

태양광 발전 시스템의 설계 기술

이현화 대표이사 (한빛디앤에스)

1. 서론

태양광 발전 SYSTEM은 모든 사람이 너무 쉽게 생각하는 경향이 있다. 태양광 발전 SYSTEM을 완벽히 설계하고자 한다면 물리학, 공업수학, 물성공학, 전자공학, 전기공학, 구조역학, 건축공학, 토목공학, 경제성공학 등의 기초공학을 이해할 수 있어야 한다.

태양광 발전의 성공의 키는 사전타당성 조사일 것이다. 경제성이 있는지, 법적규제는 없는지 또한 민원의 발생소지는 없는지 등이며 문제 발생 시에 해결 방법은 무엇인지 등이다.

태양광 발전의 설계는 모듈 직병렬 연결과 인버터 연결이 핵심이지만 아무리 효율 좋은 모듈, 인버

터를 선택할지라도 매칭이 잘못되면 출력의 손실이 발생된다.

태양광 발전 시설은 법에 의해 설계와 감리를 시행하도록 되어 있다. 그러나 설계와 감리를 하지 않고 시공사 또는 자재업체에 일괄로 발주하고 있는 곳이 많다. 설계와 감리는 전력기술관리법에 등록된 업체만이 설계할 수 있으며 만약 등록되지 않는 업체인 시공사 또는 자재공급업체가 설계한다고 하면 이 법의 위반이며 벌칙이 가해진다. 또한 효율의 저하 등 많은 문제점이 발생되고 있다.

2. 시스템 설계 방향

2.1 적합성

태양광설비에 의한 온실가스 저감과 경제성 또는 수익성을 추구한다.

2.2 안정성

설비내 사람과 재산에 대한 안정성을 고려한다.

2.3 관리성

적합성과 안전성에 의해 반영되지만 시스템의 선정에 있어서는 사용자 입장에서 설비를 생각하고 관리에 편리하도록 하여야 한다.

2.4 경제성

경제성은 설치까지의 비용인 설비비, 그리고 관



그림 1. 태양광설치유형.



리, 유지, 보수에 따른 운전비와 전력생산에 따른 수익 또는 에너지 비용절감이 중요요소이다.

3. 설계 시 고려사항

태양광 설계 시 고려사항은 표 1과 같다.

표 1. 설계 시 고려사항.

구분	일반적 측면	기술적 측면
설치위치 결정	양호한 일사조건	태양 고도별 비음영 지역선정
설치방법의 결정	설치의 차별화, 건물과의 통합성, 경계성	태양광 발전과 건물과의 통합수준, 시공성 및 유지보수의 적절성
디자인 결정	조화로운, 실용성, 혁신성, 실현가능성, 설계의 유연성, 경계성	경사각, 방위각의 결정, 풍속, 풍압, 지진 고려, 건축물과의 결합방법 결정 (기초 방식), 구조 안전성, 시공방법, 유지관리
태양전지모듈의 선정	시장성, 제작가능성, 제작기간	설치 형태에 적합한 모듈선정, 효율, 온도, 전압, 전류 특성, 전자재료써의 적합성 여부
설치면적 및 시스템 용량 결정	건축물 면적, 모듈 크기	어레이별 모듈수, 어레이 구성 방식, 계절별 일조시간 및 경사각
시스템 구성	최적시스템구성, 실시설계, 사후관리, 복합시스템구성방안	성능과 효율, 어레이 구성 및 결선방법 결정, 계통연계 방안 및 효율적 전력공급 방안, 발전량 시뮬레이션, 모니터링 방안
구성 요소별 설계	최대발전보장, 기능성, 보호성	최대발전 추종제어, 역전류방지, 단독운전방지, 최소전압강하, 내?외부 설치에 따른 보호기능
사업비의 적정성	경계성	설치비의 최소화, 연간발전량 및 이용률

4. 어레이 설치 방식 종류 및 특징

태양광 어레이는 설치대상 및 용도에 따라서 태양전지 어레이 설치 방식을 선정하여야 한다. 어레이를 설치하는 방식은 고정식, 반고정식, 추적식으로 크게 구분되며 상세 분류는 다음과 같다.

4.1 어레이 설치 방식별 종류

(1) 추적식 어레이 (Tracking array)

① 추적 방향에 따른 분류

- 단방향 추적식 (Single axis tracking)
- 양방향 추적식 (Double axis tracking)

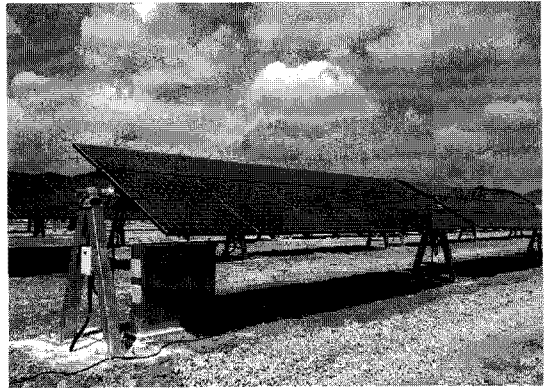


그림 2. 단축추적식.



그림 3. 양축추적식.

② 추적 방식에 따른 분류

- 감지식 추적법 (Single axis tracking)
- 프로그램 추적법 (Program tracking)
- 혼합식 추적법 (Mixed tracking)

(2) 반고정형 어레이 (Semi-fixed array)

: 계절별로 경사각 조정

(3) 고정형 어레이 (Fixed array)

: 연중 최적 경사각으로 설치

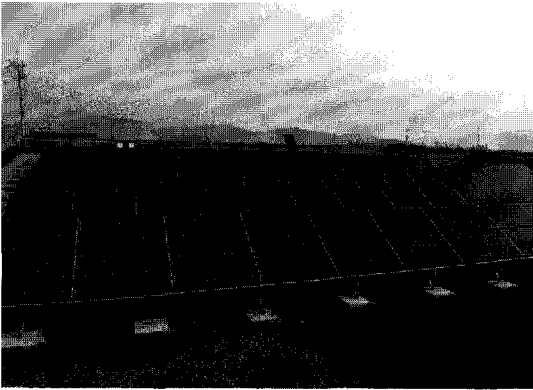


그림 4. 고정식.



그림 6. 경사가변식.

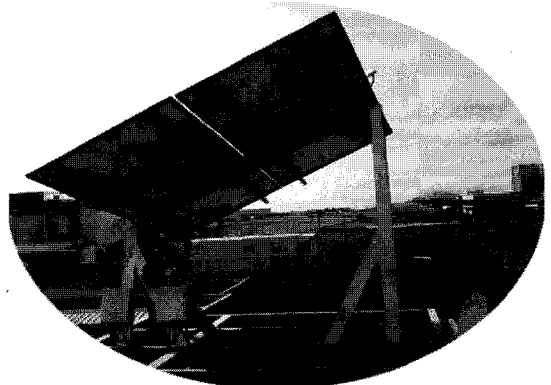


그림 7. 단축식.

(4) 설치방법(그림 5~ 그림 8)



그림 5. 고정식.

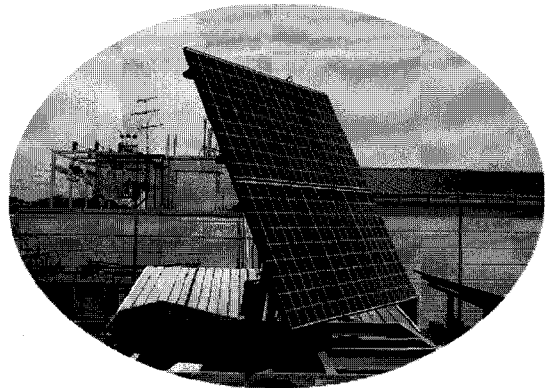


그림 8. 양축식.



4.2 추적식 어레이 (Tracking array)

태양광 발전 시스템의 발전효율을 극대화하기 위한 방식으로 태양의 직사광선이 항상 태양전지 판의 전면에 수직으로 입사할 수 있도록 동력 또는 기기 조작을 통하여 태양의 위치를 추적해 가는 방식으로 추적방향에 따라 단방향 추적식과 양방향 추적식으로 나누어 생각할 수 있다. 그 밖에 태양광선의 집광 유무에 따라서 평판형과 집광형 어레이를 생각할 수 있다.

(1) 추적 방향에 따른 분류

- 단방향 추적식 (Single axis tracking)

: 태양전지 어레이가 태양의 한 축만을 추적하도록 설계된 방식으로 상하 추적식 (Y-axis tracking)과 좌우 추적식 (X-axis tracking)으로 나누어진다. 고정형에 비하여 발전량이 증가하나 양방향 추적식에 비하여 발전량이 줄어든다.

표 2. 단방향 추적식 특징.

특징
① 태양전지를 동서 방향으로 30~150° 회전
② 발전장치의 방위각을 지면과 수평에 가깝게 자동 변경하여 태풍피해 예방
③ 발전효율이 고정식 대비 20~30% 증가
④ 다수의 추적 장치를 병렬제어를 통해 운전효율 향상
⑤ 고정식에 비해 개별 발전장치 간격 20~30% 증가
⑥ 풍속 측정 장치 고장이나 바람에 의한 파손 사고 가능
⑦ 태풍 상황에서 구조물의 안정성을 높이는 강선을 이용한 추가 고정 장치 필요
⑧ 작업의 전문성으로 설치교육 및 운영 교육 필요

- 양방향 추적식 (Double axis tracking)

: 태양 전지판이 항상 태양의 직달 일사량 (Direct radiation)이 최대가 되도록 상하, 좌우를 동시에 추적하도록 설계된 추적 장치이다. 설치 단가가 높은 반면에 발전량이 고정형에 비하여 연평균 40~60% 가량 증가한다. 주로 제약된 설치면적에서 최대 발전량을 얻는 데에 목적이 있다.

표 3. 양방향 추적식 특징.

특징
① 태양전지의 방위각(60~210°) 및 경사각(80~0°)변경 가능
② 발전장치의 경사각을 수평에 가깝게 자동 변경하여 태풍피해 예방
③ 경사지 및 설치 조건이 불리한 곳에 설치 가능
④ 발전효율 고정식 대비 30~50% 증가
⑤ 고정식에 비해 개별 발전장치 간격 5배까지 증가
⑥ 다수의 추적 장치를 동시 제어로 발전효율 및 운전효율 향상
⑦ 풍속 측정 장치 고장이나 바람에 의한 파손 사고 가능
⑧ 태풍 상황에서 구조물의 안정성을 높이는 강선을 이용한 추가 고정 장치 필요
⑨ 작업의 전문성으로 설치교육 및 운영 교육 필요

(2) 추적 방식에 따른 분류

- 감지식 추적법 (Sensor tracking)

: 태양의 추적방식이 감지부 (Sensor)를 이용하여 최대일사량을 추적해 가는 방식으로 감지부의 종류와 형태에 따라서 오차가 발생하기도 한다. 특히 태양이 구름에 가리거나 부분 음영이 발생하는 경우 감지부의 정확한 태양궤도 추적은 기대할 수 없게 된다.

- 프로그램 추적법 (Program tracking)

: 어레이 설치위에서의 태양의 연중 이동궤도를 추적하는 프로그램을 내장한 컴퓨터 또는 마이크로프로세서를 이용하여 프로그램이 지시하는 xxx년 xx월 xx일에 따라서 태양의 위치를 추적하는 방식이다. 비교적 안정되게 태양의 위치를 추적해 나갈 수 있으나 설치지역 위치에 따라서 약간의 프로그램의 수정이 필요하다.

- 혼합 추적식 (Mixed tracking)

: 프로그램 추적법을 중심으로 운용하되 설치위치에 따른 미세적인 편차를 감지부를 이용하여 주기적으로 수정해 주는 방식으로 일반적으로 가장 이상적인 추적방식으로 이용되고 있다.

4.3 반고정식 어레이 (Semi-fixed array)

반고정 어레이는 태양전지 어레이 경사각을 계절 또는 월별에 따라서 상하로 위치를 변화시켜주는 어레이지 방식으로 일반적으로 사계절에 한 번씩 어

레이 경사각을 변화시킨다. 이때 어레이 경사각은 설치 지역의 위도에 따라서 최대 경사면 일사량을 갖도록 설치한다. 반고정형 어레이의 발전량은 고정형과 추적식의 중간 정도으로써 고정형에 비교하여 보통 20% 가량의 발전량 증가를 가져온다.

표 4. 반고정식 어레이 특징.

특징	
① 태양전지의 방위각(정합향) 및 경사각을 60-0° 까지 조절 가능	
② 고정식과 유사한지 지 구조로 설치비용 감소	
③ 개별 장치의 설치간격이 상대적으로 좁아 비용대비 발전 효율증가	
④ 발전장치의 경사각을 수평에 가깝게 변경하여 태풍피해를 예방	
⑤ 구조물의 회동이 적어 제한적으로 하단부 공간활용이 가능	
⑥ 발전효율이 고정식 대비 15% 증가	
⑦ 고정식에 비해 개별 발전장치 간격 11% 증가	
⑧ 구조물의 안정성을 높이기 위하여 강선을 이용한 추가 고정장치 필요	

4.4 고정식 (Fixed array)

어레이 지지형태가 가장 값싸고, 안정된 구조로써 비교적 원격 지역에 설치면적의 제약이 없는 곳에 많이 이용되고 있으며, 특히 도서지역 등 풍속이 강한 곳에 설치하는 것이 보통이다. 앞서 언급한 추적식, 반고정형에 비하여 발전효율은 낮은 반면에 초기 설치비가 적게 들고, 보수 관리에 따른 위험이 없어서 상대적으로 많이 이용되는 어레이 지지방법이다. 국내의 도서용 태양광 시스템에서는 이와 같은 고정형 시스템을 표준으로 한다.

표 5. 고정식 어레이 특징.

특징	
① 태양전지의 방위각(정남향) 및 경사각(30~35)을 고정하여 설치	
② kW당 점유 면적이 추적식 대비 80%까지 감소	
③ 구조물의 구동이 없어 하단부 공간 활용이 가능	
④ 구조가 상대적으로 안전하여 전복이나 오작동에 의한 사고 가능성이 낮음	
⑤ 주변 환경과 조화로운 디자인 가능	
⑥ 발전효율이 상대적으로 낮음	

저자역력



성명 : 이현화

◆ 학력

- 1987년
조선대학교 공과대학 전기공학과 공학사
- 1990년
조선대학교 대학원 전기공학과 공학석사
- 2002년
서울시립대학교 대학원 전자전기 컴퓨터공학과 공학박사

◆ 경력

- 1980년 - 1987년 대한석탄공사
- 1988년 - 1987년 (주) 보성건설
- 1989년 - 1996년 서울 지하철공사
- 1997년 - 1998년 (주) 희림종합건축사 사무소
- 1998년 - 2001년 (주) 동산엔지니어링
- 1998년 - 2003년 수원과학대 전기과 겸임교수
- 1999년 광주대학교 전자, 통신, 컴퓨터 공학부 겸임교수
- 2001년 - 현재 한빛디앤에스 대표이사
- 2003년 - 2009년 서일대학 전기과 겸임교수

