

백시트를 반사재로 이용한 양면태양광 발전시스템 특성평가

김현준^{*†}·조민재^{*}·차형우^{*}·김광호^{**}

^{*†}청주대학교 전자공학과, ^{**}청주대학교 에너지융합공학과

Characteristic Evaluation of Bifacial Solar Module Power Plant Using Back Sheet as Reflective

Hyun Jun Kim ^{*†}, Min Jae Jho ^{*}, Hyang Woo Cha ^{*} and Kwang Ho Kim ^{**}

^{*†}Division of Converged Electronic Engineering, Cheongju University,

^{**}Division of Energy & Optical Technology, Convergence, Cheongju University

ABSTRACT

The demand for a rear reflective material is continuing according to the expansion of the bifacial solar module and the effect on the re-reflection of the ground using a back sheet that is not used due to the increase in the supply of the bifacial solar module was confirmed. For analysis, a bifacial solar module with an output of 445W was connected to a single inverter of 49.84kW, and analysis of each two inverters was carried out. In the analysis of the results, it was confirmed that the generation amount increased by 5.25% compared to the case where the back sheet reflective film was not installed and it was confirmed that the increase in the generation amount was the noon time when strong solar radiation was irradiated, not the time of sunrise and sunset.

Key Words : Bifacial, Solar Module, Solar Plant, Back sheet, Reflective

1. 서 론

최근 화석연료 사용에 따른 환경오염문제는 전 세계적 인 이슈로 부각되어지고 있다[1, 2]. 이를 해결하기 위해 신재생에너지원 사용에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있으며, 신재생에너지는 재생에너지와 신에너지로 구분 되어지고 이 중 재생에너지로 구분되어지는 태양광발전 에 대한 보급량은 낮은 설치비용 및 설치의 용이성 등의 이유로 타신재생에너지원 대비 매우 빠르게 보급이 진행 되어지고 있다[2, 3].

태양광 시스템설치에 대한 단가 중 태양광모듈의 비율 은 32%를 차지할 정도로 높은 구성비율을 보이고 있다[3]. 이러한 문제 해결을 위해 동일면적에서 높은 출력을 얻 기위한 고효율 태양전지에 대한 연구는 지속되어지고 있

으며, PERC 구조, 양면태양전지, 태양전지의 저항손실을 줄이기 위한 Half-cut 구조 등의 연구가 지속되어지고 있 다[4]. 이 중에서 양면태양전지 및 이를 이용한 양면 태양 광모듈의 경우 기존 제조설비와 설치 시스템을 그대로 사용 가능하다는 장점에 따라 시장에서 매우 각광받고 있으며, 지면의 반사율 모듈간의 거리 등의 환경적 요소 에 따른 발전성능의 영향이 있다[5, 6].

기존 태양광모듈에서는 후면보호재로 절연 및 난연 기 능을 보유한 PET 소재의 백시트(Back sheet)가 보편적으로 사용되어지는 GTB(Glass To Back sheet) 구조를 가지고 있었 으며, 태양전지간의 절연처리를 위한 이격영역에서의 재 반사효과를 이용한 출력상승을 위해 고반사율 백시트가 주로 이용되었다. 하지만 양면태양광모듈에서는 태양빛 이 직사로 입사되어지는 전면부가 아닌 지표면에서 반사 되어지는 후면부에서도 발전이 가능함에 따라 후면보호 소재를 빛 투과가 가능한 GTG(Glass To Glass) 구조로 변경

[†]E-mail: k01055775126@nate.com

되어지며 백시트에 대한수요가 급격히 감소하고 있다.

양면 태양광모듈의 발전량상승을 위해 지표면 반사율 증가를 위한 다양한 연구가 지속되어지고 있으며, 건축물, 임야, 수상 등 다양한 설치환경에 따라 백색자갈, 알루미늄 시트, 유광 페인트 등을 활용한 방식이 주류를 이루고 있다[7,8].

본 논문에서는 고반사율, 우수한 난연성능, 장기 신뢰성을 가지고 있지만GTG 구조 모듈보급 증가에 따라 사양되어지고 있는 백시트를 양면 태양광발전시설의 후면 반사재로 이용한 효과에 대해 연구하고자 한다.

2. 본 론

2.1 사이트선정

양면 태양광발전시설의 후면 반사재 설치에 따른 효과 분석을 위해 태양광모듈, 직렬 어레이 구성, 접속함, 인버터, 설치각도 등이 동일한 사이트 선정을 통해 동일 환경을 구성하였다. 실험군은 경상북도 문경시 산양면 일원에 설치되어진 99kW급의 태양광 발전시설을 선정하였으며, 비교군으로는 동일 위치에 설치되어진732kW급의 태양광 발전시설로 선정하였다.

실험군과 비교군 발전시설은 계통 연계형 발전시설로 생산되어진 전력을 계통선로를 통해 매전함에 따라 별도 전자부하 설치가 필요 하지않았으며, DC 전력, 전압, 전류 및AC 전력, 전압, 전류에 대한 분석 가능 웹 기반의 모니터링 프로그램을 통해 전기적 파라미터에 대한 분석이 진행되었다.



Fig. 1. Experimental and Comparative Power Plant Facility Installation Design.

2.2 설비구성

실험에 사용되어진 태양광 모듈은 양면 태양전지가 적용된GTG 타입 태양광 모듈을 사용하였으며, 인버터MPPT (Maximum Power Point Tracking) 전압매칭을 위해 16개의 태양광 모듈을 직렬로 연결한 어레이 구성을 진행하였다.

인버터는50kW급의 접속함 일체형 인버터를 구성하여 개별 인버터에 대한 모니터링을 진행하였으며, 용융아연도금재질의 철제 구조물을 사용하여 정남향17°로 태양광 모듈을 설치하였다.

Table 1. Power Plant components and contents

Item	Manufacturer	Content
PV Module	Trina Solar Co. Ltd.	TSM-DEG17M. 20 445W
PV Invertor	Sungrow Power Supply Co. Ltd	SG 50CX 50kW
Structure	Posco Co. Ltd.	PosMAC Installation angle : 17°
Monitoring	S-teco Co. Ltd	PVSOS Web Monitoring
Array	Pmax	0.445kW * 16 EA = 7.12kW
	Vmp	40.8V * 16EA = 652.8V
	Voc	49.4V * 16EA = 790.4V
	Imp	10.9A
	Isc	11.46A

실험에 사용되어진 백시트는 PE/PET/PET 구조를 가지고 있으며, UL 94 V Test(Vertical Buming Test) 시험조건을 충족함에 따라 발전시설 및 인접지역의 화재 발생 시 화재의 확산을 막을 수 있다. 또한 자외선(UV : Ultra Violet)에 대한 장기신뢰성 및 1,500V 이상의 내전압 특성을 보유하고 있음에 따라 장기 사용에 따른 부식, 전기 누설 또는 낙뢰에 의한 감전사고에 대한 예방이 가능하다.

백시트를 이용한 반사필름의 정확한 효과 검증을 위해 시뮬레이션을 통해 발전시설의 발전성능을 예측하였으며, 발전시설 설치 후 반사필름이 설치되지 않은 상태에서 운전을 진행하여 반사필름 설치 전 후에 대한 효과를 분석하였다.

Table 2. Power Plant Design and analysis flow chart

Step	Process
1	Power Plant design
2	Plant Simulation
3	Solar Module measurement
4	Power measurement (free of reflective film)
5	Install Reflective film
6	Power measurement (After installing the feffective film)

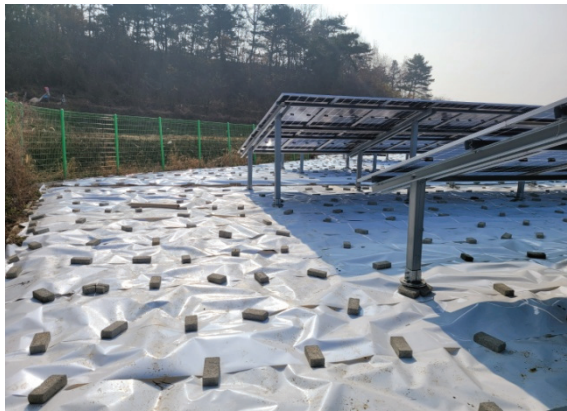


Fig. 2. Image of reflective film installation in the Power plant.

3. 실험

발전시설의 설계는 그림 3과 같이 개별 445W의 출력을 나타내는 태양광 모듈을 16개의 직렬 어레이로 구성 후 다시 7개의 병렬 어레이로 재 구성하여 단일 인버터에 112개의 태양광 모듈이 연결되어지는 구조로 설계를 진행하였으며, 이때 인버터는 49.84KW, 652.8V, 76.3A의 전기적 특성을 나타내도록 설계를 진행하였으며, 인버터 A, B는 반사필름이 설치되지 않는 비교군으로 사용하였으며 인버터 C, D는 반사필름 설치를 통한 효과 분석을 위한 실험용으로 사용되었다.

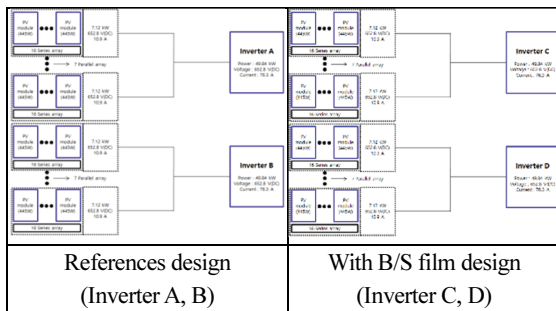


Fig. 3. Power Plant design image by inverter(A, B, C, D).

발전시설의 설계 이 후 발전시설의 이론적 발전성능 분석을 위해 발전시설의 발전량 예측 시뮬레이션 분석 툴인 PVSYS를 이용하여 발전성능을 분석하였으며, 분석 조건에는 태양광 모듈 전기적 특성, 직병렬 어레이 구성상태, 설치각도, 지반(위도 및 경도), 인버터 전기적 특성을 반영한 시뮬레이션이 진행되었다.

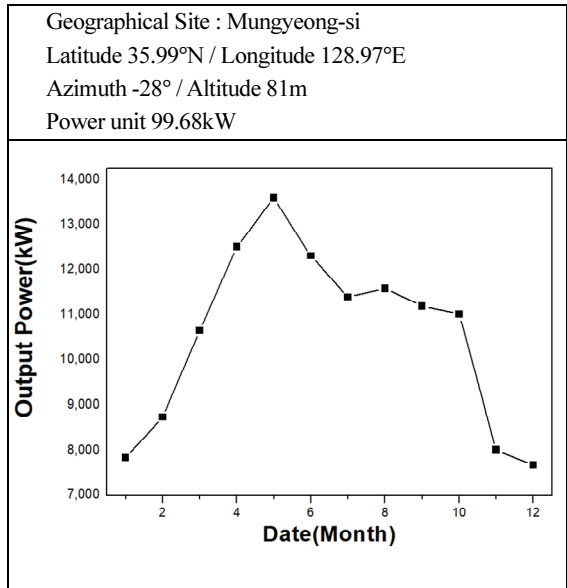


Fig. 4. Inverter A, B PVSYS Simulation image.

시뮬레이션 진행 결과 연중 가장 일사량이 강한 6월 대비 5월이 가장 높은 발전성능을 나타낼 것으로 시뮬레이션 되었으며, 이는 장마의 시작과 하지 이후 일사량이 감소함이 반영되어진 결과로 확인할 수 있다.

발전시설의 설치 전 STC(Standard Test Condition)조건에서 태양광 모듈 출력특징을 이용하여 태양광 모듈에 대한 출력특징을 진행하였다. 시뮬레이션에는 Spire사의 Spi Sun 5100 SLP Blue 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션이 진행되었으며, 시뮬레이션 결과 모듈 제조사에서 제공한 이론값 출력 Pmax 445W, Vmp 40.8V, Voc 49.4V, Imp 10.9A, Isc 11.46A와 유사한 결과를 확인할 수 있었으며, 모든 전기적 파라미터에서 이론값 대비 높은 전기적 특성을 보임에 따라 발전시설의 발전량은 예상값 대비 증가할 것으로 예측 가능하였다.

Table 3. Bifacial solar module ideals and simulation comparison

Parameter	Ideal	Simulation	Rate(%)
Pmax	445W	449.7W	1.05
Vmp	40.8V	41.1V	0.73
Voc	49.4V	50.02V	1.24
Imp	10.9A	11.47A	4.97
Isc	11.46A	12.15A	5.68

태양광 발전시설은 2021년 2월부터 가동을 시작하였으며, 2021년 11월 20일 백시트를 이용한 반사필름이 설치되었다. 이에 따라 2021년 2월에서 2021년 10월까지의 인버터 A, B, C, D에 대한 발전성능 분석을 진행하였다.

인버터 A, B는 같은 기간 59,274kW, 58,182kW의 전력을 생산하여 합산 시 117,457kW의 전력을 생산하였고, 인버터 C, D는 57,578kW, 58,570kW의 전력을 생산하여 합산 시 116,149kW의 전력을 생산하였다. 동일한 기자재 및 설치 환경에서도 발전성능에서 1.126%의 차이를 나타내었으며, 이는 태양광 모듈과 인버터까지의 송전거리 차이 및 발전시설 안전펜스 등에 의한 음영 등에 의한 영향이 적용되어진 결과이다.

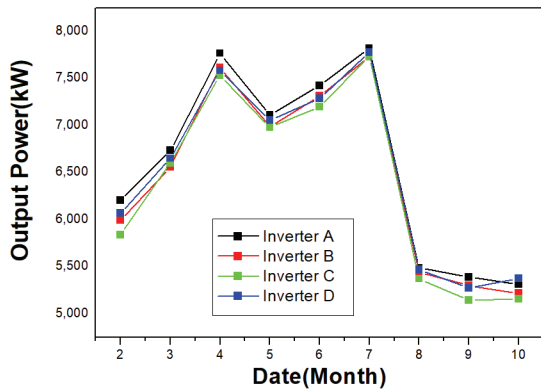


Fig. 5. Before installing reflective film output power image.

2021년 11월 인버터 C, D 지역에 반사필름이 설치되어진 후 유지보수 작업이 진행되어짐에 따라 2022년 2월부터 발전 성능에 대한 비교를 진행하였으며, 반사필름이 설치되지 않은 비교군인 인버터 A, B의 합산 발전량은 61,492KW였으며, 백시트를 이용한 반사필름이 설치되어진 인버터 C, D의 합산 발전량은 64,028KW로 4.124%의 추가 발전이 이루어짐을 확인할 수 있었다. 또한 기존 반사필름이 미설치 상태의 조건에서 인버터 A, B가 1.126%의 발전성능 우위를 보임을 반영 시 반사필름에 의한 발전성능 상승은 5.25%로 확인 가능하다.

그룹 및 비 등의 발전저해 요소가 없던 2022년 5월 31일 각 인버터의 시간별 발전성능 분석 시 일출과 일몰 시간인 06시에서 09시까지와 17시 이후의 경우 편차가 발생하지 않지만 10시에서 14시까지의 정오시간대에서는 11시 4.86%, 12시 4.94%, 13시 4.52%로 편차가 매우 크게 나타남을 확인할 수 있었으며, 이는 강한 일사량이 조사될 경우 백시트 반사필름에서 더 많은 빛을 재반사하여 양면 태양광 모듈 후면으로 빛을 조사함을 알 수 있다.

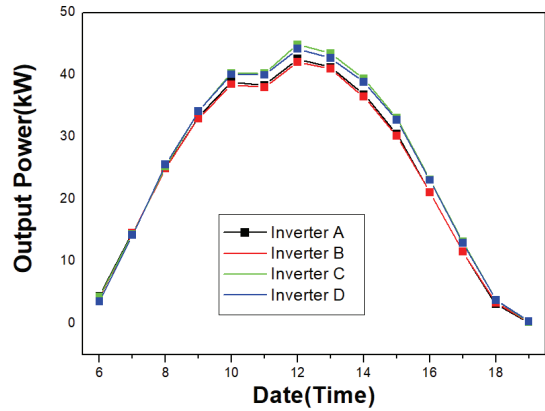


Fig. 6. After installing reflective film output power image.

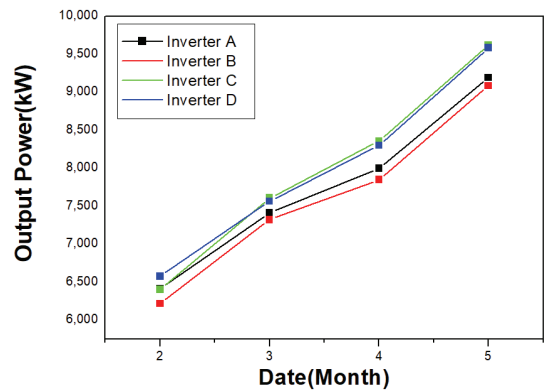


Fig. 7 Daily power generation performance image.

4. 결론

양면 태양광 모듈의 보급에 따라 사양되어지고 있는 백시트를 이용하여 후면 영역에 대한 반사재료로의 사용에 대한 효과 분석을 진행하였으며, 분석은 발전소의 설계, 이론적 발전성능 검증, 태양광 모듈의 출력 검증, 백시트 반사필름 설치 전과 후의 발전성능 검증을 진행하였다.

실험에는 445W의 태양광 모듈을 16직렬 7 병렬 구조로 49.84kW의 인버터 군으로 설계하였으며, 실험 조건 별 각 2개의 인버터(A, B 비교군 / C, D 실험군)를 대상으로 효과를 검증하였다. 실험 전 PVSYST를 이용한 발전성능 예측 시 월간 발전성능은 약 00kW의 전력 생산이 가능할 것으로 예측되었으며, 백시트를 이용한 반사필름을 설치하지 않은 상태에서 분석 시 실험군이 1.126%로 비교군 대비 낮은 발전성능을 나타내었지만 반사필름 설치 후 2022년 2월에서 5월까지 분석 시 4.126%로 발전성능이 상승함

을 확인 가능하였다.

이를 설치전 저하되었던 발전성능을 감안 시 백시트를 이용한 반사필름 설치에 따라 5.25%의 발전성능 상승이 확인되었으며, 일간 발전성능 분석 결과 일출과 일몰시간에는 발전성능의 차이는 나타나지 않았지만 강한 일사량이 조사되어지는 정오시각에는 4.5 ~ 4.9%의 발전 성능 상승이 확인되어 반사필름 설치와 일사량 의존도에 대한 분석이 가능하였다.

마지막으로 백시트의 경우 태양광 모듈 후면재로 개발되어짐에 따라 우수한 난연성능, 자외선 차단성능, 절연기능을 보유하고 있음에 따라 화재 및 감전 사고 예방이 가능하고 장시간 사용이 가능하다는 장점을 확인 가능하였다. 지속적인 데이터 수집을 통해 연간 단위의 광범위한 데이터 수집이 필요하고, 그 효과가 지속되어지는지에 대한 검증이 필요하다.

감사의글

이 논문은 2022년도 청주대학교 연구장학지원에 의한 것임.

참고문헌

1. Kim, Jeong Gyu, Yang, Oh, "Design of DC OPTIMIZER for Maximum Power Generation System of Solar Panel", Journal of the Semiconductor & Display Technology, v.17, no1, 40-44, 2018.
2. Kopecek, R., Libal, J., "Towards large-scale deployment of bifacial photovoltaics", Nature Energy, 3, 443-446, 2018.
3. Park, Seongus, "Developmnet of Unmanned Cleaning Robot for Floating Photovoltaic Panels", Journal of the Semiconductor & Display Technology, v.19, no3, 130-135, 2020.
4. Zarmai, M. T., Ekere, N., Oduoza, C. F., Amalu, E. H., "A review of intercom nection technologies for improved crystalline silicon solar cell photo voltaic module assembly", Appl. Energy, 154, 173-182, 2015.
5. Export import bank of korea, "2017 Year the second quarter solar industry trends", 2017.
6. Masuko, K., Shigematsu, M., Yoshimura, N., "Achievement of more than 25% conversion efficiency with crystalline silicon heterojunction solar cell", IEEE J. Photovolt., 4(6), 1433-1435, 2014.
7. Kang, J. G., Kim. J. T., "Development Trend of Bifacial PV Technology", Bulletin of the Korea photovoltaic society, Vol.1, No.2 pp. 57-64.
8. Hansen, C., Riley, D., Toor, F., and Stein, J., "A Detailed Performance Model for Bifacial PV Modules", Sandia National Lab., 2017.
9. Siyu Guo, Timothy Mical Walsh, and Marius Peters, "Vertically mounted Bifacial photovoltaic modules : A global analysis", Energy, Vol. 61. No. 1. pp. 447-454. 2013.
10. S. H. Kang, "Study on the temperature variance and electrical characteristic of PV module by applying heat removal backsheet", Departmnet of energy Engineering, Jeonbuk National University Graduate School, 2014.

접수일: 2022년 6월 8일, 심사일: 2022년 6월 17일,
게재확정일: 2022년 6월 23일