

태양광 발전 SYSTEM의 설계 기술



글 _ 이 현 화 (회원 No.8532)
(주)한빛디엔에스 대표이사/공학박사, 기술사

2-6. 방위각 및 경사각

태양에너지를 효과적으로 활용하기 위해서는 태양전지 어레이의 방위각, 경사각이 중요하게 된다. 방위각은 일반적으로 태양전지의 발전전력량이 최대가 되는 남향, 경사각은 태양전지의 발전전력량이 최대가 되는 연간 최적 경사각으로 하는 것이 바람직하나, 대규모 상업용 발전의 경우 양방향 추적 경사각으로도 설치 할 수도 있고, 고정식으로 설치 할 경우는 연중 최적 경사각으로 설치하는 것이 바람직하나 건물에 설치할 경우는 건물의 방향 및 입지조건에 따라 방위각 및 경사각은 조정되어 설치될 수 있다.

2-7. 설치 가능 면적

설치대상의 규모나 구조, 설치 방식을 고려하고, 태양전지 어레이의 설치가능 면적을 계산한다. 설치가능 면적에 제약이 있는 경우에는 설치장소의 형상과 필요한 발전전력 주위의 환경을 고려하면서 가장 많은 발전이 될 수 있는 배치 및 배열을 설계하는 일이 중요하며, 가장 유의해야 할 점은 태양전지 설치 후 그림자의 영향이 없도록 설계하여야 한다.

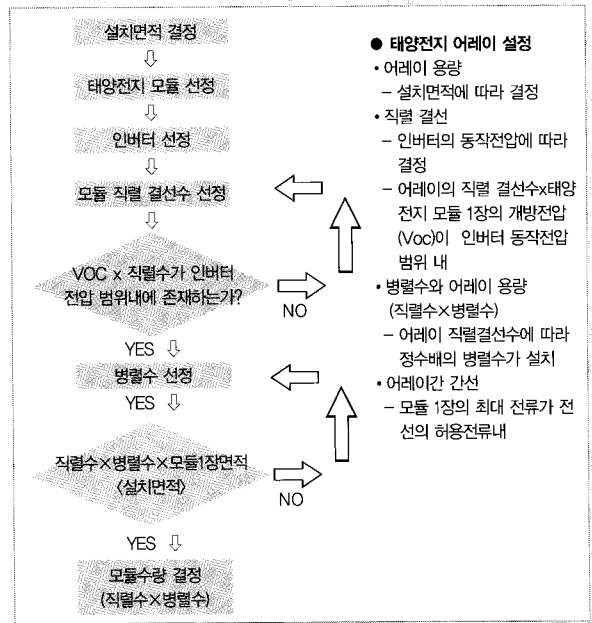
- 주위온도는 기기 메이커가 요구하는 범위 내여야 할 것
- 고정해 두는 면적에 충격이 없을 것
- 부식성, 폭발성, 가연성가스가 없을 것

2-8. 발전설비용량 결정

2-8-1. 발전설비용량 결정 흐름도

발전설비 용량 결정은 모듈, 인버터, 직병렬어레이에 의해 다음과 같은 흐름도에 의해 결정된다.

【표 1】 태양광 시스템 용량결정 흐름도



2-8-2. 태양전지 모듈 선정

가. 설계기준(지식 경제부)

* 태양전지판

1) 모듈

센터에서 인증한 태양전지모듈을 사용하여야 한다. 단, 건물 일체형 태양광 시스템의 경우 인증모델과 유사한 형태(태양전지의 종류와 크기가 동일한 형태)의 모듈을 사용할 수 있으며, 이 경우 용량이 다른 모듈에 대해 신·재생에너지설비 인증에 관한 규정상의 발전 성능시험 결과가 포함된 시험성적서를 제출하여야 한다. 기타 인증대상설비가 아닌 경우에는 제39조의 분야별 위원회의 심의를 거쳐 신재생에너지센터 소장이 인정하는 경우 사용할 수 있다.

2) 설치용량

사업계획서 상에 제시된 설계용량이상이어야 하며, 설치용량은 설계용량의 3%를 초과하지 않아야 한다. 단, 그림효100만호 보급사업으로 보급되는 일반주택 제통연계형의 경우는 상계거리가 가능한 범위내의 용량으로 설치하여야 한다.

3) 방위각

그림자의 영향을 받지 않는 곳에 정남향 설치를 원칙으로 하되, 건축물의 디자인 등에 부합되도록 현장여건에 따라 설치할 수 있다.

4) 경사각

현장여건에 따라 조정하여 설치할 수 있다.

5) 음영

일사량을 저해하는 장애물(전기줄, 피뢰침, 안테나 등 경미한 경우 제외)로 인한 음영이, 1일 5시간 발생하지 않아야 한다.

나. 모듈 선택 사양

1) 고효율 태양전지 Cell

태양전지 모듈은 Cell 코팅 기술로 효율을 향상시킨 6"Cell의 단결정 또는 다결정 실리콘 태양전지가 연결된 제품이어야 하며 Cell은 EVA(Ethylene Vinyl Acetate) Sheet와 고 투과율의 저철분 강화 유리 사이에 고열 진공 압착(Lamination)을 하여야 한다.

2) 특수 제작된 저철분 유리

태양전지 모듈에 사용하는 유리는 외부 환경에 영향을 받지 않도록 저반사 특수 유리로 제작, 충격에 강하고 빛 투과성이 우수하여야 하며 염분, 먼지 등이 표면에 부착 되지 않는 기능

을 갖추어야 한다. 또한 효율을 증대시키기 위해 모듈 빛 반사를 저감시키기 위한 코팅을 하여야 한다.

3) 내구성이 강한 프레임

부식 방지를 위하여 도금 처리한 프레임을 사용해야 하며 알루미늄 프레임의 피막 두께는 최소 14 μ m 이상 되어야 한다. 또한 태양전지 모듈 프레임은 경량의 특수 알루미늄 재질을 사용하여 습기 침투를 방지하기 위한 밀봉 처리를 해야 하며 외부 환경으로 부터 영향을 받지 않도록 두께가 최소 38mm 이상되는 제품으로 제작하고 최대 풍속 40%, 순간 최대 풍속 60%에 견딜 수 있는 구조로 제작해야 한다.

4) By-pass 다이오드

태양전지 내부에는 부분적인 그림자로 인한 보상용 By-pass 다이오드가 필히 부착되어야 한다.

다. 모듈 규격 선택 요소

모듈 규격 선택 요소는 다음 표와 같다.

【표 2】 모듈 규격 선택 요소

Item	단위	세부규격
최대출력(Pmax)	W	
개방전압(Voc)	V	
단락전류(Isc)	A	
최대출력시 전압(Vmax)	V	
최대출력시 전류(Imax)	A	
전지 효율	%	
전지모듈 효율	%	
단락전류시 온도계수	%/°C	
개방전압시 온도계수	mV/°C	
전력온도계수	%/°C	
공칭온전시 셀 온도	°C	
폭선 인자		

(표면온도:25°C, 일사강도:1000w/m², AM 1.5 기준)

라. 모듈 선정 조건

선정조건으로는 cell 종류, 크기, 전기적 특징 및 강도 등 여러 가지가 있지만, 회로구성 측면에서 보면 필요로 하는 어레이의 출력전압, 용량에 적합한 PV 모듈을 최적동작전압과 전류특성으로부터 선정한다. 또한 설치환경으로서 온도의 변화가 큰 경우는 온도 특성도 고려할 필요가 있다.

2-8-3. 인버터 선정

가. 설치기준

신·재생에너지설비의 원별 설치기준

* 인버터

1) 제품

센터에서 인증한 인증제품을 설치하여야 하며, 해당용량이 없어 인증을 받지 않은 제품을 설치할 경우에는 신·재생에너지설비 인증에 관한 규정 상의 효율시험 및 보호기능시험이 포함된 시험성적서를 제출하여야 한다. 기타 인증대상설비가 아닌 경우에는 제39조의 분야별위원회의 심의를 거쳐 신재생에너지센터소장이 인정하는 경우 사용할 수 있다.

2) 설치상태

옥내·옥외용을 구분하여 설치하여야한다. 단, 옥내용을 옥외에 설치하는 경우는 5kW이상 용량일 경우에만 가능하며 이 경우 빗물 침투를 방지할 수 있도록 옥내에 준하는 수준으로 외함 등을 설치하여야 한다.

3) 설치용량

정격용량은 설계용량 이상이어야 하고 인버터에 연결된 모듈의 정격용량은 인버터 용량 105%이내이어야 하며, 각 직렬군의 태양전지 개방전압은 인버터 입력전압 범위 안에 있어야 한다.

4) 표시사항

입력단(모듈출력) 전압, 전류, 전력과 출력단(인버터출력)의 전압, 전류, 전력, 역률, 누적발전량 및 설치 후 최대출력량(peak)이 표시되어야 한다.

* 설치용량에서 모듈용량이 인버터용량의 105%까지 가능하나 분철 일사량이 1400W/m² 이상의 경우일 때는 인버터 과부하 및 효율저하를 가져올 수 있어 면밀히 검토하여 어떤 경우라도 정격운전이 되는 조건을 고려하여야 한다.

나. 인버터의 주요 기능 및 구성

인버터는 태양전지 모듈로부터 직류전원을 공급받아 정전압, 정주파수의 안정된 교류전원을 공급하는 장치로서 계통선과 병렬운전하며, 기동정지, Softstart, 최대출력점 추적제어(MPPT), 각종 보호회로, 단독운전방지 기능 등의 기능이 있어야 한다.

다. 인버터 규격 선택 요소

인버터 규격 선택 요소는 다음 표와 같다.

[표 3] 인버터 규격 선택 요소

Item	단위	세부규격
가. 인버터 본체		
1) 일반사항		
가) 제작사		
나) 인버터 인증기관		
다) 형식		
라) 정격 용량	kW	
마) 최소~최대 출력용량	kW	
바) 인버터 제어방식		
사) 냉각방식		
아) 입력 제어 방식		
자) 대수	set	
2) 전기적 특성		
가) 직류 입력		
입력전압	V	
입력전압 허용범위	V	
기동동작 최저 전압	V	
나) 교류 출력		
상 수		
정격 전압	V	
정격 주파수	Hz	
전압 허용 범위	%	
주파수 허용 범위	Hz	
전류 파형	총합 %	
왜형을	각차 %	
부하의 역률	%	
다) 과부하		
내 랑	정격의 110% 이하	분
	정격의 110% 초과	dB
라) 소 음(1m 거리)		%
마) 출력전압 안정도		%
바) 효율(정격부하의 50~70% 부하시)		
사) 부품허용		
최고온도	변압기 및 리액터류	Deg
	반도체류	Deg
	스위치류	Deg
3) 주요 보유 기능		
가) 소프트 스타트 방식		
나) 원격 감시 위한 통신 기능(Protocol)		
다) 운용 감시만 기능		
(1) 경 보 표시기능	최대 표시 수량	개
	경보 확인 기능	
	경보 복귀 기능	
	경보음 취소 기능	
	경보내역 저장 수량	개
(2) 운 용 감 표시기능	표시 방법	
	표시 용량 (Character수×Line수)	개
	계측값 표시 기능	
	운전이력 표시 기능	
	운전 설정값 표시 기능	
(3) Mimic 표시기능	표시기능	
	차단기동 기기 동작상태 표시 기능	
	전원 입·출력상태 표시 기능	
(4) 데이터 입력 기능(운용값 설정 등)		
(5) 제어 조작 기능		

라. 인버터 선정 시 중요체크 사항

1) 종합적인 체크

- 연계하는 계통측(전원측)과 전압 및 전기방식이 일치하고 있는가?
- 국내 · 외 인증된 제품인가?
- 설치는 용이한가?
- 비상재해시에 자립운전이 가능한가?
- 축전지부착 운전은 가능한가?
(정전시에도 사용하고자 할 경우)
- 수명이 길고 신뢰성이 높은 기기인가?
- 보호장치의 설정이나 시험은 간단한가?
- 발전량을 간단하게 알 수 있는가?
- 서비스 네트워크는 완전한가?

2) 태양광의 유효 이용에 관하여

- 전력변환효율이 높을 것
- 최대전력 추종제어(MPPT)에 의한 최대전력의 추출이 가능할 것
- 야간 등의 대기손실이 적을 것
- 저부하시의 손실이 적을 것

3) 전력품질 · 공급 안정성

- 잡음 발생이 적을 것
- 고조파의 발생이 적을 것
- 기동 · 정지가 안정적인 것

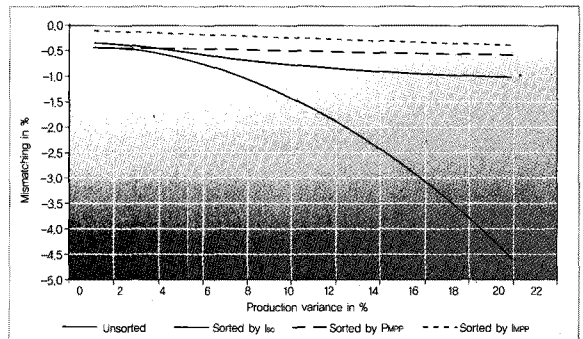
마. 인버터 용량 산출.

인버터용량은 어레이 용량을 기본으로 하여 결정하며, 인버터에 연결된 모듈의 용량이상으로 선정한다. 또한 태양전지의 용량에 따라 인버터 용량을 적정하게 선정하여 여러 대로 구성하여야 한다.

바. 인버터 시스템 방식의 선정

시스템 방식은 인버터의 입력에 따라서 중앙 집중형과 분산형 시스템방식으로 나누어지며 본인이 설계 초창기부터 중앙 집중형을 사용해 왔으나 경제성, 효율, 주변여건을 고려하여 선정 하여야 한다. 스트링을 구성하는 모듈 연결과 스트링의 병렬연결은 인버터에 가장 적합 하도록 해야 한다. 모듈의 허용오차에 따라, 모듈을 스트링으로 연결할 때 미스매칭의 손실량이 결정된다. 모듈 허용오차와 모듈의 사전 분류에 대한 불일치 손실의 의존성을 계산했다.

그림 1은 그 결과를 보여주고 있으며 발전량 허용오차 $\pm 5\%$ 의 모듈을 분류하지 않은 채 직렬 연결하면 미스매칭에 의한 손실은 1% 이하가 된다. 모듈을 전류에 따라 분류하여 설치하면 미스매칭 손실은 약 0.2%로 감소한다. 발전량 변이가 8% 이상이면 MPP 전류에 의한 분류가 표준 실행으로 추천한다.



【그림 1】 발전량 변이에 따라 직렬로 연결된 150W 모듈 14개와 8개 스트링으로 구성된 PV 어레이의 미스매칭

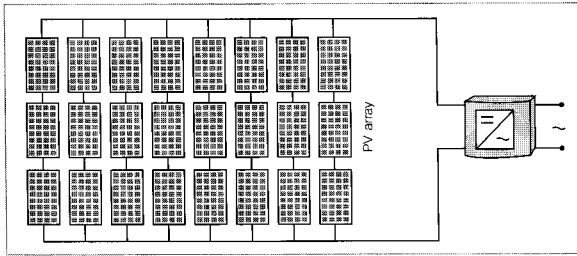
인버터는 전체 시스템에 대해서는 중앙 집중형 인버터로, 스트링에 대해서는 스트링 인버터로 그리고 개별 모듈에 대해서는 모듈 인버터로 사용할 수 있다. 이 세 가지 방식은 저마다 장점과 단점이 있다. 어떤 방식을 선택하느냐 하는 것은 어디에 적용하느냐에 따라 달라진다. 방향과 경사가 서로 다른 하부어레이들로 구성된 시스템, 또는 부분적으로 음영이 되는 시스템의 경우에는 분산형 인버터 방식이 고려되어야 한다.

1) 저전압 방식

전압이 낮은 경우에는($UDC \leq 120V$), 단 몇 개의 모듈만이 (3~5개의 표준 모듈) 직렬 연결되어 스트링을 이룬다. 긴 스트링에 비해 이 짧은 스트링의 한 가지 장점은 음영의 영향을 적게 받는다는 점이며 스트링에서 가장 많이 음영이 지는 모듈전류에 따라 전체 스트링 전류가 결정되기 때문이다. 또한 음영 손실은 차광된 스트링의 수에 따라서도 결정되며 여기서 차광된 모듈의 수는 덜 중요하다. 단 몇 개의 모듈만이 차광된다면 음영 손실은 낮다.

더 나아가, 120V 미만의 전압에서는 보호등급 III에 따라 설계할 수 있다(표 4참조). 이 방식의 단점은 높은 전류가 발생 하는 것이다. 저손실을 줄이기 위해서는 상대적으로 사이징가 굵은 케이블 간선이 사용되어야 한다. 이런 이유로 이 방식은 거의 사용되지 않는다. 이 방식이 일반적으로 적

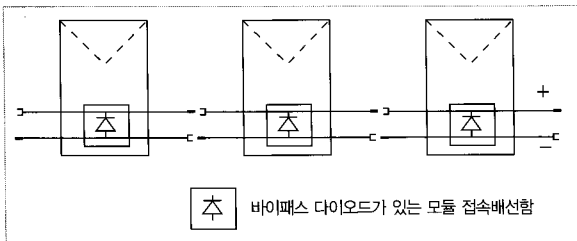
용되는 경우는 주문제작 모듈로 이루어진 전자재일체형 시스템이다.



【그림 2】 중앙 집중형 인버터의 저전압 방식

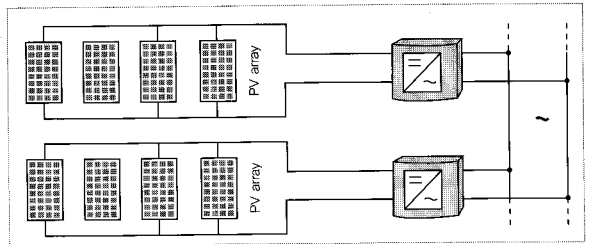
【표 4】 보호등급

전기적 보호등급		기호
등급 I	장치 접지됨	⏏
등급 II	보호 절연(이중/강화 절연)	□
등급 III	안전 초저전압(최대 AC : 50V; 최대 DC : 120V)	⚡



【그림 3】 3개의 모듈이 케이블로 병렬 연결됨

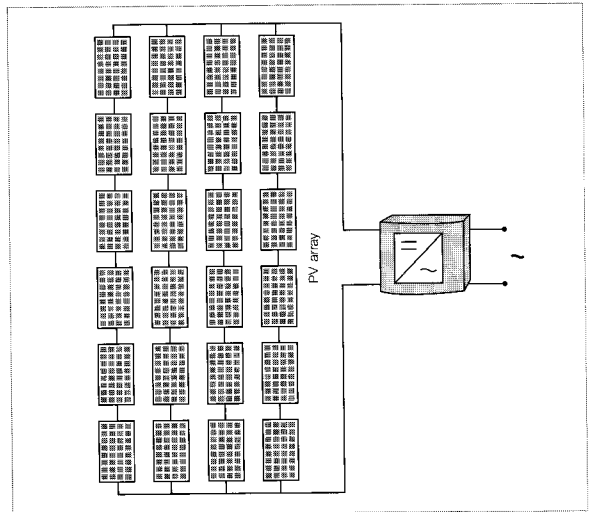
네덜란드 K기업은 프레임 없는 결정질 모듈이 바이패스 다이오드 없이 병렬로 연결되는 방식을 개발했다. 이 방식의 중요한 특징은 금속재질의 모듈구조프레임이 전도성이 있고 모듈을 직접 병렬 연결하는데 사용된다는 점이다. 소위 'PV-wirefree' 라는 이 방식은 DC 배선과 그 밖의 DC 구성요소(퓨즈와 PV 분전함 같은)를 불필요하게 만든다. 게다가 그림자 손실을 최소화하므로 보호등급 II가 필요없다. 따라서 이 방식은 직접 음영이 지는 건물과 위치 내에 통합될 수 있다. 그러나, 현재까지는 거의 사용된 적이 없는데, 전도성 모듈구조프레임의 연결 요소가 아직 원형(原型) 단계이고 적합한 저전압 모듈과 인버터가 현재 거의 생산되고 있지 않기 때문이다. PV wirefree 방식을 사용한 최초의 시스템이 언제 시판될지는 두고 봐야 할 것이다.



【그림 4】 병렬 연결 방식

2) 고전압방식

보호등급 II는 스트링이 길고 인버터의 입력 전압이 높은 (UDC > 120V) 방식에 필요하다. 이 방식의 장점은 전류가 낮으므로 더 굵기가 작은 케이블을 사용할 수 있다는 점이다. 단점은 스트링이 길기 때문에 음영손실이 높다는 점이다. 이 방식은 국내에서 거의 대부분을 차지하는 방법이지만 인버터의 고장시 모듈인버터 방식이나, 저전압 방식에 비해 발전량손실은 매우 크다.



【그림 5】 중앙 집중형 인버터와 전압이 높을 때의 방식

다음호에 계속 ◆◆