



500kW급 태양광시험장 구축



김 의 환
KEPCO 전력연구원 책임연구원

1. 개 황

청정 에너지원으로 주목받고 있는 태양광 발전방식은 신재생에너지원 중에서 가장 실용화된 발전방식으로 운전 및 유지보수가 용이하며, 태양전지 모듈화가 가능

하여 용량의 신축성이 있고, 무한의 태양에너지를 이용할 수 있다.

KEPCO 전력연구원에서는 태양광발전의 증가에 따른 계통영향에 대한 연구 및 태양전지모듈 및 인버터의 신뢰성확보, 구성요소의 성능실증, 시스템의 성능개선

등을 위한 현장시험을 수행할 수 있도록 전북 고창의 KEPCO PT Center 내에 500kW 급 태양광시험장을 구축하였다. 지식경제부 전력기반조성사업센터 인프라 구축 지원사업의 일환으로 구축된 시험장은 2010년도에 부지조성 및 제어실 신축공사를 완료했고, 2011년도 초부터 시작된 태양전지 구조물 설치 및 태양광전기공사를 마치고 시스템에 대한 계통병입과 성공적인 시운전 과정을 거친 다음 지난 6월 14일 드디어 준공하기에 이르렀다.



[그림 1] 태양광 시험장 전경

태양광시험장은 크게 태양전지 시험장치, 태양광 인버터시험장치, 계통연계 시험장치 등으로 구성되어 있으며 실제 현장조건에서 다양한 성능검증을 할 수 있도록 설계되어 있다.

2. 현 황

가. 시험장 구성

태양광시험장은 태양전지 모듈로 구성된 태양전지 어레이(Array), 발생된 DC 전원을 AC 전원으로 변환시키는 인버터(Inverter) 그리고 보호설비가 있는 분전반과 계통연계 설비인 송수전반, 운전데이터 취득 및 운전 상태를 감시하는 모니터링설비, 제어설비, 그리고 기타 부속설비 등으로 구성되어 있다.

[표 1] 태양광 시험장 개요

항 목	규 격
태 양 전 지	다결정, 박막형
Array형식	고정식, 반고정식, 추적식
용 량	504kWp
인 버 터	3, 5, 10, 50, 100, 250kVA
시 험 장 치	태양전지모듈, 태양광인버터, 계통연계장치
부 지 면 적	15,637m ²
제어실면적	351.5m ²
위 치	전북 고창군 상하면 용정리 1268 KEPCO PT Center

태양전지는 태양빛을 흡수하면 반도체 내부의 전자와 정공이 움직여 전기를 발생하는 원리인 광기전력 효과(Photovoltaic effect)를 이용하여 다수의 셀(Cell)을 연결하여 구성된 전지이다. 발전된 전기는 접속반을 통하여 모아지게 된다. 접속반의 주요기능은 인버터에 입력되는 발전량의 용량에 따라서 각 어레이의 병렬군을 접속하여 어레이별 케이블을 인버터까지 연결해주는 기능을 한다. 전력변환기(PCS : Power Conditioning System)는 태양전지에서 출력된 직류전력을 교류전력으로 변환하는 목적으로 설치되는데 통상 인버터라 부르기도 한다. 인버터는 태양광어레이에서 발생하는 최대 출력을 유지하기 위한 최대출력추종제어(MPPT : Maximum Power Point Tracking) 기능을 가지고 있으며, 전력 계통의 보호를 위하여 단독운전 보호 기능과 자동전압 조정 기능이 있다. 전력변환장치는 일출과 함께 일사강도가 증대되어 출력발생 조건이 되면 자동적으로 운전을 시작하게 된다. 인버터에서 변환된 교류전력은 송수전반을 거쳐 상용 전력계통에 연결되어 공급된다.



[그림 2] 기상관측장치

특히 태양광발전 시스템에 대한 현장시험(Field test)을 지원하기 위하여 구축된 것으로 전체 태양광발전시스템의 운용 상태와 관계없이 독립적으로 태양전지시험을 수행할 수 있도록 30kW 용량의 태양전지 전용 시험 장치와 별도의 인버터 시험장치, 그리고 계통연계 시 전력품질을 시험할 수 있게 계통연계 시험 장치로 구성되어 있다.

태양전지의 효율과 관련 있는 표면온도 및 청결상태가 중요하다. 태양전지는 특성상 1°C 온도상승 시 0.44~0.55%의 출력이 감소한다. 모듈 표면에 먼지가 쌓여 감소되는 출력도 연간 약 7%정도이다.

따라서 태양광시스템의 손실을 줄이기 위해서는 태양 전지 표면의 청결상태 유지와 하계기간의 온도상승 방지 대책이 필요하다.

나. 태양광시험장 설계

태양광시험장을 구축하기 위하여 설계기준을 표 2와 같이 정립하였다. 태양광 시험장 구성에 소요되는 태양 전지는 국내공인기관이 인증한 인증제품을 사용하는 등 태양광시험장에 대한 신뢰성을 확보하도록 하였다.

[표 2] 고유 모델 정립

항 목	주 요 내 용
태양전지	<ul style="list-style-type: none"> 인증제품 (또는 IECIE 인증제품) / 500kWp
방위각	<ul style="list-style-type: none"> 정남향 (현장에 따라 동서 45°C 이내에 설치)
지시대	<ul style="list-style-type: none"> 아연용융도금 처리 또는 동등 이상의 녹방지 처리
연결전선	<ul style="list-style-type: none"> 모듈전용선 또는 CV선 또는 TFR CV선
태양전지 직렬별	<ul style="list-style-type: none"> 각 직렬군은 동일모델의 모듈로 구성 2병렬 이상일 경우 각 직렬군의 출력전압 동일 배열
역전류 방지 다이오드	<ul style="list-style-type: none"> 2병렬 이상일 경우 각 직렬군마다 별도의 접속함에 설치 용량은 모듈 단락전류의 2배 이상
접지공사	<ul style="list-style-type: none"> 전기설비기술기준에 따라 지중 접지
인버터	<ul style="list-style-type: none"> 인증제품 또는 공인시험기관의 합격 제품 정격용량은 인버터에 연결된 모듈 정격용량 이상 각 직렬군의 PV출력 전압은 인버터 입력 전압 범위 이내
모니터링 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 접속방법은 계측설비(전송기능내장), 로컬서버(PC포함), 외장형전송설비 중에서 선택 요구사항 (인버터 CT 정확도 1%이내, 전력량계 1% 이내)

다. 시험장 주요설비

태양광시험장의 운전 상태는 모니터링 시스템을 통해 고창 현장의 제어실과 대전에 있는 연구 실험실에서 시험상태를 실시간으로 감시 할 수 있다. 특히 원격으로 대전 연구원에서도 태양광시험장의 운전 상태를 감시할 수 있게 하여 시험장 운영의 편리성을 확보하였다.

태양광시험장 규모는 최대 504kWp 용량으로써 200Wp 결정질 태양전지모듈 2,480장과 92Wp 박막형 태양전지모듈 64장을 더하여 총 2,544장이 소요되었다.

■ 인버터 시험장치

인버터 시험 장치는 표 3과 같이 인버터 용량이 3kVA 부터 최대 500kVA 규모까지 현장시험을 할 수 있으며, 중량물인 인버터의 이동 및 장착을 위하여 천정크레인을 활용할 수 있고 시험대에 인버터를 용이하게 설치 할 수 있도록 착탈식 접속단자를 채용하였다. 주요 태양광인버터 시험항목으로는 다양한 규모의 발전 사업용 인버터에 대한 현장적용 및 운전평가, 현장실증, 현장운전에 따른 장애요인 및 문제점 분석 등 다양한 조건에서의 인버터 성능을 실증할 수 있게 하였다.



[그림 3] 제어실 내부

[표 3] 태양광 인버터

규격 (kVA)	수량 (대)	용량 (kVA)	이용방법	500 (kVA)	비고
3	10	30	Module Test	X	옥내
	3	9	Module Test	X	옥내
5	5	20	Inverter Test	O	옥내
10	6	48	Inverter Test	O	옥내
50	1	52	Inverter Test	O	옥내
100	1	100	Inverter Test	O	옥내
250	1	252	Inverter Test	O	옥내
500	-	-	Inverter Test	O	옥내
소계	-	502	-	-	-

■ 태양전지 시험장치

태양전지 모듈이 장착되는 태양광어레이는 고정식 (Fixed), 단축식(1 Axis tracking type), 양축식(2 Axis tracking type) 등을 다양하게 채용함으로써 각 형식별로 태양전지에 대한 성능 및 특성을 비교분석 할 수 있게 하였다. 또한 각 어레이형식(Array type) 별 태양전지의 종류도 다결정과 박막형을 선정하여 태양전지 특성별로 시험을 할 수 있게 하였다. 태양전지모듈에 대한 주요 시험은 태양광어레이를 비롯한 태양전지모듈에 대한 출력실증, 효율실증, 태양광발전시스템(PV System)의 손실요인 분석, 태양광시스템 종합 성능진단 등에 대한 현장시험을 수행하게 된다. 또한 일사량, 온도 등 기후 조건을 측정·분석하여 시험설비 보완 및 태양전지모듈 효율증대 연구에 활용할 계획이다.

[표 4] 태양전지 모듈

용량(kW)	수량	형식	태양전지	가변식 지지대
3	1	고정식	다결정	O
3	1	고정식	다결정	O
3	1	고정식	박막	X
3	2	고정식	Test	O
3	1	반고정식	다결정	O
3	1	반고정식	다결정	O
3	1	반고정식	박막	X
3	1	반고정식	Test	O
3	1	단축식	다결정	X
3	1	단축식	Test	O
3	1	양축식	다결정	X
3	1	양축식	Test	O
계	36	13	-	-

■ 계통연계 시험장치

태양광계통연계 시험 장치는 인근에 위치하고 있는 기존의 분산전원 시험장과 연계하여 정상상태와 비정상 상태에서 계통영향을 평가할 수 있도록 설계하였다. 즉 비정상 상태에서는 분산전원 시험장의 모의실험기기와 함께 연계하여 시험할 수 있으며, 정상상태에서는 태양광 시험장 단독으로 시험할 수 있다. 주요 시험으로는 태양광 발전시스템(PV System)의 저압연계 성능평가와 상세 시뮬레이션, 고압연계 성능평가와 상세시뮬레이션, 연계 성능평가 시뮬레이션 결과를 비교분석 한다. 또한 PV System 연계운전 성능평가 종합 결과를 제시한다.

■ 모니터링 시스템

태양광시험장의 주요 시험장치인 인버터 시험장치, 태양전지 시험장치, 계통연계 시험장치 등은 운전 상태를 감시 할 수 있는 기능이 필요하다. 분산형 시스템이 오프 라인으로 운영된다면 시스템의 이상동작 및 각 시험 장치의 시험 결과, 관리 등이 어렵고 비효율적일 수 밖에 없다.



[그림 4] 모니터링시스템

이와 같은 불편사항을 제거하고 실시간으로 운영 상태를 파악할 수 있도록 태양광 모니터링시스템을 채용하여 운용하고 있다. 모니터링 시스템은 기후관측은 물론, 태양전지 모듈 및 인버터의 운전 상태를 실시간으로 체크할 수 있다. 또한 각 인버터의 원활한 작동과 제어

시스템을 감시하여 인버터와 계통연계장치 간의 시험 결과를 쉽게 볼 수 있다. 모니터링시스템은 현장 제어실 뿐만 아니라 대전 연구원내에 실험실에서도 시스템의 운전 상태를 원격으로 모니터링 할 수 있어 시험장을 운영하는데 편리함을 도모하였다.

3 전망

KEPCO 전력연구원의 고창 PT Center 내에 구축한 '500kW급 태양광시험장' 구축 운영에 관한 내용을 정리 하면 다음과 같다.

첫째, 태양광발전 시험장을 구축하기 위하여 고유모델을 정립시켜 이를 기준으로 태양광시험장을 구축하였다.

둘째, 태양전지 시험 장치는 어레이 형식별로 고정식, 반고정식, 추적식 등 모든 형식을 채용하여 형식에 따른 현장시험을 수행할 수 있게 하였다.

셋째, 인버터 시험 장치는 3kW에서부터 최대 500kW 용량까지 현장시험을 할 수 있으며, 전체 시스템의 운용 상태와 관계없이 독립적으로 시험을 수행 할 수 있다.

넷째, 계통연계시험은 기존설비인 분산전원 시험장과 연계하여 시험할 수 있도록 활용성을 강화하였다.

마지막으로 운전데이터를 실시간으로 취득할 수 있을 뿐만 아니라 원격감시 할 수 있도록 모니터링시스템을 설치하여 주요 시험장치의 상태 및 결과를 실시간으로 체크할 수 있다.

KEPCO 전력연구원은 500kW급 태양광시험장을 구축, 운영 개시함에 따라 국내 관련업계에서 태양광시험장을 편리하게 활용할 수 있도록 후속 준비를 마무리하여 시험장이 국내의 태양광기술발전에 기여할 수 있도록 전력을 다할 것이다. KEA