

# Sharing용 ESS의 안전성평가를 위한 SAT 시험항목에 관한 연구

조정덕\* \*\*, 노대석\*

\*한국기술교육대학교 전기공학과

\*\*한국폴리텍대학교 전기제어과

e-mail:dlwkd@kopo.ac.kr

## A Study on Cases of Site Acceptance Test for Safety Evaluation in Sharing Energy Storage System

Sung-Duck Cho\* \*\*, Dae-Seok Rho\*

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

\*\*Dept. of Electrical Control, Korea Polytechnics

### 요약

전기자동차에 사용되는 배터리는 충전용량이 초기 대비 80% 이하로 감소하는 경우, 운행상의 문제로 교체되어야 하므로, 향후에 수많은 용량의 폐배터리를 처리해야 하는 문제가 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위하여, 최근에는 전기자동차의 폐배터리를 재활용한 이동형 Sharing용 ESS(energy storage system) 서비스 실증사업이 진행되고 있다. 그러나, 현재 재활용배터리를 이용한 ESS에 대한 시험 및 인증 절차가 존재하지 않고, 고정형으로 운용되는 ESS와는 달리, Sharing용 ESS는 이동하며 빈번하게 계통에 연계되므로, 안전성을 확보하기 위한 현장시험(site acceptance test, SAT) 방안이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현장에서 설치 및 운용되는 Sharing용 ESS를 대상으로 전기적인 성능 및 안전성을 확보하기 위하여, 기존에 제정된 ESS의 시스템단위 표준과 시험항목을 분석하고, 이를 바탕으로 이동형 Sharing용 ESS의 특수성을 고려하여, 안전성평가를 위한 SAT 시험항목을 제시한다.

### 1. 서론

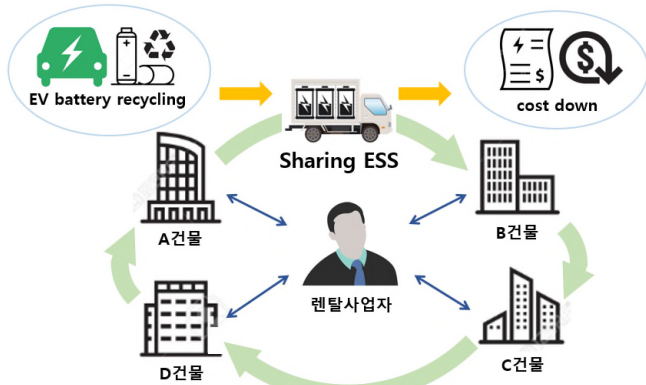
전 세계적으로 지구규모적인 환경오염 문제를 해결하기 위하여, 신재생에너지자원과 전기저장장치(energy storage system, ESS)의 도입이 확대되고 있으며, 자동차 시장에서도 친환경 전기자동차의 보급이 증가되고 있다. 국내에서도 2017년도 기준으로 총 25,593대의 전기차가 보급되었으며, 2022년까지 35만 여대의 전기자동차를 공급할 예정이다[1]. 그러나, 전기자동차에 사용되는 배터리는 충전용량이 초기 대비 80% 이하로 감소하는 경우, 운행상의 문제로 교체되어야 하므로, 향후에 수많은 용량의 폐배터리를 처리해야 하는 문제가 발생할 수 있다[2]. 이를 해결하기 위하여, 최근에는 전기자동차의 폐배터리를 재활용한 이동형 Sharing용 ESS 서비스 실증사업이 진행되고 있다. 폐배터리를 이용한 Sharing용 ESS 서비스는 전력사용량 편차가 큰 중소건물(또는 사업장)들이 ESS를 공유하여, 필요한 시기에 ESS의 충방전 운전을 통해 고객에게 전력사용량 요금 절감 효과를 제공하고, 전력계통 수요의 안정화에 기여할 것으로 기대된다. 그러나, 현재 국내에서는 재활용 배터리를 이용한 ESS에 대한 시험 및 인증 절차가 존재하지 않고, 고정형으로 운용되는 ESS와는 달리, Sharing용 ESS는 이동하며 빈번하게 계통에

연계되므로, 안전성을 확보하기 위한 현장시험(site acceptance test, SAT) 방안이 요구되고 있다. 따라서, 본 논문에서는 현장에서 설치 및 운용되는 Sharing용 ESS를 대상으로 안전성을 평가하기 위하여, 기존에 제정된 ESS의 시스템단위 표준과 시험항목을 분석하고, 이를 바탕으로 이동형 Sharing용 ESS의 특수성을 고려하여, 안전성평가를 위한 SAT 시험항목을 제시하고자 한다.

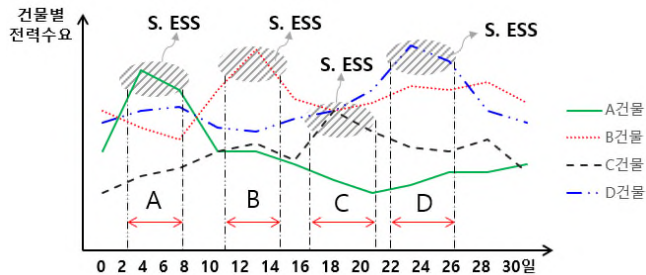
### 2. 이동형 Sharing용 ESS의 개념

전기자동차용 배터리가 열화 되어 충전용량이 초기 대비 80% 이하로 감소하는 경우, 운행상의 문제로 인하여 교체해야 한다. 향후에 전기자동차의 사용자가 많아지면, 처분해야 하는 폐배터리 또한 늘어나게 되는데, 이를 해결하기 위한 방안 중 하나로 배터리를 재활용하여 수요관리용 ESS로 사용하는 이동형 Sharing용 ESS의 개념이 그림 1과 같이 제시되고 있다. 이 그림에서와 같이, 이동형 Sharing용 ESS는 고객들(A·D 건물)이 ESS를 공유하여, 수요관리를 통해 전기요금을 절감 할 수 있는 서비스이다. 즉, 시간적/계절적 전력사용량 편차가 큰 중소건물(사업장)들이 서로 다른 전력사용량의 피크시점을 가질 경우, ESS를 시간대별로 공유하여 사용하

면, 하나의 ESS로 다수의 고객이 요금절감효과를 얻을 수 있다. 이에 대한 Sharing용 ESS의 활용 예시를 나타내면 그림 2와 같다.



[그림 1] Sharing용 ESS 렌탈서비스 개념도



[그림 2] Sharing용 ESS의 활용 예시

### 3. ESS의 표준 및 시험항목 분석

#### 3.1 SPS-SGSF-04-2013-03

삼상 저압연계용 전기저장장치(SPS-SGSF-04-2013-03)에 대한 표준은 상용 교류전력 또는 신재생에너지전원을 이용하여 배터리에 전기에너지를 저장하였다가 필요시 사용하는 10[kW]이상 150[kW]미만의 용량을 가진 전기저장장치에 적용된다. 또한, 이 표준은 표 1과 같이 독립형과 계통연계형으로 전기저장장치의 용도를 분류하고, 시험계열은 기본일반, 기본성능시험, 전자기적합성시험, 신재생전원 연동시험, 계통연계시험, 추가시험으로 나누며, 그 용도에 따라 필수시험, 선택시험, 해당하지 않는 시험으로 구성된다. 여기서, 추가시험은 배터리의 종류에 따라 과충전보호시험, 과방전보호시험, 전지균등화시험, 과열보호시험으로 분류된다.

[표 1] SPS-SGSF-04-2013-03의 형식시험 항목

시험계열	시험 항목	계통연계형	계통연계형 (분산형연동)
기본	표기 및 식별	○	○
	단자와 접속	○	○

일반	IP보호등급시험	○	○
	직접접촉보호시험	△	△
	절연저항측정	○	○
	절연내력시험	○	○
	공간거리 및 연면거리	○	○
	불 프레셔시험	○	○
	글로우와이어시험	○	○
	기계적충격시험	○	○
기본 성능시험	비상스위치동작시험	○	○
	충전시험	○	○
	방전시험	○	○
	용량확인시험	○	○
	효율시험	○	○
전자기 적합성시험	휴지기간시험	○	○
	직류검출시험	○	○
	전기자기적합성시험	○	○
	신재생전원 연동시험	○	○
계통 연계시험	충전시험	X	○
	방전시험	X	○
	동기화시험	○	○
	전압변동허용시험	○	○
계통 연계시험	주파수변동허용시험	○	○
	통신적합성시험	△	△

#### 3.2 SGSF-045-1-3

수요관리용 전기저장장치 일반요구사항 및 시험방법(SGSF-045-1-3)에 대한 표준은 상용 교류전력 또는 신재생에너지전원을 이용하여 배터리에 전기에너지를 저장하였다가 필요시 사용하는 150[kW] 이상의 수요관리용 전기저장장치에 적용되며, 한 개소에 다수의 전기저장장치가 설치된 경우에도 적용할 수 있다. 또한, 이 표준은 표 2와 같이 독립형과 계통연계형으로 전기저장장치의 용도를 분류하고, 시험계열을 기본일반, 기본성능시험, 전자기적합성시험, 신재생전원연동시험, 계통연계시험, BMS 성능시험으로 나누며, 그 용도에 따라 필수시험, 선택시험, 기타시험으로 구성된다.

[표 2] SGSF-045-1-3의 형식시험 항목

시험계열	시험 항목	계통연계형	계통연계형 (분산형연동)
기본 일반	표기 및 식별	○	○
	단자와 접속	○	○
	IP보호등급시험	○	○
	직접접촉보호시험	△	△
	절연저항측정	○	○
	절연내력시험	○	○
	공간거리 및 연면거리	○	○
	불 프레셔시험	○	○
	글로우와이어시험	○	○
	기계적충격시험	○	○
기본 성능시험	비상스위치동작시험	○	○
	충전기능시험	○	○
	방전기능시험	○	○
	용량확인시험	○	○
	효율시험	○	○
기타시험	자기방전율시험	△	△
	휴지기간시험	△	△

전자기 적합성시험	전자자기적합성시험	○	○
신재생전원	충전시험	X	○
연동시험	방전시험	X	○
계통 연계시험	연계용량 및 역전력계전기시험	○	○
	동기화시험	○	○
	전압변동허용시험	○	○
	역률시험	○	○
	분리시간시험	○	○
	주파수변동허용시험	○	○
	직류검출시험	○	○
	단독운전방지시험	○	○
BMS 성능시험	통신적합성시험	△	△
	계측기능시험	○	○
	계산기능시험	○	○
	표시/경보기능시험	○	○
	전지과충전보호시험	○	○
	전지과충전보호시험	○	○
	배터리균등화시험	○	○
과열보호시험	○	○	
락간 제어기능시험	○	○	

### 3.3 IEC 62933-2-1

전기저장장치의 유닛 파라미터 및 시험방법(IEC 62933-2-1)의 표준은 표 3과 같이 전압에 상관없이 교류 또는 직류에서 계통에 연결된 실내 또는 실외 설비의 설치와 운전을 위해 설계된 전기저장장치에 적용하며, 전기저장장치의 계획 단계와 운용 단계에 대하여 규정하고 있다. 즉, 전기저장장치 계획 단계에서는 시스템의 환경과 주 전기 계통 파라미터, 기능, 시스템 성능, 통신 인터페이스에 대하여 규정하고 있고, 전기저장장치 시스템 레벨에서 검증 단계에서는 FAT와 설치 및 시운전, SAT, 성능 모니터링 단계까지 자세하게 규정하고 있다.

[표 3] IEC 62933-2-1의 시험항목

시험계열	시험항목
유닛 파라미터 시험	용량 시험
	입력 및 출력 전력 정격 시험
	충/방전 효율 시험
	예상 사용수명 시험
	시스템 응답 시험, 단계별 응답시간 및 램프 속도
	보조 전력 소비 시험
	전기저장장치의 자기방전 시험
성능 시험	정격전압 및 주파수 범위 시험
	Duty-cycle 충/방전효율(Class A, B)
	출력변동감소(Class A)
시스템 구현 시험	자체기동 출력전압(Class C)
	육안 검사
	도체 연속성 및 유효성
	접지 시험
	절연 시험
	보호장치 및 개폐장치 시험
	장치 및 기본기능 시험
	계통연계 적합성 시험
가용 에너지 시험	

	EMC 내성 시험
--	-----------

### 4. Sharing용 ESS의 안전성평가를 위한 SAT 시험항목

Sharing용 ESS는 계통연계부와 PCS부, 배터리부로 구성되며, BMS부와 보호장치부가 추가된다. 계통연계부는 AC계통이며, PCS부는 AC를 DC로 변환하고 배터리의 충·방전을 수행하는 장치이고, 배터리부와 BMS부, 보호장치부는 DC계통이다. 여기서, 계통연계부는 연계용변압기와 보호장치, 급전케이블 등으로 구성되며, 전기를 저장하는 배터리부에서는 BMS를 통하여 직·병렬로 연결된 다수의 배터리를 관리하며, 보호장치부에서는 차단기나 퓨즈 등에 의하여 DC 선로부분의 사고를 차단하는 기능을 수행한다. 각 구성품에 대한 일반 요구사항은 다음과 같다.

#### (1) 계통연계부

계통연계부의 용량 및 정격이 설계치에 적합한지 확인해야 하며, 절연저항치와 내전압은 제시하는 기준치를 만족해야 한다. 또한, 과전류, 과전압, 온도상승 등에 대한 이상 현상을 검출하여 적정하게 동작해야 하며, 외함의 접지저항은 제시하는 기준치를 만족해야 한다.

#### (2) PCS부

PCS부의 정격용량은 제조자가 제시한 값을 만족해야 하고, 제시한 KW 효율과 KW 정격용량 이상의 성능을 유지해야 한다. 또한, 배터리의 상태(SOC, SOH 특성)에 따라 제조자가 제시한 조건으로 충·방전할 수 있어야 하며, 충·방전시 배터리의 상태를 시각화한 정보를 제공해야 한다. 한편, 절연저항치는 제시하는 기준치를 만족해야 하며, 출력 과전류, 출력 과전압, 스택과열, 퓨즈용단, 냉각수 누수감지 등에 대한 이상 현상을 검출하여 적정하게 동작해야 한다.

#### (3) 배터리부

배터리부의 kWh 정격용량은 제조자가 제시한 성능을 유지해야 하고, 제시한 자기방전율 이하의 성능을 유지해야 한다. 또한, 배터리는 제조자가 제시한 휴지기간 후에도 정상적으로 동작해야 하며, 셀발란싱 기능을 가져야 한다.

#### (4) BMS부

BMS는 Cell별, Module(Rack)별, 시스템 단위로 전압, 전류, 온도를 계측하는 기능을 가져야 하며, 배터리의 충전상태(SOC)와 필요에 따라 배터리의 수명을 계산하는 기능을 가져야 한다. 또한, 과충전, 과방전, 과전류, 과온도, 배터리균등

화 상태 및 BMS 내부 통신상태를 나타내는 표시 및 경보기능을 갖추어야 한다. 한편, 배터리의 안전한 운용을 위하여 과충전 및 과방전보호와 배터리 균등화, 과열보호, 랙(Rack)간 제어와 같은 제어/보호 기능을 가져야 한다.

(5) DC 보호장치부

보호장치부는 픽업코일부를 포함하는 AC계통과 레귤레이터부와 배터리부를 포함하는 DC계통의 사고(단락 및 지락) 전류를 차단하기 위하여, 과도해석 모델링에 의한 사고해석에 근거하여 적절한 용량의 차단기나 퓨즈 등을 선정하여 설치하도록 한다.

(6) 기타(공조설비 및 소방설비 등)

대용량의 리튬이온계나 플루오계 배터리를 사용하는 경우, 적절한 온도 및 습도를 유지하기 위한 공조설비 및 화재 확산 방지를 위한 소방설비가 요구되며, 이에 대한 설치 및 운용기준은 IEC62933-5-2 및 UL9540A의 조건을 만족해야 한다.

3장의 고정식 ESS에 대한 표준 및 시험항목과 일반 요구사항을 바탕으로, 이동형 Sharing ESS의 특수성을 고려하여 구성품(PCS, 배터리팩) 단위의 필수적으로 요구되는 시험 및 평가항목을 제시하면 표 4와 같이 나타낼 수 있다.

BMS부			IEC62609
		효율시험	KSC IEC62609
		접지저항시험	판단기준 제 18조
		절연저항(랙/모듈)시험	판단기준 제 13조
		내전압(모듈/랙)시험	판단기준 제 17조
		내전압(전로)시험	판단기준 제 13조
		누설전류시험	IEC62477-1
		전자기적합성(BMS) 시험	IEC61000-6-7, IEC61000-1-2
		비상정지시험	판단기준 제 295조, 제 296조
보호장치 및 기타(공조 장치 및 소방설비)	육안	설치상태	
		작동상태	
	시험	접지저항시험	판단기준 제 18조
		절연저항시험	판단기준 제 13조
		내전압(기기)시험	판단기준 제 17조
		내전압(전로)시험	판단기준 제 13조
		비상정지시험	판단기준 제 295조, 제 296조

[표 4] Sharing용 ESS의 SAT 시험항목

구분	시험항목	관련근거	
계통연계 장치부	육안	단말상태 -	
	시험	절연저항시험	판단기준 제 13조
		내전압(기기)시험	판단기준 제 17조
PCS부	육안	설치상태	-
		작동상태	-
	시험	접지저항시험	판단기준 제 18조
		절연저항시험	판단기준 제 13조
		내전압(기기)시험	판단기준 제 17조
		내전압(전로)시험	판단기준 제 13조
		누설전류시험	IEC62477-1
전자기적합성시험	IEC61000-6-7, IEC61000-1-2		
비상정지시험	판단기준 제 295조, 제 296조		
배터리 및	육안	설치상태	-
		작동상태	-
시험	용량(kWh)시험	KSC	

4. 결 론

본 논문에서는 현장에서 설치 및 운용되는 Sharing용 ESS를 대상으로 안전성을 평가하기 위하여, 기존에 제정된 ESS의 시스템단위 표준과 시험항목을 분석하고, 이를 바탕으로 이동형 Sharing용 ESS의 특수성을 고려하여, 안전성평가를 위한 SAT 시험항목을 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구(No.2018 2410105070, No.20191210301940)로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 박기준, “EV 충전인프라 보급현황 및 기술 동향”, 전력전자학회지, 제 24권 5호, pp. 28-35, 2019.
- [2] 이훈, “전기차 폐배터리 ESS로 변신한다”, 대한전기협회 전기저널, pp. 24-26, 2019.