

수요관리용 3상 EES시스템의 성능시험 및 고찰

이태승, 이동주
국제통신공업 (주)

Performance Test and Consideration of Three Phase EES System for Demand Side Management

Taeseung Lee, Dongju Lee
Kukje Electric MFG. Co., Ltd.*

ABSTRACT

본 연구에서는 3상 EES(전기에너지저장시스템: Electrical Energy Storage) 시스템의 성능시험에 관한 내용을 소개 및 분석하고, 시험데이터를 통한 시험방법의 적절성에 관한 의견을 제시한다. EES 시스템의 단체표준 규격을 검토하기 전에, 전력변환장치의 단체표준규격 (SPS SGSF 025 4 1972 : 2016) 과 EES 시스템의 일반사항 및 시험방법을 제시하는 단체표준 규격 (SGSF 025 5 1, SGSF 025 5 2)에 각각 명시된 형식시험 항목을 상호 비교 및 분석하고, EES 시스템의 형식시험 항목 중 특정 항목은 시험을 수행하여 결과 데이터를 분석하고 규격내의 평가기준 및 시험방법의 적절성 여부를 고찰하였다.

1. 서론

최근 정부의 'REC 정책'과 한국전력의 '에너지저장장치 전기요금 할인제도' 등에 힘입어 공공기관, 각종 산업체, 다세대 주택 등 다양한 곳에서 신재생 에너지와 EES의 보급 및 확산이 가속화되고 있는 추세이다.

하기 그림1과 같이 EES 시스템은 보통 전력변환장치라 불리는 PCS (Power Conditioning System)와 전력의 관리 및 제어동작을 수행하는 PMS (Power Management System) 및 축전지 랙 시스템 3가지 요소로 구성된다.

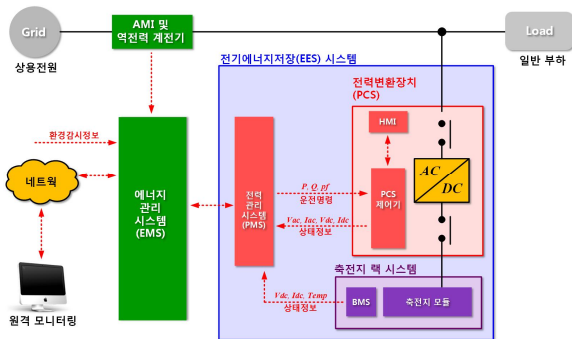


그림 1 EES 시스템의 구성
Fig. 1 A simple configuration of EES system

위 요소들로 구성된 시스템의 현장설치 및 통합운용을 위해서, 고객들이 각 요소들의 시험성적서 및 인증획득을 요구하는 상황이다. 이는 바꾸어 말하면 <EES 시스템 전반에 대한 성능

및 품질을 검증 할 단체표준^[5] 및 인증심사 평가기준의 부재>가 존재한다고 표현할 수 있다.

본 논문에서는 기 제정된 EES 시스템 단체표준 규격의 일반사항^[5]에 대한 분석 및 특정항목의 시험^[6]을 통한 시험방법의 적절성을 분석하여 EES 시스템의 보급 및 확산에 필요한 작은 도움을 주고자 한다.

2. 본론

2.1 PCS 및 EES 시스템의 형식시험 항목

단체표준인 '전력변환장치의 성능 요구사항'과 'EES 시스템의 시험방법'에서 각각 규정된 형식시험 항목은 아래의 <표 1>과 같다.

표 1 PCS 및 EES 시스템의 형식시험 항목
Table 1 The Type-Test contents item of PCS and EES System

SPS SGSF 025 4 1972		SGSF 025 5 2	
시험계열	시험명	시험계열	필수
절연성능	절연저항	비상스위치 동작	○
	절연내력	표기 및 식별	○
보호기능	DC 과/부족전압 보호	기능정보 및 표시	○
	AC 과/부족전압 보호	IP 보호등급	
	주파수 상승/저항 보호	직접접촉보호	○
	단독운전 방지	절연저항	○
	DC/AC 돌입전류 보호	절연내력	○
	교류 과전류 보호	정격용량	○
	복전후 일정시간 투입방지	효율	○
외부사고	누설전류	입출력정격	○
	계통전압 순간정전/강하	응답특성	○
주위환경	습도	보조전력 소비	○
	온습도 사이클	자기방전	○
전자기 적합성	방출	전자기적합성	
	내성	연계용량	○
정상특성	구조	역률	○
	AC 전압/주파수 추종	통신적합성	
	효율	BMS 기능 확인	○
	역률	PMS 기능 확인	○
	AC전류 외형률		
과도응답 특성시험	입력전력 급변		
	계통전압 급변		
	계통위상 급변		

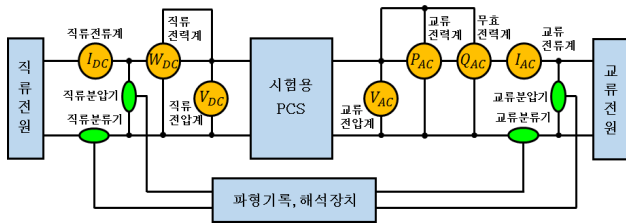
공통적으로 적용되는 시험명은 절연저항, 절연내력, 효율, 역률이지만, 하기 <그림 2>를 통한 각 규격에서 명시된 시험을 위한 아키텍처 구조, 검출요소들의 종류 및 측정 위치에 상호간 차이가 있음을 알 수 있다.

PCS의 특정 성능시험 항목 중 과전압/부족전압, 돌입전류, 복전후 일정시간 투입방지 등의 시험은 PCS가 운전 중 특정 이벤트의 발생지점 이후부터 게이팅 블록의 차단 및 차단기류가 차단되는 시점까지의 시간 모니터링 및 예상하지 못한 시간에 갑작스러운 전력 유입의 감시를 위하여 오실로스코프 같은 파형 기록장치가 필요하다.

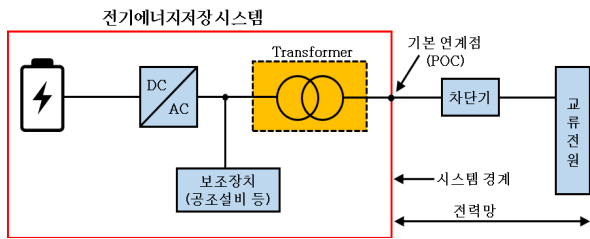
하지만 EES 시스템 형식시험의 경우, 전력변환장치의 주요 전기적 성능보다는 시스템 관점에서의 성능시험을 필요로 하므로 구체적인 PCS 성능시험의 필요성은 강조되지 않는다.

특히 주목할 것은 전력변환장치 규격과 EES 시스템 규격에서 규정한 전력변환 효율 측정방법의 시험 구성도 및 효율의 계산방법의 차이이다.

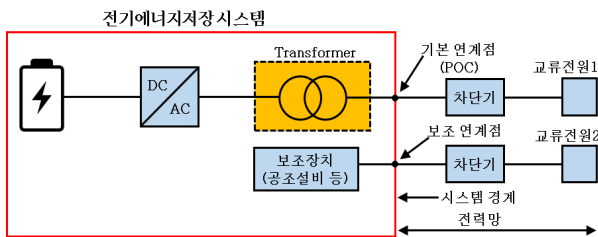
전력변환 장치는 정격 부하의 $\pm 5\%$ 범위내에서 15분 간격으로 충전/방전의 단방향 효율을 각각 3번씩 측정 후, 해당 값의 산술 평균된 값으로 효율을 결정하지만, EES 시스템은 AC측에서 측정된 전력을 기반으로 Roundtrip 효율을 계산하되, 해당 효율은 설치 환경조건뿐만 아니라 에너지 용량, 정격 입출력 보조전력소비에 따라 달라질 수 있기 때문에, 공조설비를 포함한 각종 보조전원의 소비까지 고려하여 효율계산에 반영한다.



(a) SPS SGSF 025 4 1972 : 2016



(b) SGSF 025 5 1 : 2016



(c) SGSF 025 5 1 : 2016

Fig. 2 규격별 형식시험을 위한 아키텍처
그림 2 Type-test architecture by each standard

상기 <그림 2>의 (c)에서처럼 보조장치가 다른 전원 계통으

로부터 전력을 공급받는 경우, 보조장치에 의한 손실 이외의 파라미터를 기본 연계점에서 측정해야하며, 보조장치를 포함한 손실은 기본 연계점과 보조 연계점의 합으로 측정해야 한다.

2.2 ESS 시스템의 형식시험

2.2.1 시험 시료

하기 <표 2,3>과 <그림 3>은 50[kW]급 전력변환장치 및 축전지의 주요 사양 및 사진이다.

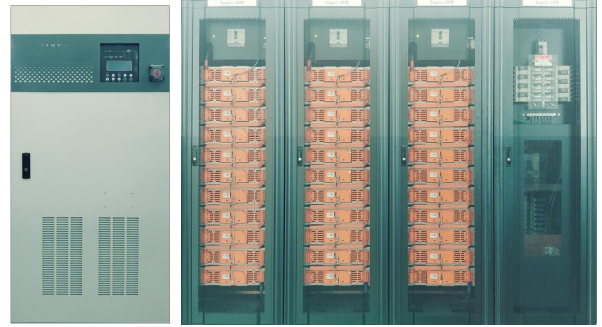


Fig. 3 EES System 구성용 PCS 및 축전지
그림 3 PCS and Battery by purpose of EES System Configuration

표 2 50 [kW] PCS의 주요 입력사양
Table 2 Main Input specification of 50 [kW] PCS

항목	사양
전압	3상4선 380/220 [V] ± 10 [%]
주파수 범위	60 [Hz] ± 3 [%]
역률	0.99 이상
적용 성능 규격	SPS SGSF 025 4 1972 : 2016

표 3 축전지의 랙 시스템 사양
Table 3 Specification of Battery Rack System

항목	축전지 모듈	축전지 랙 시스템
연결		11직렬 3병렬
용량 [kWh]	3.21	106
공칭전압 [V]	51.8	570
운용전압 범위 [V]	42~58	462~638
충전전압 [V]	58	647
충전방식	CC CV	CC CV

하기 <표 4>과 <그림 4>은 PMS 주요기능 및 사진이다.

표 4 PMS 사양
Table 4 Specification of PMS

사진	기능
	전력계통 상태 및 현황 조회
	전압, 전류 기준의 충/방전 제어
	비상정지 기능
	PCS 상태 및 운영현황 조회
	축전지 상태 및 운영현황 조회
	스케줄 운영 설정
	각종 경보, 상태 및 운영이력 조회
	운영으로 인한 요금 절감액 조회
보고서 출력 (Excel)	

2.2.2 형식시험

① 비상 스위치 동작

해당 시험에서는 EES 시스템의 충전, 방전 및 대기운전 모드일 때 비상 스위치 동작으로 인한 시스템의 가동정지를 확인해야한다.

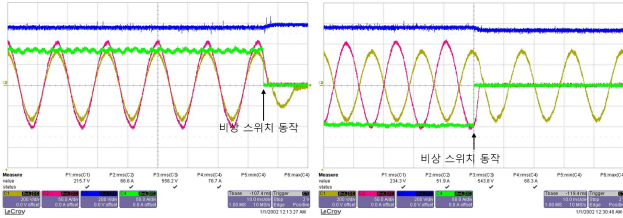


그림 4 충전, 방전 동작 중 비상정지 시위치 동작
Fig. 4 Emergency Switch Operation during charging, discharging operation mode

② 효율, 정격용량 시험

해당 시험은 <그림 2 (c)> 구조에서 진행되었다. 최소 2사이클의 Roundtrip 효율을 측정하며 효율계산에 보조전력 또한 반영된다.



그림 5 Cycle 1 효율 계산을 위한 충,방전 및 보조전력
Fig. 5 Charing, discharging and auxiliary active power for cycle 1 calculating Roundtrip efficiency

$$\text{Roundtrip 효율} = \frac{\sum_{i=1}^X \left(\frac{Wh_{OUT,i}}{Wh_{IN,i} + Wh_{AUX,i}} \right)}{X} \quad (1)$$

표 4 2 Cycle에 대한 Roundtrip 효율 계산
Table 4 Roundtrip efficiency about 2 cycles

	입력전력 용량 Wh	출력전력 용량 Wh	보조전력 용량 Wh	Roundtrip 효율 %
Cycle 1	74,277	66,611	593	89
Cycle 2	74,342	66,580	595	89
평균	74,309	66,595	594	89

각 사이클의 충/방전시 전력 및 보조전력을 <표4>에 기입한 후 식(1)에 대입하여 Roundtrip 효율을 계산하며, 산술평균 또한 계산하여 기록한다.



그림 6 Cycle 1 정격용량 계산을 위한 누적 전력량 및 시간
Fig. 6 Integrated active power and time for calculating rating AC power

상기 <그림 6>은 일정시간동안 출력된 AC측의 전력량이다. 정격 입력/출력 유효전력시험 항목을 위해서는 AC측 전력이 일정하게 제어되어야 하며, <그림 6>의 데이터를 통해 평균 50.454 [kW]의 일정한 순시전력이 해당 시간동안 출력되었음을 알 수 있다.

3, 결론

본 논문에서는 EES 시스템 단체표준규격의 형식시험을 PCS 규격의 시험항목과 비교 및 분석하고, 필수 시험항목 중 대표적인 일부 항목만 진행하였다.

해당 규격을 검토하고 직접 시험을 진행한 결과, 아직 PCS의 단체표준 규격에 비해 상대적으로 시험방법이 구체적이지 않고, 해석함에 있어서 시험기관마다 각각 다른 방법으로 시험될 수 있는 개연성을 충분히 갖고 있다고 판단한다.

예를 들어 비상스위치 동작 시험을 살펴보면, 단순히 <충전/방전 동작>이라고 명시하기 보다는 <정격 용량으로 충전/방전>과 같은 방향으로, 보다 구체적이고 합리적인 시험상황 및 조건이 제시 될 필요가 있어보인다.

또한 <보조전력>의 범위가 모호한 표현으로 각각 다른 해석이 예상된다. 보조전력의 범위를 더욱 명확하게 제시하여야만 민감한 효율계산이 보다 합리적으로 받아들여질 수 있다.

또한 해당 규격으로 공인인증시험이 시작되기 전에, 각 시험기관들과 컨소시엄을 구성해서 공통의 시험방법 및 성적서가 개발될 필요가 있다.

이 논문은 산업융합촉진사업으로 산업통상자원부의 지원을 받아 수행한 연구 과제임 (과제번호 : 10080763)

참 고 문 헌

- [1] 이태승, 황동욱, 이동주, 백석민, “스마트 ESS 전력제어모듈용 3상 PCS 시제품 성능시험”, 전력전자학술대회 논문집, pp.532~534, 2015.7
- [2] 이태승, 황동욱, 백석민, 최세완, 비상전원공급 기능을 갖는 250kW급 수요관리용 3상 하이브리드 PCS의 성능시험, “에너지저장 시스템을 위한 800kW 계통연계형 전력변환장치”, 전력전자학술대회 논문집, pp.324~325, 2011.7
- [3] 김영록, “태양광 발전 계통 연계형 PCS의 기술과 시험”, 전력전자학회지, 제 13권, pp.31~35, 2008.6
- [4] 이태승, 양인기, 이동주, 강윤기, “수요관리용 3상 EES시스템의 성능시험 및 운용”, 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템부문회 춘계학술대회논문집, pp.116~118, 2018.4
- [5] 한국스마트그리드협회, “전기에너지저장시스템 제1부 : 일반 요구사항 SGSF 025 5 1 : 2016”, 2016.12
- [6] 한국스마트그리드협회, “전기에너지저장시스템 제2부 : 시험방법 SGSF 025 5 2 : 2016”, 2016.12
- [7] 한국스마트그리드협회, “전기에너지저장시스템용 전력변환장치의 성능 요구사항 SPS SGSF 025 4 1972 : 2016”, 2016.10