

추적식 수상 태양광 발전 시스템 성능 분석

양연원 · 정선옥 · 신현우 · 이길송*

솔라테크(주), 안양시, 430-817

The Efficiency Analysis of Tracking-Type Floating PV System

Yoen Won Yang · Seon Ok Jeong · Hyun Woo Shin · Kil Song Lee*

Solar Tech Co., LTD., Anyang, 430-817, Korea

ABSTRACT: The Floating Photovoltaic System was installed on the surface of water. There were some researches in this subject. But there was not many studies with experiment on a high waterproof Floating Photovoltaic modules. The aim of this study was to analyze the performance of the Floating Photovoltaic System. For this experiment, a high waterproof Floating Photovoltaic modules were designed and applied to the module capacity of 10 kW Tracking-Type structure. The experiment results indicated the performance of the daily production is 51.6 kW; the production capacity of Floating Photovoltaic System is expected to be 23% higher than that of the ground-mounted photovoltaic system.

Key words: Floating Photovoltaic System, Photovoltaic System, Photovoltaic Module, Structure of Floating Photovoltaic, Tracking-Type Floating PV System

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

수상 태양광 발전 시스템이란 인공섬, 저수지 또는 담수호의 수면 위에 설치되며, 부유체 및 계류장치, 태양 추적 장치, 태양광 모듈, 전기 설비 등으로 구성된 시스템을 말한다.

일반적으로 지상에 설치되는 태양광 시스템의 경우 넓은 대지를 확보하기 위해 산림을 훼손하여 태양광 발전소를 설치하고 있는 실정이다. 반면 수상 태양광 발전 시스템은 인공섬, 저수지 등 수면에 설치되기 때문에 대지확보를 위한 산림훼손이 발생되지 않는다. 또한, 지열에 의한 발전효율 저하가 발생되지 않고, 수면의 낮은 온도로 여름철 모듈온도를 식혀주는 Cooling 효과로 오히려 발전효율이 증가 하는 장점이 있다.

이러한 수상 태양광 발전 시스템의 장점으로 인해 국내외에서 많은 연구개발이 이루어져 왔다. 하지만, 기존의 수상 태양광 발전 시스템에 사용되는 대부분의 모듈은 일반모듈이 적용되어 왔으며, 수상에서 장기적인 성능을 유지하기 위해서는 수

상 환경에 적합한 고방수 성능의 모듈이 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 수상 환경에 적합한 고방수 성능의 모듈을 개발 및 시스템적용 하였다. 또한 10 kW용량의 양축 트래킹이 가능한 추적식 수상 구조물을 설치하여 성능 실험을 진행 하였으며, 이를 통하여 수상 태양광 시스템의 발전성능을 분석 하였다.

2. 성능평가

2.1 실험모델 설계 및 제작

추적식 수상 태양광 발전 시스템은 10 kW급으로 경기도 군포시 반월저수지에 설치되었다. 실증 플랜을 구성하는 요소는 크게 태양광 모듈, 태양광 모듈을 수면위에 부상시키기 위한 수상 구조물, 바람이나 유속 등으로 방향이 변하지 않도록 고정하는 계류장치, 태양광 모듈 어레이에서 생산된 DC 전압 및 전류를 처리하기 위한 접속반 및 각종 센서류에서 취득한 데이터를 처리하여 전송하는 제어반, 생산된 전력을 교류로 변환하여 한전 계통에 접속시키기 위한 인버터 등으로 구성되어 있다.

추적식 수상 태양광 발전 시스템에 사용된 PV 모듈은 표준시험조건(STC: Standard Test Condition)에서 전기효율 250 Wp 단결정 실리콘 PV모듈을 사용하였으며, 모듈은 7등급 모듈방

*Corresponding author: leeks@solar-tech.co.kr

Received December 2, 2013; Revised December 6, 2013;

Accepted December 11, 2013

수성능 Test를 완료 하였다. 모듈의 상세 사양은 Table 1과 같다. 또한, 수상 태양광 모듈은 수환경 오염을 방지하기 위해 납성분이 없는 Pb Free 리본을 적용하였으며, 방수 성능을 높이기 위해 20 μ m의 AL Layer가 들어간 Back Sheet와 IP 67등급의 J-Box 그리고 방수를 위해 별도 설계된 프레임을 적용하였다. 수상 태양광 모듈의 모습은 Fig. 1과 같으며, Fig. 2는 수상 태양광 모듈을 제작하기위한 구성요소를 나타내고 있다.

모니터링을 위해 수상용 센싱함을 별도로 설계 및 제작 하였으며, 센싱함은 방폭형 Box 형태로 제작 하였으며, 방수성능 시

Table 1. PV 모듈 상세 사양

셀 타입	monocrystalline silicon
최대 출력	250 Wp
최대 전압	31.1 V
최대 전류	8.05 A
단락 전류	8.87 A
개방 전압	37.7 V
크 기	1619 × 979 × 40 mm

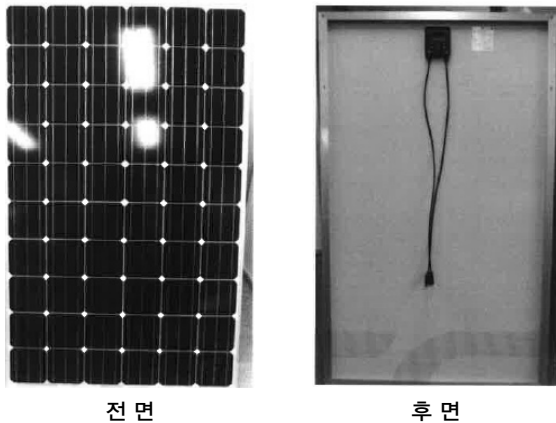


Fig. 1. 수상 태양광 모듈

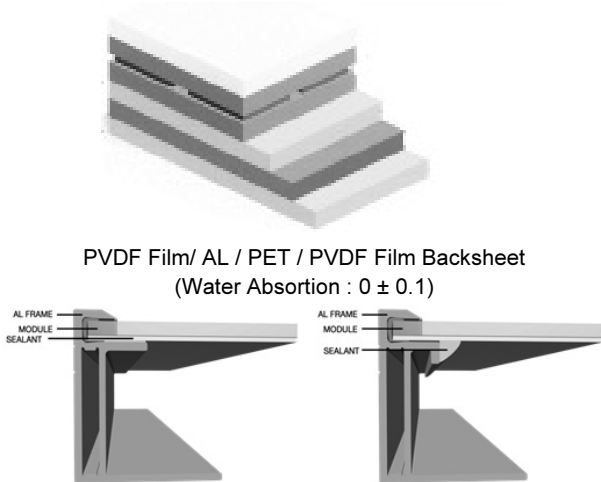


Fig. 2. 수상 태양광 모듈의 구성요소

험결과 IPX7등급을 득하였다. Fig. 3은 수상용 센싱함을 나타내고 있다.

2.2 실험장치 및 방법

수상 태양광 모듈이 설치된 부유체는 10 kW용량의 양축 추적식 장치로서 정면에서 보았을 때 다이아몬드 형상을 가지고 있다. 추적 장치의 상부에는 태양광 모듈이 장착되고 그 아래 외곽 상부에는 8개의 챔버, 중앙 하부에는 챔버가 있으며, 이들 사이에 구조적으로 연결하기 위한 지지대 겸 부표로 구성되어 있다. 추적 장치의 메카니즘은 중앙 하부 챔버에서 외곽 상부 챔버로 물을 이송함으로써 추적 장치의 고도 제어가 이루어지며, 어느 방향의 외곽 상부 챔버로 보내느냐에 따라 방위각이 결정된다. 수상 태양광 발전 추적 장치의 개념은 Fig. 4에서 나타내고 있다.

추적식 수상 태양광 발전 시스템은 태양의 태양의 고도와 방위에 따라 동쪽에서 서쪽으로 트래킹 되도록 제어하였다. Fig. 5은 수상 태양광 발전 추적 장치 설치모습을 나타내고 있다.

또한, 발전성능 및 시스템에 미치는 요소를 분석하기 위해 모



Fig. 3. 수상용 센싱함

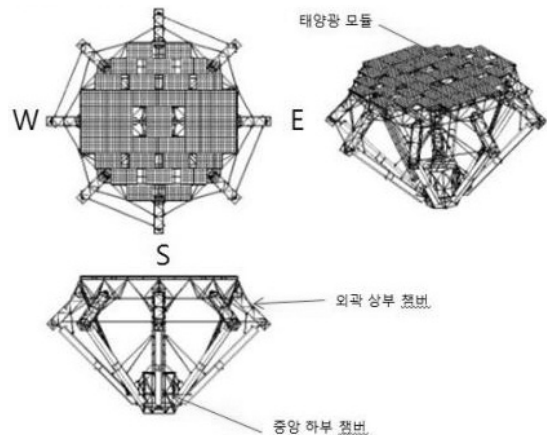


Fig. 4. 10 kW 용량 수상 태양광 발전 추적 장치 개념도



Fig. 5. 10 kW 용량 수상 태양광 발전 추적 장치 설치모습

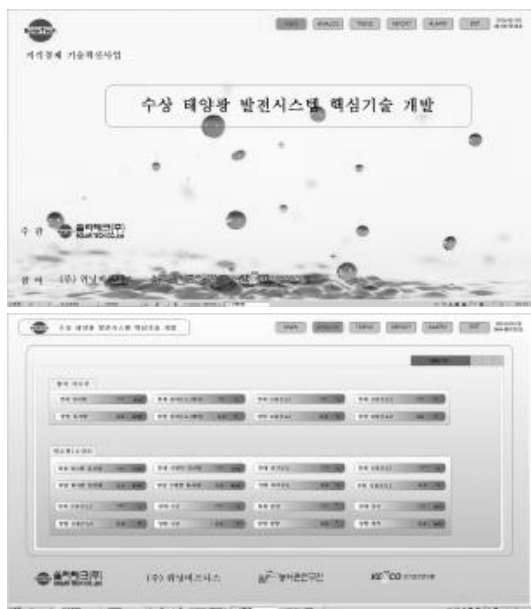


Fig. 6. 모니터링 시스템

니터링 시스템을 구축하였으며, 모듈온도, 수온, 발전량, 일사량, 외기온도 등의 다양한 요소를 측정하였다. Fig. 6는 모니터링 시스템의 구성화면을 나타낸 것이다.

3. 실험결과 및 분석

경기도 군포시 반월 저수지에 설치된 10 kW 용량의 추적식 수상 태양광 발전 시스템의 성능을 분석하기 위해 2013년 8월 중 실험이 이루어졌으며, 비교적 기상 조건이 좋은 날의 데이터를 분석하였다.

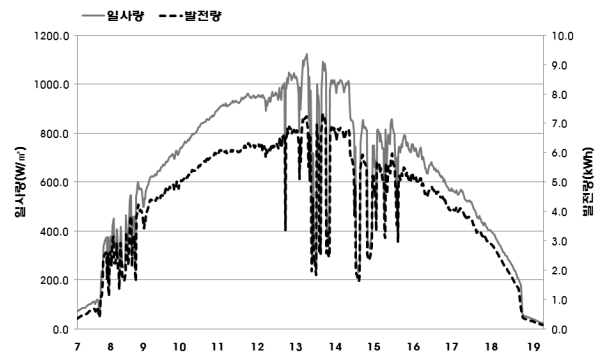


Fig. 7. 일사에 따른 일일 발전량

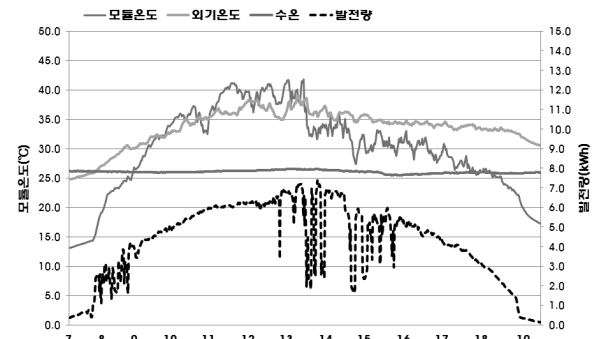


Fig. 8. 시스템에 영향을 미치는 요소 그래프

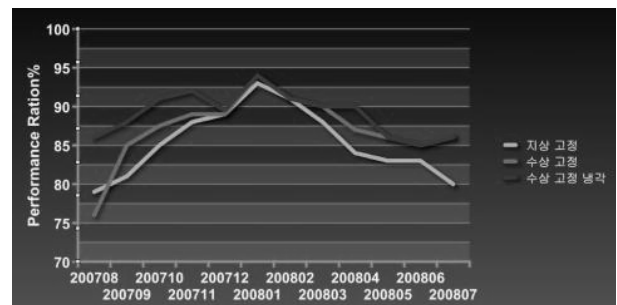


Fig. 9. 수상 태양광 발전 비교 분석 자료(Yuzuru Ueda, et al, 2008)

실험결과 7시경 발전이 시작되었으며, 8시경 일사량이 증가함에 따라 발전량이 증가하였다. 12시 이후 구름의 영향으로 인해 일사량이 불균일하게 나타났으며, 그로인해 발전량역시 불균일하게 나타났다. 16시경 구름의 영향에서 벗어남에 따라 비교적 안정적인 일사량을 나타냈으나 일사량의 감소로 인하여 발전량이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이날 최대 일사량은 $1,123 \text{ W/m}^2$ 로 나타났으며, 최대 발전량은 7.2 kWh로 나타났다. 일일 누적 발전량은 51.6 kWh로 일일 5.16시간 발전한 것으로 분석되었다.

외기온도 최저 22°C 최고 38°C , 모듈 온도 최저 22°C 최고 56°C 로 나타났으며, 수온은 최저 25°C 최고 27°C 로 나타났다.

관련 연구 중 일본의 Yuzuru Ueda가 2008년 9월 스페인에서 발표한 수상 태양광 발전과 지상 태양광 발전을 비교한 내용이

있다. 이 연구에 의하면 물을 태양광 모듈 표면에 분사여 냉각시키는 수상 태양광 발전시스템의 성능이 연중 가장 우수하나 그 차이는 여름에 최대가 되고 겨울에는 그 차이가 없는 것으로 나타났다. 10월의 경우 지상 태양광 발전과 수냉하지 않은 수상 태양광 발전의 성능차이는 2.5%이며, 수냉 하는 수상 태양광 발전과의 성능 차이는 10%인 것으로 나타났다.

연구사례를 당 연구에 적용하여 수상 환경에 따른 발전량 증대가 2.5%인 것을 감안할 경우, 추적식 수상 태양광 시스템은 추적기능에 대한 성능 개선은 약 23% 전후로 예상되어진다.

4. 결론

본 연구에서는 수상 환경에 적합한 고방수 성능의 모듈을 개발 및 추적식 수상 구조물에 적용하여 모듈의 발전량을 측정하였으며, 오직 10 kw 용량의 추적식 수상 태양광 발전 시스템의 발전량만을 연구하였다. 또한, 선행 연구사례를 인용하여 추적식 수상 태양광 시스템의 성능에 대한 예측이 이루어 졌다.

PV 모듈은 7등급 모듈방수성능 Test를 완료 한 250 Wp 단결정 실리콘 모듈이 사용되었으며, 모듈의 구성요소인 리본은 Pb Free 제품이 적용 되었다. 모듈의 방수 성능을 높이기 위해 20 μ m의 Al Layer가 들어간 Back Sheet와 IP 67등급의 J-Box가 사용되었으며, 별도 설계된 프레임이 적용되었다.

모니터링 시스템 구축을 위해 방폭형 Box 형태로 센싱함을 별도로 설계 및 제작하여 적용 하였으며, 수상 태양광 모듈을 설치하기 위해 10 kW용량의 양측 추적식 부유체가 사용되어 졌다.

실험 결과 일일 누적 발전량은 51.6 kW로 일일 5.16시간 발전한 것으로 분석되었다. 이를 지상 태양광 발전 시스템과 비교하였을 경우 약 23%의 발전 성능 개선이 예상되어진다.

시스템의 정확한 성능을 확인하기 위해 추후 장기적인 실험 및 데이터 분석이 이루어질 예정이다. 또한 지상용 태양광 시스템

또는 고정식 수상 태양광 시스템과 추적식 수상 태양광 시스템 등 다양한 대조군과의 실험을 통한 성능분석 또한 이루어져야 할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(20113010010090)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

References

1. 이형목, 한호연 이세현 임동현, "수상태양광발전 상용화 방안 연구," 2011년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1398-1399, 2011.
2. 김은기, 최형철, 이종석, 신강욱, "수상 태양광발전 시스템의 데이터 분석을 통한 실증에 관한 연구," 2011년도 대한전기학회 하계 학술대회 논문집, pp. 1402-1403, 2011.
3. Kim Trapani, Dean L. Millar, "Proposing offshore photovoltaic (PV) technology to the energy mix of the Maltese islands," J. of Energy Conversion and Management, Vol. 67, pp. 18-26, 2013.
4. Yuzuru Ueda, Dean L. Millar, "Performance Analysis of PV system," 23rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, pp. 1-5, 2008.
5. Young-Kwan Choi, Nam-Hyung Lee, An-Kyu Lee, Kern-Joong Kim, "A study on major design elements of tracking-type floating photovoltaic system," J. of Smart Grid and Clean Energy, Vol. 3, No. 1, pp. 70-74, 2014.
6. Young-Kwan Choi, Nam-Hyung Lee, Kern-Joong Kim, "Empirical Research on the efficiency of Floating of PV system compared with Overland PV Systems," J. of SERSC 2013, Vol. 25, pp. 284-289, 2013.