

서남해안 도서지역 태양광 발전소의 발전 특성

문채주*, 진우삼**, 정상원**, 곽왕신***, 송성근****, 김의선*****
 목포대학교*, 한국지역난방공사** 한국전력거래소***, 전남대학교****, 신경대학교*****

A Study on Characteristics of PV Generation System in the Southwest Seaside Island

Chae-Joo Moon*, Ou-Sam Jin**, Sang-Weon Jung**, Wang-Shin Kwak***, Sung-Geun Song****, Eui-Sun Kim*****
 Mokpo National University*, Korea District Heating Corp.**, Korea Power Exchange***,
 Chonnam National University****, Shin-Gyeong University*****

Abstract - 본 연구는 서남 해안의 섬 지역에 설치된 태양광 발전소의 발전 특성을 측정하고 분석한 것이다. 발전소의 총 발전 용량은 806.4kWp 이고 고정식과 추적식이 복합적으로 시설되어 있다. 일사량을 측정하고 인버터의 효율을 분석하였으며 전력 계통을 분석하였다. 인버터의 측정 및 분석결과 인버터는 효율이 평균 94.5%였고, 전력 계통의 분석은 과형 분석과 상 불평형 분석, 고조파 분석을 실시하였다. 주파수 분석결과 전압은 THD가 2%, 전류는 1.5%로 양호하게 나타남을 확인하였다.

1. 서 론

태양 에너지는 1950년대 이후 에너지로써 평가 받기 시작하여 미국과 일본 등 선진국은 전국적인 측정 네트워크를 구성하고 운영하여 측정 장치와 자료 분석 기술을 개발하고 있다. 미국의 경우 1988년에 전국 239개소에 일사량을 동시에 측정 하였으며 1950년대 이후 측정 자료의 문제점을 보완하기 위해 데이터 품질 관리 시스템을 개발하여 데이터의 신뢰성을 높였다. 일본은 40개의 측정소에서 50여년에 걸친 측정 사업으로 방대한 양의 자료 확보와 측정 네트워크를 이용한 정보 시스템을 구축하고 측정 자료의 통계적 처리 기술에 대한 연구를 계속하고 있다. 우리나라에서는 수평면 전 일사량은 20년, 법선면 직달 일사량은 10여년의 데이터가 수집되어 태양 에너지 자원의 평가를 위한 30년 이상의 기준에는 부족한 실정이다.^[1] 이러한 자료를 바탕으로 최대 효율을 낼 수 있는 발전소 단지를 선정하여 시설을 하지만, 태양광 발전소의 발전 효율을 극대화하기 위해서는 정기적인 관리를 통한 발전 특성 분석이 필요하며 추적식의 경우 일사량에 따른 추적 성능과 설치된 인버터의 효율 분석 및 전력 계통 분석이 요구된다.^[2]

본 연구에서는 서남해안에 시설된 태양광 발전소의 발전 특성을 분석하기 위해 일사량 측정, 인버터 효율 분석과 전력 계통 분석을 하였다.

2. 태양광 발전시스템

2.1 시스템 구성

본 연구의 대상인 태양광 발전소는 서남 해안의 섬에 시설된 것으로 총 시설 용량은 표 1과 같이 806.4kWp이고 양방향 추적식 302.4kWp, 단 방향 추적식 50.5kWp 그리고 고정식 453.6kWp로 구성 되어있다.

〈표 1〉 시설용량

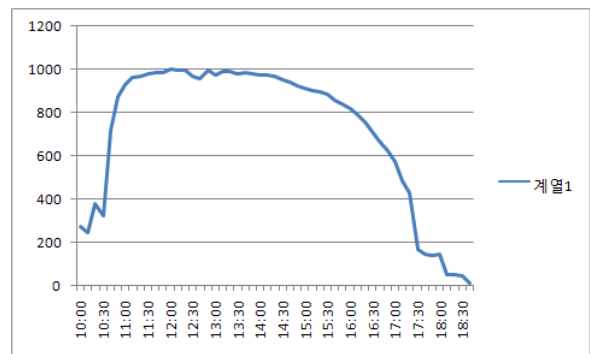
방식	시설용량	태양전지 모듈
양방향 추적식	302.4kWp	3.15kWp * 96 대
단방향 추적식	50.4kWp	4.2kWp * 12대
고정식	453.6kWp	8.4kWp * 42대 5.6 kWp * 18대

고정식은 기계실에 인버터가 설치 되어있고, 추적식은 옥외 개별 인버터가 설치되어 있다.

3. 실험 및 결과

3.1 일사량 분석

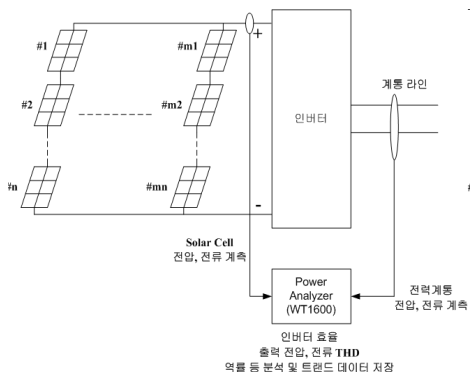
일사량계를 양축식과 단축식에 설치하여 인버터 효율 계측 시 일사량 데이터를 계측하고 양축 시스템에는 하루 일사량을 조사하였다. 일사량 측정결과 그림 1과 같이 오전 10시 경부터 14시까지의 1,000W/m²으로 아주 우수 하였으며 이후 조금씩 감소하여 17시 이후에 200W/m²으로 발전이 되지 않는 수준까지 낮아짐을 확인 하였다. 이는 일반적인 일사량 분포로 발전단지의 일사량이 양호함을 의미한다.



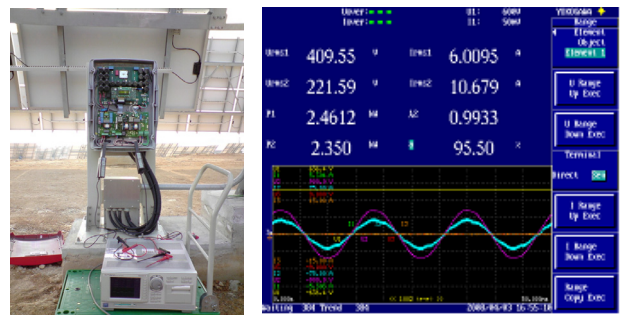
〈그림 1〉 일사량 측정 결과

3.2 인버터 효율 분석

인버터 효율 분석은 추적식에 대하여 그림 2와 같이 인버터 입력단과 출력단에 전류를 계측하기 위한 전류 프로브를 설치하고 전력 분석 장비를 설치하여 분석하였다. 그림 3(a)는 실제 인버터 효율 측정을 위해 계측기를 설치한 모습으로 인버터 내부의 결선점에 전류 센서를 연결하여 측정된 것이고, (b)는 측정된 화면의 예이다.



〈그림 2〉 인버터 효율 분석기 설치 방법



(a) 계측기 설치 (b) 측정 화면

〈그림 3〉 인버터 효율 측정

단축식의 경우 3대의 인버터에 대해 분석하였고, 양축식은 11대의 인

버터를 샘플로 선택하여 분석하였다. 샘플로 선정된 인버터는 일보를 참고하여 특성이 의심되는 것들로 선택하였다.

표 2는 양축 추적식 인버터의 사양이다. 단축 추적식에 사용된 인버터는 최대 개방 전압 600V이며 최대 전력 생산을 위한 제어 전압은 245V ~ 600V이며 실제 계측 결과 MPP(Maximum Power Point)는 385V ~ 409V 범위에서 형성되고 있었으며 이때 생산되는 전력은 900W에서 2.4kW로 나타났다. 표 3은 단축식의 경우 3대의 인버터에 대한 실측 결과이다. 실측 결과 제작사에서 제시한 효율과 같거나 높게 나타남을 확인 하였다.

<표 2> 단축 추적식 인버터 사양

항목	표기	설정값
최대 입력 무부하 전압	U_{PVO}	600V
MPPT 제어 범위	U_{PV}	245V ~ 600V (at 220V AC)
최대 입력 전류	I_{PVmax}	26A
최대 입력 전력	P_{DC}	6,300W

<표 3> 단축 추적식 인버터 실측결과

인버터 번호	입력 전력 (kW)	출력		실측 효율 (%)	제작사 효율 (%)
		전력 (kW)	역률		
단축#4	2.46	2.35	0.99	95.5	95.0
단축#8	0.94	0.87	0.98	93.3	93.2
단축#12	1.43	1.36	0.96	95.2	95.0

<표 4> 양축 추적식 인버터 실측결과

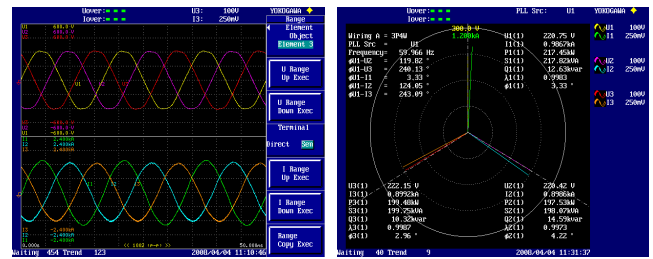
인버터 번호	입력 전력 (kW)	출력		실측 효율 (%)	제작사 효율 (%)
		전력 (kW)	역률		
양축 #1	2.78	2.58	0.997	92.6	93.5
양축 #12	1.43	1.36	0.964	95.2	93.6
양축 #16	2.78	2.64	0.997	94.8	93.5
양축 #26	2.72	2.58	0.997	94.6	93.5
양축 #28	2.73	2.57	0.998	94.4	93.5
양축 #37	2.06	1.97	0.998	95.4	94.2
양축 #66	2.52	2.38	0.997	94.4	93.7
양축 #69	2.58	2.44	0.997	94.3	93.7
양축 #72	2.47	2.33	0.997	94.4	93.8
양축 #74	2.45	2.32	0.998	94.7	93.8
양축 #87	2.43	2.29	0.997	94.5	93.8

양축 추적형에 설치된 인버터는 3kW로 인버터 효율은 94~95% 정도로 나타났다. MPP는 270~310V 범위에서 형성되고 있어 인버터 동작은 양호한 것으로 측정되었다. 그러나 양축 #1의 경우 90% 출력에서 인버터 효율이 92.61%로 제작사의 효율 93.5%보다 약간 낮게 나왔다.

3.3 전력 계통 분석

발전소의 전력 계통 상황을 분석하기 위해 변압기 1차 측에 연결되어 있는 디지털 미터의 입력 신호인 전압 PT신호와 전류 CT 신호를 이용하여 계통을 분석 하였다. 분석 방식은 계통 전압, 전류의 상태를 보기 위한 파형 분석 및 벡터도를 이용한 상 불평형 분석을 하였으며, 주파수 분석을 통한 계통 전압 전류의 고조파 분석을 하였다. 계통의 전압 전류는 그림 4와 같이 파형 분석과 벡터도 분석을 하였으며 전압 및 전류는

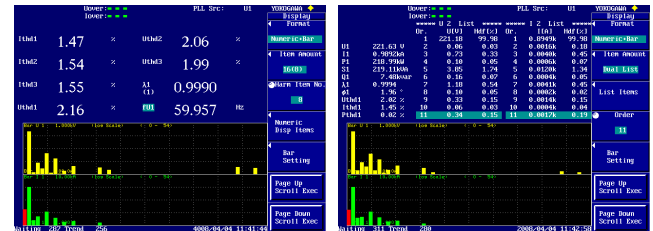
3상의 위상각이 120° 로 정상적이거나 벡터도 분석 결과 A 상의 전류가 B, C 상의 전류에 비해 약 10% 정도 많게 나타났다. 이는 추적식 발전 시스템이 단상 전력 변환기로 상 분배 시 A 상에 다소 많은 인버터를 할당하여 나타난 현상이거나 태양광 발전의 불균일로 나타난 현상으로 추측하였다. 이를 확인하기 위해서는 장기간의 세밀한 분석이 요구된다.



(a) 전압, 전류 파형 (b) 전압 전류 벡터도

<그림 4> 출력단 계통 전압, 전류 계측

그림 5는 계통의 고조파 분석을 위한 주파수 분석 결과로 전압의 경우 THD(Total Harmonic Distortion)가 2% 정도였으며, 전류의 경우 1.5%로 상용 전원의 규정치인 5% 이내에 들어 고조파도 양호하였다. 그림에서 나타나듯이 5, 7 고조파 성분만이 대부분을 차지하여 전형적인 3상 시스템의 특성을 나타냈다.



<그림 5> 출력단 계통 주파수 계측

4. 결 론

추적식에 일사량계를 설치하고 일사량을 측정 한 결과 통상적인 일사량 분포를 나타냈으며, 추적 제어가 정상적으로 이루어짐을 확인하였다.

일보를 참고하여 성능이 의심되는 인버터를 선정하여 인버터 효율을 측정하고 분석한 결과 인버터 효율은 제작사에서 제공하는 효율과 유사하였으나 양축형 #1의 경우 약간 낮게 나타나고 있음을 확인하였다.

전력계통 분석 결과 전압의 불평형은 없었으며, 발전 시 역률이 0.99이상으로 단위역률 제어도 잘되고 있음을 확인하였다. 계통 전압과 전류의 주파수 분석 결과 전압은 2%, 전류는 1.5%의 THD를 가지고 있는 것을 확인하였으며 이는 상용전원의 규격 5%이내를 모두 만족하는 값이다. 전류의 경우 상별 불평형이 A 상에서 약 10%정도 높게 나오는 것을 확인 하였으며 이는 변압기 및 기기의 사용률을 감소시킬 수 있는 요인으로 단상 인버터 결선 시 부하 분배를 고려하여 결선을 변경하면 해결 할 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 조덕기 외, “태양광발전단지 건설을 위한 태양광자원 정밀조사”, 한국태양에너지학회지, 제24권 제2호, 83~88, 2004
- [2] 최연옥 외, “3kW급 계통연계형 태양광발전시스템 실증연구”, 전력전자학술대회 논문집, June 22~24, 558~560, 2006