를 요구하는 특성 시험을 수행하는 경우, 150[ms] 동안 0[pu]의 전압을 유지해야 하지만, ESS용 연계용 변압기와 시험장치용 출력변압기의 여자전류로 인해 전압출력특성이 저하되는 현상이 발생할 수 있다. 이에 따라, Fig. 3과 같이 시험장치의 출력 측에 바이패스 회로를 구성하여 응답속도를 개선할 수 있다.



[그림 3] 시험장치용 by-pass 회로도

한편, 지락사고를 검출하는 IMD는 ESS와 시험장치에 각각 설치되는데, 시험장치를 ESS에 연계하는 경우, Fig. 4와 같이 각 장치의 공통접지에 의하여 폐회로가 형성되어 IMD 간의 간섭현상으로 인해 시험장치가 정지할 수 있으므로, 시험장치의 IMD 기능을 제외시키고 시험을 수행한다.



[그림 4] 시험장치 및 ESS용 IMD 구성도

3. 시험 및 결과 분석

3.1 시험 조건

본 논문에서 제시한 MW급 이동형 현장평가시험장치와 ESS간의 특성을 분석하기 위한 시뮬레이션 조건은 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, ESS의 배터리 용량은 1[MWh], PCS용량은 1[MW]로 상정한다. 또한, 과전압시험을 위한 전압은 110% ~ 120% 값으로 상정하며, 저전압시험을 위한 전압은 45~85%의 전압으로 상정한다. 한편, 주파수상승시험은 60.7Hz, 주파수하강시험은 59Hz 값으로 상정하여 시험을 수행한다.

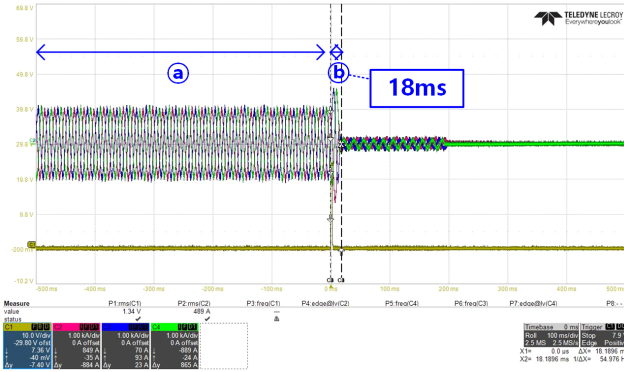
[표 1] 시뮬레이션 조건

항목		내용
ESS	배터리 용량	1[MWh]
	PCS 용량	1[MW]
과전압시험		110%~120%
부족전압시험		45%~85%
주파수상승시험		60.7Hz
주파수하강시험		59Hz

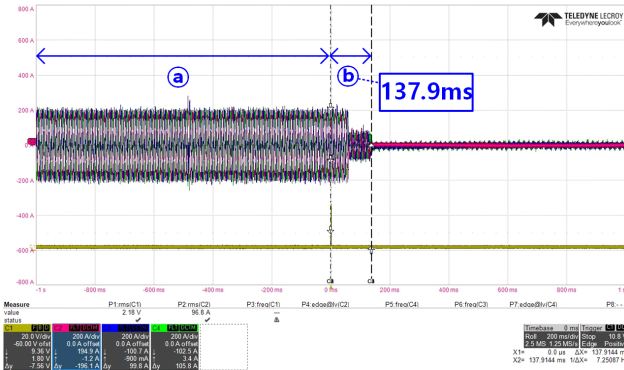
3.2 과전압시험 특성

표 1의 시뮬레이션에 따라 현장에 설치된 ESS의 과전압시험을 수행하면 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 그림

5의 (a)와 (b)는 각각 A, B 사이트에 전압을 정격전압의 120%를 인가한 경우이다. 즉, 그림 5(a), 그림 5(b)의 ㉔ 구간에서 ESS가 각각 약 18ms, 137.9ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 과전압 방지기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.



(a) A 사이트

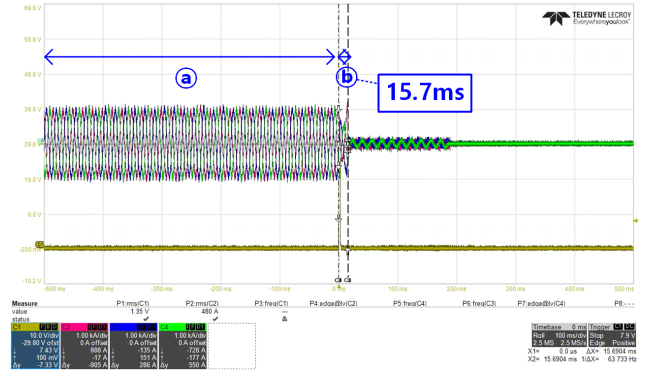


(b) B 사이트

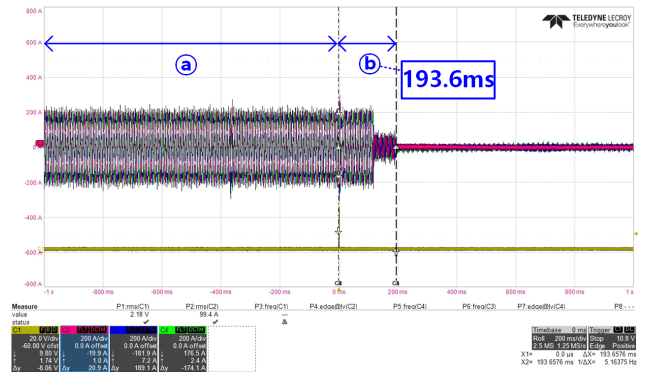
[그림 5] 과전압시험 특성

3.3 부족전압시험 특성

표 1의 시물레이션에 따라 현장에 설치된 ESS의 부족전압 시험을 수행하면 그림 6과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 그림 6의 (a)와 (b)는 각각 A, B 사이트에 전압을 정격전압의 85%를 인가한 경우이다. 즉, 그림 6(a), 그림 6(b)의 ㉔ 구간에서 ESS가 각각 약 15.7ms, 193.6ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 부족전압 방지기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.



(a) A 사이트

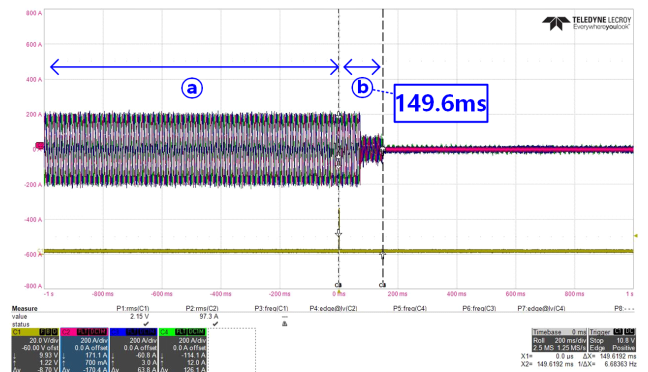


(b) B 사이트

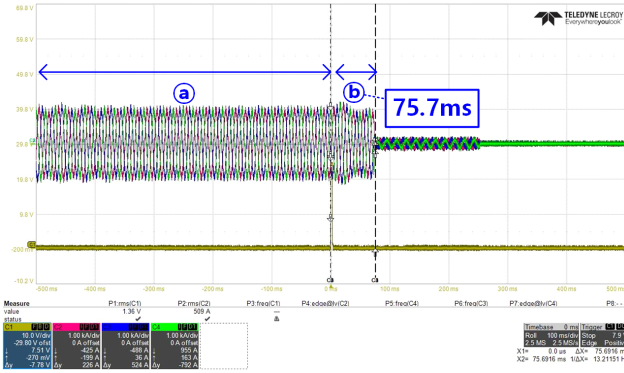
[그림 6] 부족전압시험 특성

3.4 주파수상승시험 특성

현장에 설치된 ESS의 주파수상승시험을 수행하면 그림 7과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 그림 7의 (a)와 (b)는 각각 A, B 사이트의 주파수를 60.7Hz로 상승시킨 경우이다. 즉, 그림 7(a), 그림 7(b)의 ㉔ 구간에서 ESS가 각각 약 149.6ms, 75.7ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 주파수상승 보호기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.



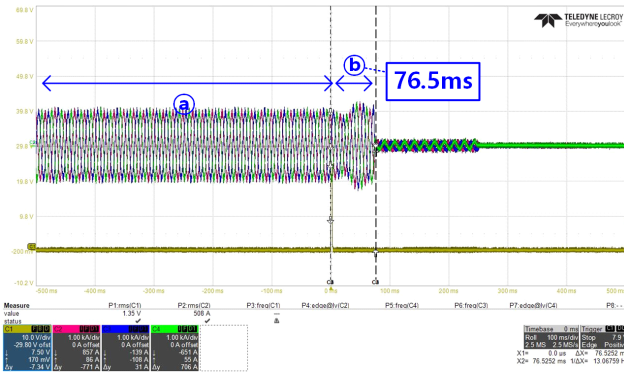
(a) A 사이트



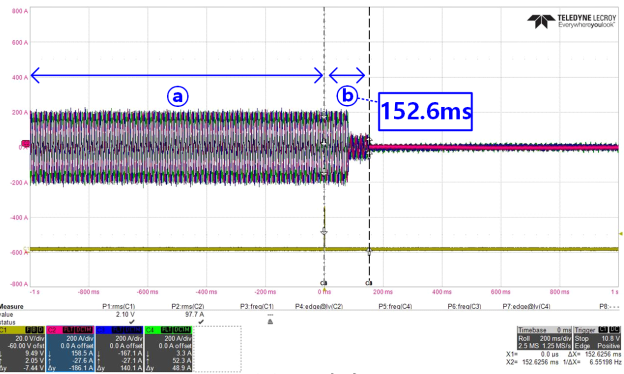
(b) B 사이트
[그림 7] 부족전압시험 특성

3.5 주파수하강시험 특성

현장에 설치된 ESS의 주파수하강시험을 수행하면 그림 8과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 그림 8의 (a)와 (b)는 각각 A, B 사이트의 주파수를 50Hz로 하강시킨 경우이다. 즉, 그림 8(a), 그림 8(b)의 ㉑ 구간에서 ESS가 각각 약 76.5ms, 152.6ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 주파수하강 보호기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.



(a) A 사이트



(b) B 사이트
[그림 8] 부족전압시험 특성

5. 결 론

본 논문에서는 현장에 설치되어 있는 ESS의 성능을 검증

하고 신뢰성을 평가하기 위해, MW급 이동형 성능평가 시험장치를 구현하여, 이동형 성능평가 시험장치를 이용하여 ESS가 설치된 현장에서 과전압시험, 부족전압시험, 주파수상승시험, 주파수하강시험을 수행한다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 과전압시험의 경우, ESS가 각각 약 18ms, 137.9ms 동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 또한, 부족전압 시험의 경우, ESS가 각각 약 15.7ms, 193.6ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 과전압 및 부족전압 방지 기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

(2) 주파수상승시험의 경우, ESS가 각각 약 149.6ms, 75.7ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 또한, ESS가 각각 약 76.5ms, 152.6ms동안 운전이 지속된 후 정지함을 알 수 있다. 따라서, 주파수상승 및 하강의 보호기능을 가지고 있음을 확인할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No.20214910100010, 20191210301940)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 박재범, 김미성, 노대석, “30kW급 ESS용 이동형 성능평가 시험장치의 구현 및 특성분석”, 전기학회논문지, 제 67권 6호, pp. 715-723, 2018.