



Task 13 태양광 시스템의 신뢰성 및 성능

S  
P  
V  
P

정보지

양면 추적

2024년 7월

저자: Stein, J., Maugeri, G.

Task 13 관리자:  
Ulrike Jahn, Fraunhofer CSP, 독일  
Laura Bruckamn, Case Western Reserve University, 미국  
Giosué Maugeri, RSE, 이탈리아



# 양면 추적

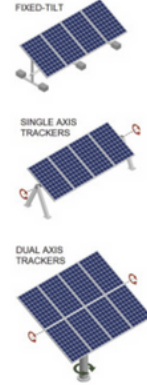
태양광 모듈의 에너지 생산량은 태양전지 효율 개선 뿐만 아니라 혁신적인 시스템 개념을 통해서도 증가될 수 있습니다.

### 양면형 태양광 모듈:

새로운 셀 설계를 통해 빛이 후면에도 도달할 수 있으며, 후면의 효율은 전면 대비 60%에서 90% 이상에 달합니다.

### 추적 시스템:

단일 축(1축) 및 이중 축(2축) 추적 시스템은 태양의 위치를 추적하기 위해 태양광 모듈의 방향을 조정하여 모듈에 입사되는 태양빛의 각도를 최소화합니다.



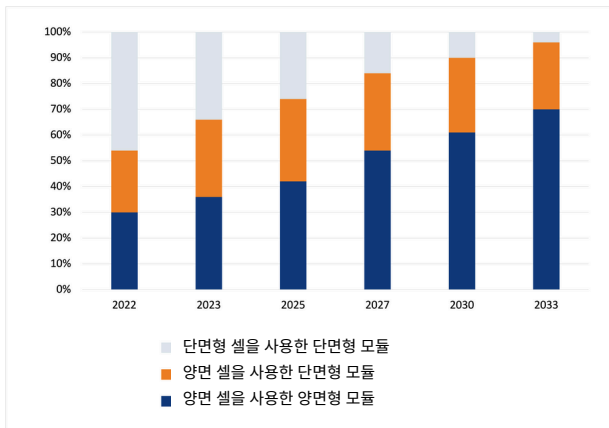
양면형 모듈과 단일 축 추적기를 결합하면, 에너지 생산량을 크게 증가시켜 전기를 가장 저렴하게 생산할 수 있습니다 (전통 시스템보다 35% 이상 증가).

양면형 추적 시스템은 세계 90% 이상 지역에서 최저 LCOE(균등화발전비용)를 가지고 있습니다. 양면형 추적 시스템의 LCOE는 기존 시스템보다 16% 낮습니다.

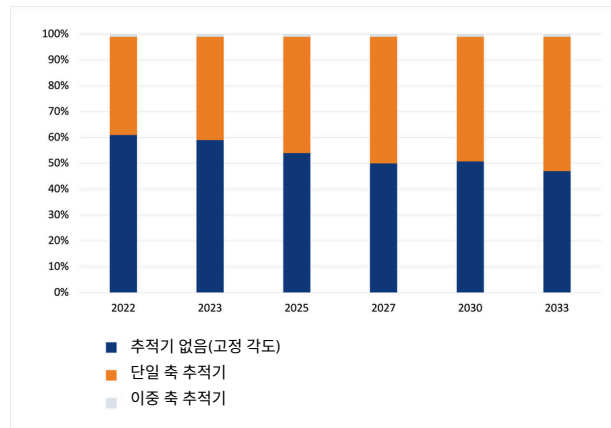
# 시장 개발

양면형 태양전지 셀과 모듈은 기술의 시장 점유율을 급격히 증가하고 있습니다. 특히 단일 축 추적기 또한 시간이 지남에 따라 시장 점유율을 확대하고 있습니다.

단면형 모듈과 양면형 모듈의 세계 시장 점유율



ci-Si 태양광 추적 시스템의 세계 시장 점유율





## 시장 트렌드와 주요 요인

- 가격은 디자인 요소, 지형의 형상, 강철 가격에 따라 달라집니다.
  - SAT 시스템은 고정 각도 시스템보다 연간 발전량을 약 20% 높일 수 있습니다.
  - 개발자들은 신뢰할 수 있는 납기 일정과 장비의 가용성을 중요시하며, 이를 위해 더 많은 비용을 지불할 의사가 있습니다.
- 공급망 문제와 시장 가격은 중요합니다 (예: 강철 - 현지 공급업체 사용으로 비용과 탄소 배출을 줄일 수 있습니다).
- 기업들은 특정 시장 부문에 집중하고 있습니다 (예: 영농형 태양광의 이중용도, 비농업용 혹은 사용가능 토지에 대한 보급, 급경사 지형). 토지 이용과 가치에 대해 다양한 시각이 존재합니다.

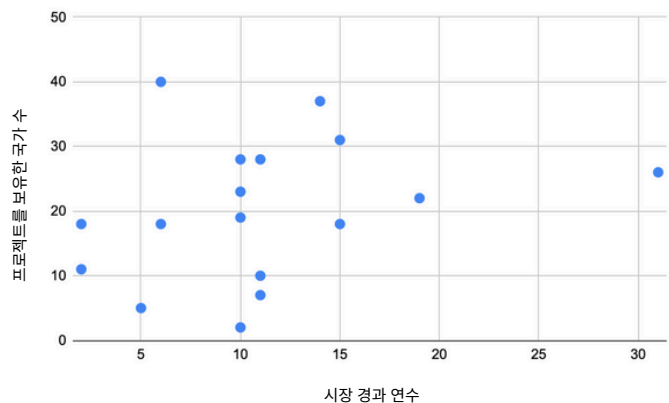
## 추적기 개요

<b>설치 옵션</b> 1-up    2-up    Titled    2-axis    2-axis novels				<b>추적기의 길이</b> 
<b>설치 방법</b> driven piles(타설말뚝)    piles in concrete(콘크리트 말뚝)    다른 설치 방법들 (slip-formed; screw)			<b>인증</b> 바람    우박    신뢰성	
<b>움직임 유도 요인</b> 중앙 모터    독립형 구조			<b>알고리즘</b> 백트래킹 최적화 경사 인식 청소 안전	
			<b>극한 날씨 대응 방법</b> 추적기 컨트롤러는 바람, 우박 및 눈 센서 또는 경고에 반응하여 모듈의 위험을 줄이기 위해 기울기 각도를 조정합니다.	

IEA PVPS Task 13은 17개의 추적기 회사(2012-2021년 글로벌 시장 점유율 약 87% 이상)의 인터뷰 및 2022년 Wood Mackenzie Global Solar PV Tracker 보고서 검토로부터 데이터를 얻었습니다.

추적기 회사들은 국제적으로 활동하고 있습니다:

- 회사의 70%는 적어도 10년 이상 운영되었습니다.
- 약 50%의 회사들이 20개 이상의 국가에서 추적기를 판매하고 있습니다.
- 80% 이상의 회사들이 10개 이상의 국가에서 판매하고 있습니다.





## 최적의 수율과 가치를 위한 시스템 설계

### 후진:

패널 간의 그늘이 발생하기 시작하면, 추적 각도는 더 이상 태양의 경로를 따라가지 않고, 대신 그늘이 발생하지 않도록 후진(감소)으로 조정됩니다. 조사된 모든 추적기 회사가 후진 기능을 제공합니다.

복잡한 지형은 특정 추적기 설계에 도전 과제를 제공합니다.

- 열에 수직 방향으로 경사가 변하면 각 열의 기울기 각도를 조정해야 합니다.
- 열과 평행한 방향으로 경사가 변할 경우, 토크 튜브에 유연한 커플링이 필요합니다.

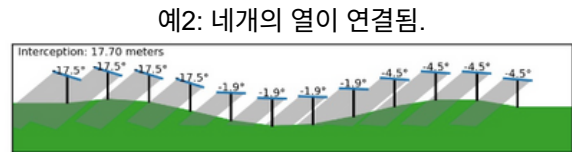
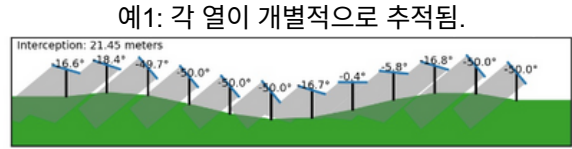


Figure by Kevin Anderson, Sandia

### 특정 날씨 조건에서는 빠른 조정이 필요합니다:

- 추적기 컨트롤러는 발전소 지역에 분산된 바람(또는 때때로 우박) 센서로부터 신호를 수신합니다.
- 시스템 및 모듈 보호를 위한 기울기 조정
  - 최대 기울기 – 예: 우박이나 눈
  - 수평 위치 – 바람 돌풍의 경우, 세일효과(sail effect)를 줄이기 위해

## 성능 모델링과 수율 평가

IEA PVPS Task 13 (Activity 2.3) 운영그룹은 현재 양면형 PV 추적 시스템에 대한 모범사례를 연구 중입니다. 이 활동의 일환으로, 우리는 다양한 시스템 설계 매개변수에 대한 다양한 모델링 도구 및 그들의 성능 예측을 비교하기 위해 블라인드 PV 성능 모델링 연구를 진행하고 있습니다. 참가자들은 시스템 설계 및 날씨 데이터가 제공된 여섯 가지 가상의 PV 시스템을 시뮬레이션하도록 요청받았습니다.

### 모델링 비교를 위한 시나리오 정의

시나리오는 가상의 것이며 다음과 같은 변화를 다룹니다:

- GCR (지면 커버리지 비율)
- 알베도
- 허브 높이
- 구성
- 지면 특성

시나리오	GCR	알베도	허브 높이	모듈 구성	지면 특성
S1	0.4	0.2	1.5 m	1-Up portrait	수평
S2	<b>0.25</b>	0.2	1.5 m	1-Up portrait	수평
S3	0.4	<b>0.5</b>	1.5 m	1-Up portrait	수평
S4	0.4	0.2	<b>3.5 m</b>	1-Up portrait	수평
S5	0.4	0.2	1.5 m	1-Up portrait	동쪽으로 10% 경사
S6	0.4	0.2	1.5 m	1-Up portrait	동쪽으로 10% 경사



## IEA PVPS Task 13 Activity 2.3 : 양면 추적

Task 13의 목표는 다양한 환경과 응용 분야에서 태양광 모듈 및 시스템의 품질, 성능 및 신뢰성에 영향을 미치는 기술적 측면을 검토하는 공통 플랫폼을 제공하는 것입니다. 이를 위해 전 세계 다양한 태양광 시스템에서 모델링한 데이터 및 측정데이터를 수집합니다. 이는 각국의 다양한 실천사례에 대한 요약, 다양한 태양광 기술 및 시스템 설계에 대한 경험을 포함합니다. Task 13의 결과는 보고서, 워크샵, 웨비나 및 온라인 출판물을 통해 전파됩니다.



하위 작업:

1. 새로운 태양광 소재, 부품, 모듈의 신뢰성
2. 태양광 응용의 성능과 내구성
3. 기술경제적 주요 성과 지표



## 참고문헌

- C. D. Rodríguez-Gallegos, H. Liu, O. Gandhi, J. P. Singh, V. Krishnamurthy, A. Kumar, J. S. Stein, - S. Wang, L. Li, T. Reindl, and I. M. Peters. 2020. " - Global Techno-Economic Performance of Bifacial and Tracking Photovoltaic Systems." *Joule*, pp. 1514-1541.
- J. S. Stein, C. Reise, J. B. Castro, G. Friesen, G. Maugeri, and E. Urrejola. 2020. "Bifacial Photovoltaic Modules and Systems: Experience and Results from International Research and Pilot Applications." IEA PVPS Task 13 Report IEA-PVPS T13-14:2021.
- M. Fischer et al. 2022. "International Technology Roadmap for Photovoltaics: 2022 Results." VDMA.
- A. Barbón, V. Carreira-Fontao, L. Bayón, and C. A. Silva. 2023. "Optimal design and cost analysis of single-axis tracking photovoltaic power plants." *Renewable Energy* 211: 626–646.
- Y.-M. Saint-Drenan and T. Barbier. 2019. "Data-analysis and modelling of the effect of inter-row shading on the power production of photovoltaic plants." *Solar Energy* Volume 184: 127-147.
- N. AL-Rousan, N. A. Mat Isa, and M. K. Mat Desa. 2018. "Advances in solar photovoltaic tracking systems: A review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82: 2548–2569.
- D. Fontani, D. Jafrancesco, P. Sansoni, A. Nicolini, A. D. Giuseppe, A. Pazzaglia, B. Castellani, F. Rossi, and L. Mercatelli. 2023. " Field optimization for bifacial modules." *Optical Materials*, Vol. 138.