

MW급 이동형 현장시험평가 장치를 이용한 ESS의 효율시험 및 단독운전방지시험

최익준*, 한병길*, 김지명*, 황소연**, 노대석*

*한국기술교육대학교, **티팩토리

e-mail: pluslaw83@gmail.com

Round-trip Efficiency and Anti-islanding Test with Movable SAT Test Device for MW Scale ESS

Ik-Joon Choi*, Byeong-Kil Han*, Ji-Myeong Kim*, So-Yeon Hwang**,
Dae-Seok Rho*

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

**TFactory

요약

ESS는 각 제품의 품질 및 안전성이 보장되더라도 현장에서 조립하는 사람 혹은 환경에 따라 완성 품질이 달라지므로, 현장에 설치된 ESS에 대한 안전성 시험평가기술의 개발이 요구되고 있다. 또한, 선진국에서는 ESS의 성능을 보다 정확하고 신뢰성 있게 검증하기 위하여, H/W에 의한 성능 시험뿐만 아니라 S/W에 의한 성능검증도 요구하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 현장에 설치되어 있는 ESS의 성능을 평가하기 위해, MW급 이동형 현장 시험평가 장치를 이용하여, ESS의 충방전 효율을 평가할 수 있는 Round-Trip 효율시험과, ESS용 PCS가 계통전원의 정전 시 단독으로 운전하는 것을 방지하는 단독운전방지 시험 특성을 제시한다. 또한, 현장에 설치되어 있는 ESS를 대상으로 현장시험평가를 수행한 결과, Round-trip 효율시험 및 단독운전시험에 대한 MW급 ESS의 성능을 정확하게 평가할 수 있어, 본 논문에서 제시한 시험평가장치의 유용성을 확인하였다.

1. 서론

최근 세계적으로 전력수급에 어려움을 겪고 있는 상황에서, 단기적으론 전력부족 현상을 해결하며 장기적으로는 전력공급 확충, 전력 수요관리 및 신재생에너지 보급 등을 위하여 ESS의 보급이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 우리나라는 ESS 산업의 활성화를 위하여, 2016년부터 ESS 활용촉진 요금제 도입, ESS 저장전력의 전력시장 거래허용, 풍력·태양광 발전소에 ESS 설치신재생에너지 공급인증서(REC: Renewable Energy Certificate) 가중치 부여 등 집중적인 지원정책을 펼치고 있다. 이러한 ESS는 대부분 현장에서 조립이 완성되는 현장설치 완성형 제품으로 각 제품의 품질 및 안전성이 보장되더라도 현장에서 조립하는 사람 혹은 환경에 따라 완성 품질이 달라지므로, 설치공정의 표준화 및 현장에 설치된 ESS에 대한 안전성 시험평가기술의 개발이 요구되고 있다. 또한, 국제전기기술위원회(IEC TC120)에서는 기존의 FAT(factory acceptance test)수준의 평가뿐만 아니라, 현장에서의 안전 및 성능평가에 대한 중요성을 인식하여, 필드단위에서의 시험평가기준에 대한 국제표준이 논의되고 있으며, ESS의 성능을 보다 정확하고 신뢰성 있게

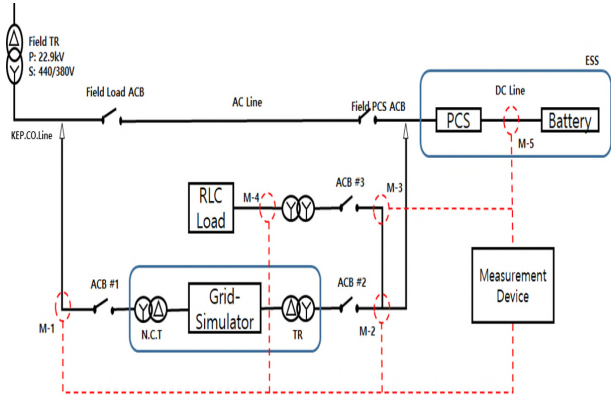
검증하기 위하여, H/W에 의한 성능 시험뿐만 아니라 S/W에 의한 성능검증도 요구하고 있는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 현장에 설치되어 있는 ESS의 성능을 평가하기 위해, MW급 이동형 현장 시험평가 장치를 이용하여, 현장에 설치되어 있는 ESS의 충방전 효율을 확인할 수 있는 Round-Trip 시험과, ESS PCS가 계통전원의 정전 시 독립적으로 운전하는 것을 방지하는 단독운전방지 시험 구성을 제시한다. 또한, 현장에 설치되어 있는 ESS를 대상으로 현장시험평가를 수행한 결과, Round-trip 시험 및 단독운전시험에 대한 ESS의 성능을 정확하게 평가할 수 있어, 본 논문에서 제시한 시험평가방법의 유용성을 확인하였다.

2. ESS의 효율시험 및 단독운전방지시험 장치의 구성

2.1 이동형 현장시험평가 장치의 전체구성

현장에 설치되어 있는 ESS의 성능평가를 수행하기 위한 이동형 성능평가 시험장치는 그림 1과 같이 계통모의장치, 수배전반, 계측장비 및 컨테이너반으로 구성된다. 여기서 계통

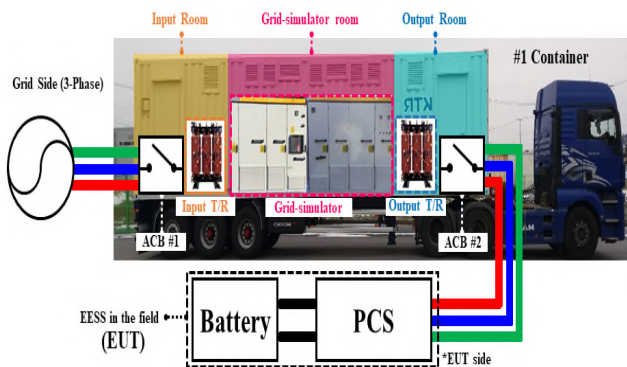
모의장치는 계통에서 발생하는 각종 외란을 모의할 수 있는 장치로서, 현장에서 사용되고 있는 사용전압(380[V], 440[V])에 유연하게 대응할 수 있도록, 입력과 출력 측에 각각 노이즈 컷트 변압기와 가변형 변압기로 구성한다. 한편, 계측장비는 그림 1의 점선과 같이, 계통모의장치 1차측과 2차측 그리고 ESS DC측에 설치되며, 시험에 필요한 전압, 전류 등과 같은 데이터를 수집하는 역할을 수행한다.



[그림 1] ESS용 이동형 시험장치의 구성

2.2 Round-trip 효율시험 구성

일반적으로 시험기관에 입고해서 실시되는 ESS의 Round-trip 효율시험은 제조사에서 지정한 조건에 따라 5회의 충·방전 운전을 수행하고, 이때 연계점(POC: Point of connection)에서 충전되는 에너지와 방전되는 에너지의 양을 측정하는 방식으로 진행된다. 하지만 현장에서 5회에 걸쳐 Round-trip 효율시험을 수행하는 경우, ESS를 정상적으로 가동하지 못하기 때문에, 운용 수익에 대한 손실이 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 현장에서의 시험시간을 최소화하기 위하여, 시험 횟수를 1회로 줄이고 Round-trip 효율시험을 진행하였다. 구체적인 시험구성은 다음과 같다.

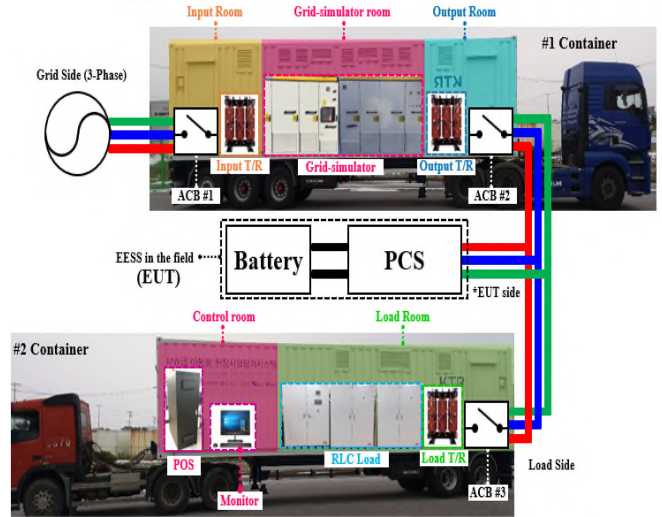


[그림 2] Round-trip 효율시험 구성

2.3 단독운전방지시험 장치의 구성

단독운전시험장치는 그림 3과 같이 ESS, 모의 RLC 부하, 계측제어장치 및 AC 전원으로 구성된다. 그림 3의 계측제어

장치에서 ESS의 출력과 RLC부하의 상호시험조건을 고려하여, 스위치 1을 개방시켜 단독운전 조건을 구현한다. 또한, 모의 RLC 부하는 유·무효전력부하를 모의할 수 있도록 정임피던스 부하(constants Z) 특성을이용하여 저항성, 유도성 및 용량성 부하로 구성한다. 구체적으로 저항성부하의 최대 용량은 상당 10[kW]로써 100[W]단위로 조정이 가능하고, 용량성부하와 유도성부하의 최대 용량은 상당 10[kVar]로써 100[Var] 단위로 가변할 수 있도록 MC를 이용하여 구성한다.



[그림 3] 단독운전시험장치의 구성도

3. 시험 결과 및 분석

3.1 시험 조건

MW급 SAT용 시험장치를 이용하여, Round-trip 효율, 단독운전방지시험을 수행한다. 표 1은 각 시험조건을 상세하게 나타낸 것으로, Round-trip 효율시험은 1 C-rate 충·방전률로 2회 진행하는 것으로 상정하며, 단독운전방지시험은 ESS 출력이 100[kW], 300[kW], 500[kW]로 운전되고 있는 경우를 상정한다.

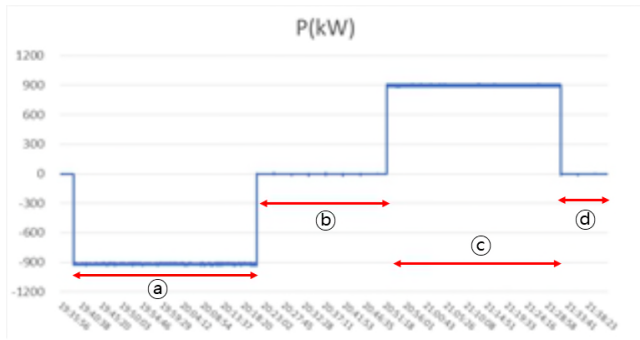
[표 1] 시험 조건

Round-trip	Charging/Discharging rate	1 C-rate
	Number of Cycle	1 Cycle
Anti-islanding	ESS Output Power	NDZ, 100[kW], 300[kW], 500[kW]

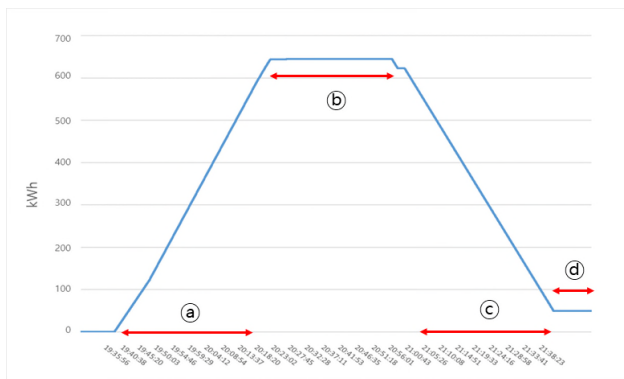
3.2 Round-trip 효율시험

상기의 조건에 따라 Round-trip 효율시험을 수행하면 그림 4와 같이 나타낼 수 있다. ESS의 SOC가 10% 일 때 시작하여, 여기서, 그림 4(a)는 ESS의 충·방전 운전과 휴지기간 동안의 유효전력을 나타내고, 그림 4(b)는 ESS의 누적 에너지양(SOC)을 나타낸 것이다. 즉, ㉠구간은 ESS를 1C-rate로 상한충전전압까

지 충전한 SOC 상태를 나타내며, 이때 충전전력량은 약 649[kWh]로 산정되었다. 또한, ㉔구간은 ESS를 1C-rate로 방전중지전압까지 방전한 상태이며 이때 방전전력량은 약 605[kWh]로 산정되었다. 한편, ㉑, ㉒구간은 ESS의 충·방전 운전 후 30분의 휴지시간을 나타낸다. 따라서, ESS의 용량은 방전량을 기준으로 605[kWh]가 산정되고, Round-trip 효율은 약 93.4%가 됨을 확인하였다.



(a) ESS의 출력



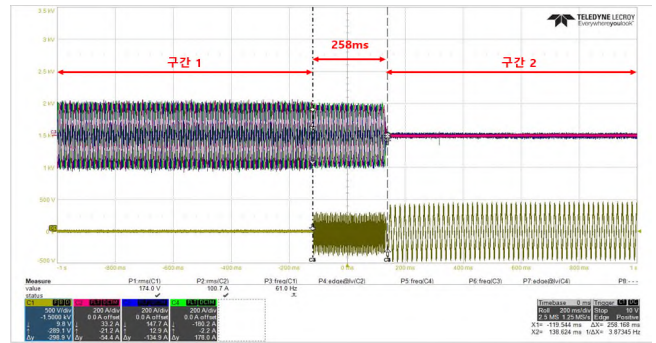
(b) ESS의 충방전 상태

[그림 4] Round-trip 효율 특성

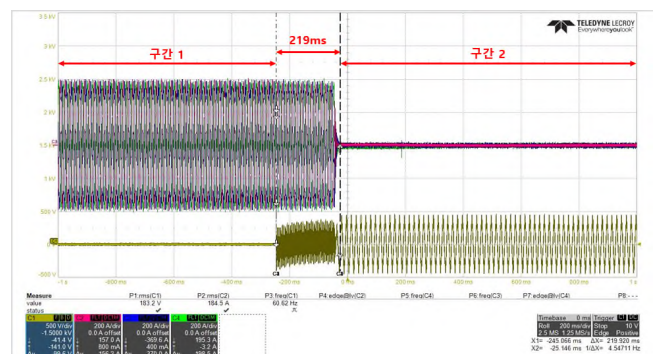
3.3 단독운전방지시험

MW급 이동형 계통모의장치로 ESS 출력이 100[kW], 300[kW], 500[kW] 일 때, 단독운전시험장치의 제어특성을 분석하면, 그림 5와 같다. 즉, 구간 1에서는 ESS의 출력과 모의 RLC 부하를 ESS 출력과 동일하게 설정하여, 오차 전류가 정격전류의 10[%] 미만이 되도록 제어한 값을 나타낸다. 또한 구간 2에서는 계통의 전원을 차단시켜 단독운전을 모의한 경우이다. 그림 (a)는 ESS 출력이 100[kW] 일 경우 계통전원이 차단되고, 약 258[ms] 동안 ESS 운전이 지속된 후 정지하는 것을 알 수 있으며, 그림 (b)는 ESS 출력이 300[kW]일 경우 219[ms] 동안 운전이 지속된 후 정지하며, 그림 (b)는 ESS 출력이 500[kW]일 경우 257[ms] 동안 운전이 지속된 후 정지하는 것을 알 수 있다. 따라서 100[kW], 300[kW], 500[kW]의 세 가지 시험결과 모두 계통전원 차단 후 0.5초 이내에 ESS

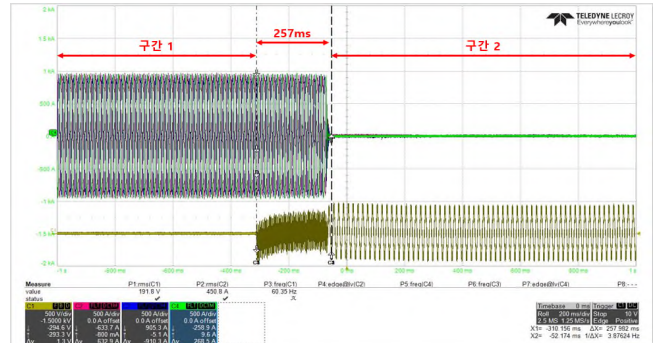
가 계통에서 탈락되어, 계통연계 기술기준에 만족함을 확인할 수 있었다.



[a] 100kW 단독운전시험방지시험



[b] 300kW 단독운전시험방지시험



[c] 500kW 단독운전시험방지시험
[그림 5] 단독운전방지시험 특성

4. 결 론

본 논문에서는 현장에 설치되어 있는 ESS의 성능을 평가하고 신뢰성을 검증하기 위하여, MW급 이동형 현장 시험평가 장치를 이용하여 ESS의 Round-trip 효율 및 단독운전방지시험을 수행하였다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) MW급 이동형 시험장치를 이용하여, Round-trip 효율에 대한 시험을 수행한 결과, ESS가 정해진 용량과 시간동안 정확하게 충·방전 운전을 수행 하였으며, 이때 ESS의 용량은

약 605[kWh]이고, Round-trip 효율은 약 93.4[%]임을 확인할 수 있었다.

(2) MW급 이동형 시험장치를 이용하여, 단독운전방지에 대한 시험을 수행한 결과, 100[kW], 300[kW], 500[kW] 일 때 모두 계통전원 차단 후 0.5초 이내에 ESS가 계통에서 탈락되어, 계통연계 기술기준에 만족함을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No. 20182410105070)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 박재범, 김미성, 노대석, “30kW급 ESS용 이동형 성능평가 시험장치의 구현 및 특성분석”, 전기학회논문지, 제 67권 6호, pp. 715-723, 2018.
- [2] 최성식, 강민관, 이후동, 남양현, 박지현, 노대석, “PSCAD/EMTDC를 이용한 주파수조정용 ESS의 계통 영향성 평가 모델링에 관한 연구”, 전기학회논문지, pp. 1024-1030, 제 67권 8호, 2018.
- [3] 이주광, 최성식, 강민관, 노대석, “주파수조정용 ESS의 성능검증 및 경제성평가 알고리즘에 관한 연구”, 산학기술학회 논문지, pp. 738-744, 제 18권 5호, pp. 738-744, 2017.