ESS용 이동형 현장평가시험장치의 운용방안에 관한 연구

최익준*, 한병길*, 조성덕*, 황승욱*, 노대석*
*한국기술교육대학교 전기공학과
e-mail:pluslaw83@gmail.com

A Study on Operation Methods of Movable SAT Device for ESS

Ik-Joon Choi*, Byeong-Gill Han*, Sung-Duck Cho*, Seung-Wook Hwang* and Dae-Seok Rho*
*Dept. of Electrical Engineering, Korea University of Technology and Education

요 약

ESS는 각 제품의 품질 및 안전성이 보장되더라도 현장에서 조립하는 사람 혹은 작업환경에 따라 완성 품질이 달라질 수 있다. 이에 따라, 국내 공인인증 시험기관에서는 ESS의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해, ESS용 이동형 현장평가시험장치를 구축하여 SAT(site acceptance test)를 수행하고 있다. 하지만, 현장평가시험장치를 이용하여 ESS와 연계하여 시험하는 경우, 설치조건에 따라 전기적, 자기적인 간섭 현상이 발생할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 이동형 현장평가시험장치와 ESS를 연계 시 IMD와 계통연계, 응답속도에 영향을 미칠 수 있는 운전특성에 대하여 분석하고, 대응방안을 제시한다. 또한, 이동형 현장평가시험장치를 이용하여 운전특성을 분석한 결과, 현장평가시험장치용 IMD의 동작을 정지시키는 경우, 간섭현상이 발생하지 않으므로 연계운전이 가능함을 알 수 있었고, 시험장치용 입력변압기에 초기충전회로를 구성하여, 돌입전류를 제한시켜 수용가 계통에 정전을 방지하였으며, 계통모의장치용 출력변압기에 by-pass회로를 구성하여, 빠른 응답속도로 동작할 수 있음을 알 수 있었다.

1. 서 론

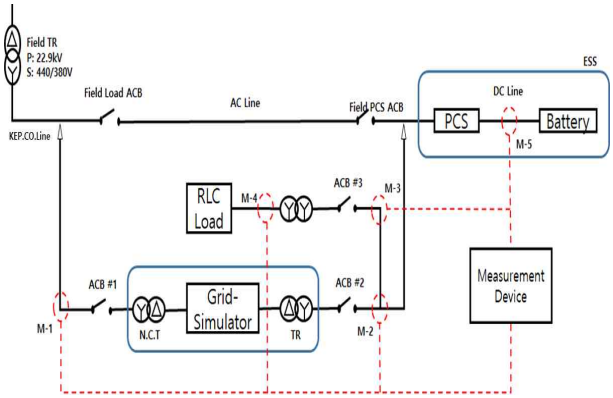
최근 세계적으로 전력수급에 어려움을 겪고 있는 상황에서, 단기적으론 전력부족 현상을 해결하며 장기적으로는 전력공급 확충, 전력 수요관리 및 신재생에너지 보급 등을 위하여 ESS의 보급이 활발하게 진행되고 있다. 특히, 우리나라는 ESS 산업의 활성화를 위하여, 2016년부터 ESS 활용촉진 요금제 도입, ESS 저장전력의 전력시장 거래허용, 풍력·태양광 발전소에 ESS 설치시 신재생에너지 공급인증서(REC: Renewable Energy Certificate) 가중치 부여 등 집중적인 지원정책을 펼치고 있다. 이러한 ESS는 대부분 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 ESS를 현장평가시험을 수행하기 위해 이동형 현장평가시험장치를 연계하는 경우, 현장평가시험장치와 ESS 간의 연계특성을 분석하고, 현장에 설치되어 있는 ESS를 대상으로 현장평가시험장치와 연계하여 시험을 수행한 결과, IMD의 상호 간섭현상 및 현장평가시험장치의 입출력 변압기 특성 의한 전기적, 자기적 문제점을 해결 방안을 제시하여, MW급 ESS의 성능을 정확하게 평가할 수 있었다.

2. ESS용 이동형 현장평가시험장치의 운전특성

2.1 이동형 현장평가시험장치의 구성

현장에 설치되어 있는 ESS의 성능평가를 수행하기 위한 이동형 성능평가 시험장치는 그림 1과 같이 현장평가시험장치, 수배전반, 계측장비 및 컨테이너반으로 구성된다. 여기서 현장평가시험장치는 계통에서 발생하는 각종 외란을 모의할 수 있는 장치로서, 현장에서 사용되고 있는 사용전압(380[V], 440[V])에 유연하게 대응할 수 있도록, 입력과 출력 측에 각

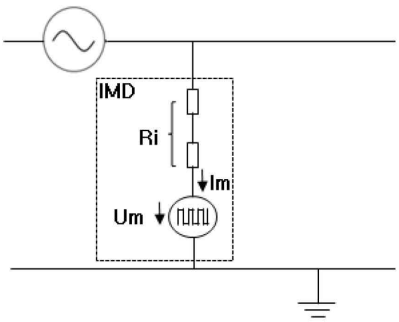
각 노이즈컷 변압기와 가변형 변압기로 구성한다. 한편, 계측 장비는 그림 1의 점선과 같이, 현장평가시험장치 1차측과 2차측 그리고 ESS DC측에 설치되며, 시험에 필요한 전압, 전류 등과 같은 데이터를 수집하는 역할을 수행한다.



[그림 1] ESS용 이동형 시험장치의 구성

2.2 IMD에 의한 ESS의 연계특성

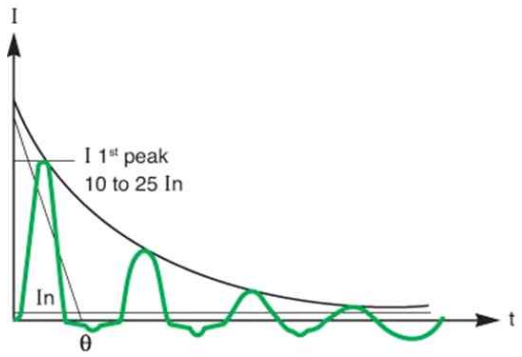
IMD는 지락사고를 감시하는 장치이며, IEC 60364-7-712에 따라 무변압기 방식의 인버터를 사용하는 ESS에 설치해야 한다. 이 보호장치는 전력선과 대지사이에 펄스전원을 인가하여 절연저항을 감시하는 방식으로 동작한다. 하지만, 이동형 현장평가시험장치와 ESS가 연계하여 현장평가 시험을 수행하는 경우, ESS용 PCS가 이동형 현장평가시험장치로부터 영향을 받아 IMD의 보호동작에 의해 정지할 수 있다.



[그림 2] ESS용 IMD의 동작 특성

2.3 이동형 시험장치용 입력변압기의 계통연계 특성

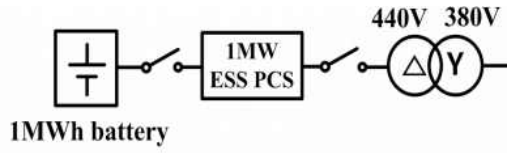
이동형 현장평가시험장치를 이용하여 수용가에 설치된 ESS의 현장평가 시험을 수행하기 위해, 현장평가시험장치의 입력측은 ESS용 AC계통을 사용한다. 이때, 현장평가시험장치용 입력 측 변압기에 전압을 스텝으로 인가하는 경우, 입력 측 변압기는 그림 3과 같이 큰 여자전류가 흐르며, 이 전류로부터 수용가의 수전용 변압기측에 설치된 보호기기가 동작하여 건전구간의 정전이 발생할 수 있다.



[그림 3] 이동형 현장평가시험장치용 변압기의 여자전류 특성

2.4 계통모의장치용 출력변압기의 전압특성

MW급 ESS는 그림 5와 같이 배터리부, ESS용 PCS부 Δ-Y 변압기로 구성된다. 이 ESS에 이동형 현장평가시험장치를 이용하여 ESS용 PCS의 전압 가변과 관련된 응답특성 시험을 수행하는 경우, 현장평가시험장치는 직렬된 변압기로 인해 응답특성이 느려질 수 있다.



[그림 4] 초기여자용 변압기 구성도

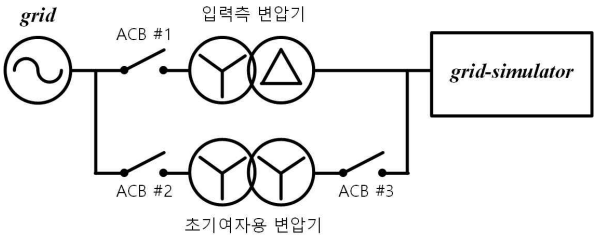
3. ESS와 이동형 현장평가시험장치의 운용방안

3.1 IMD의 동작 정지

IMD에 의한 간섭현상을 제거하고 ESS와 시험장치의 연계운전을 위해, 시험자는 ESS의 EMS 제어부를 통하여 IMD 동작을 정지 하거나, 시험장치용 IMD는 시험장치의 디스플레이부에서 동작을 정지한 상태로 운전해야 한다. 한편, ESS의 EMS 제어부를 통하여 IMD의 정지가 불가능 한 경우, 시험자는 직류 측에 설치된 IMD를 분리해야 한다.

3.2 시험장치용 입력변압기의 초기충전회로 설치

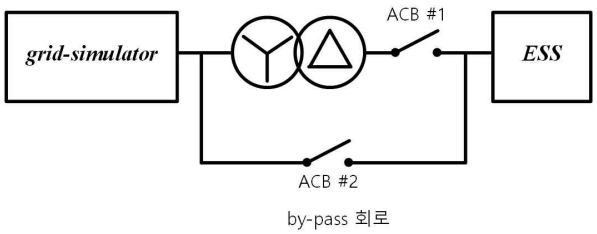
한편, 상기의 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 현장평가시험 입력측 변압기는 그림 4와 같이 양단에 낮은 용량의 초기여자용 변압기를 병렬로 연결한다. 이 변압기는 낮은 임피던스를 갖기 때문에, 전체 임피던스가 감소하게 되며, 여자 건류의 크기를 저감시킬 수 있다.



[그림 4] 초기여자용 변압기 구성도

3.3 계통모의장치용 출력변압기의 by-pass회로 설치

또한, ESS용 변압기를 사용하지 않는 경우, ESS용 PCS는 전기적으로 절연이 되지 않으므로 현장평가시험장치에 간섭을 일으킬 수 있다. 따라서, 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 현장평가시험장치는 그림 5와 같이 출력 측에 by-pass회로를 구성한다.



[그림 5] 현장평가시험장치용 by-pass 회로도

4. 시험 및 결과 분석

4.1 시험 조건

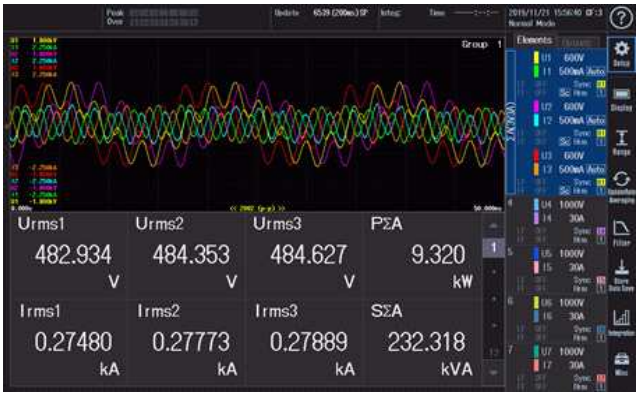
본 논문에서 제시한 MW급 이동형 현장평가시험장치와 ESS간의 특성을 분석하기 위한 시뮬레이션 조건은 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, ESS의 배터리 용량은 1[MWh], PCS용량은 1[MW], 변압기 용량은 1,2[MVA]로 상정한다. 또한, 현장평가시험장치의 용량은 1[MW], 현장평가시험장치용 입력 측 변압기 용량은 1.5[MVA], 현장평가시험장치용 출력 측 변압기 용량은 1.2[MVA]로 상정한다. 한편, 현장평가시험장치용 입력 변압기의 여자전류 특성을 분석하기 위해 수용가 측 변압기의 용량은 500[kVA]로 상정한다.

[표 1] 시뮬레이션 조건

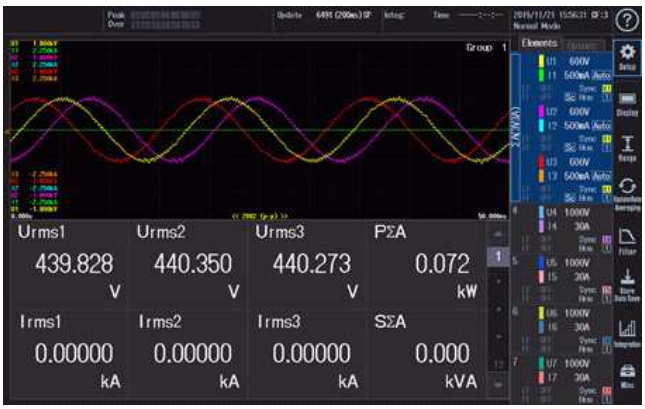
항목		내용
ESS	배터리 용량	1[MWh]
	PCS 용량	1[MW]
	변압기 용량	1.2[MVA]
현장평가시험장치 용량		1[MW]
현장평가시험장치용 입력측 변압기 용량		1.5[MVA]
현장평가시험장치용 출력측 변압기 용량		1.2[MVA]

4.2 ESS용 IMD 동작 유무에 의한 운전특성

표 1의 시뮬레이션에 따라 IMD 기능을 턴-온한 상태에서 ESS용 PCS에 440V 전압을 인가하는 경우, ESS용 PCS의 입력전압은 그림 6(a)와 같이 IGBT에서 PWM 스위칭 동작하지 않는 상태에서도 고조파성분이 발생하는 것을 알 수 있다. 한편, IMD 기능을 턴-오프한 상태에서 전압을 인가하는 경우, ESS용 PCS의 입력전압은 그림 6(b)와 같이 간섭현상이 발생하지 않고 정상적으로 동작하는 것을 알 수 있다.



(a) IMD 기능을 on 한 경우

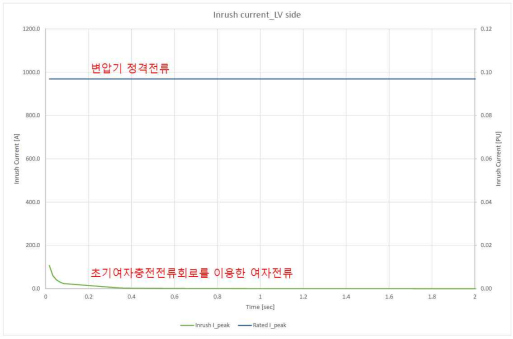


(b) IMD 기능을 off 한 경우

[그림 6] IMD 동작 유무에 따른 ESS 연계 특성

4.3 초기충전회로에 의한 이동형 시험장치용 변압기의 여자전류 특성

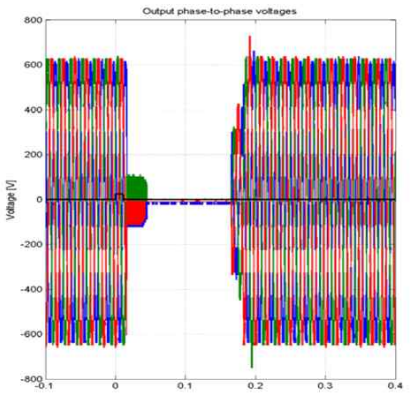
현장평가시험장치 입력 측 변압기에 초기여자충전회로를 병렬로 연결하여 전압을 인가하는 경우, 여자전류 특성은 그림 7과 같다. 여기서, 여자전류는 변압기의 정격전류에 1/10 수준으로 제한할 수 있음을 알 수 있어, 현장마다의 연계용 변압기의 용량을 고려하여 현장평가시험장치용 초기여자충전회로를 설계해야 한다.



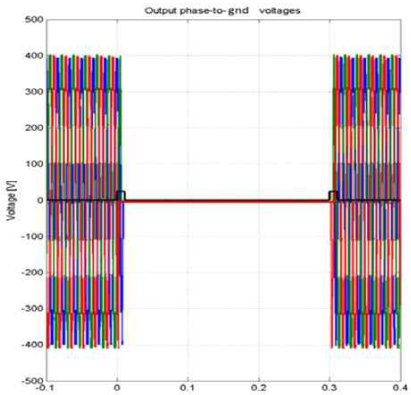
[그림 7] 초기여자충전회로에 의한 변압기의 여자전류 특성

4.4 계통모의장치용 출력변압기의 by-pass회로에 의한 전압특성

현장평가시험장장치의 출력 측에 변압기를 사용하여 순간정전 시험을 모의하는 경우, 현장평가시험장치의 출력 전압은 그림 8 (a)와 같다. 이때, 전압은 440V에서 0V로 즉시 하강하지 않고, 출력 변압기의 여자전류에 의해 100V의 전압이 0.2초간 유지된 후 0V로 하강한다. 한편, 출력 측에 변압기를 사용하지 않는 경우, 현장평가시험장치의 출력 전압은 그림 8 (b)와 같다. 이때, 전압은 440V에서 0V로 즉시 하강함을 알 수 있어, 출력 측 변압기의 여자전류가 응답속도에 영향을 미침을 알 수 있다.



(a) 현장평가시험장치의 출력 측 변압기를 사용한 경우



(b) 현장평가시험장치의 출력 측 변압기를 사용하지 않은 경우

[그림 8] 현장평가시험장치의 출력 측 변압기에 따른 전압 특성

5. 결 론

본 논문에서는 ESS의 현장평가 시험에 있어서 이동형 현장평가시험장치를 현장에 설치된 ESS에 연계하는 경우, 발생할 수 있는 문제점에 대하여 해결방안을 제시하였다. 이에 대한 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) IMD 기능을 턴-온한 상태에서 ESS용 PCS에 440V 전압을 인가하는 경우, ESS용 PCS의 입력전압은 그림 6(a)와 같이 IGBT에서 PWM 스위칭 동작하지 않는 상태에서도 고조파성분이 발생하는 것을 알 수 있다.

(2) 초기충전여자회로를 사용하는 경우, 여자전류는 변압기의 정격전류에 1/10수준으로 제한할 수 있음을 알 수 있어, 현장마다의 연계용 변압기의 용량을 고려하여 현장평가시험장치용 초기여자충전회로를 설계해야 한다.

(3) 출력 측에 변압기를 사용하지 않는 경우, 현장평가시험장치의 출력 전압은 440V에서 0V로 즉시 하강함을 알 수 있어, 출력 측 변압기의 여자전류가 응답속도에 영향을 미침을 알 수 있다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(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.