

태양광 발전 SYSTEM의 설계 기술



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

3) 마스터-슬레이브 방식

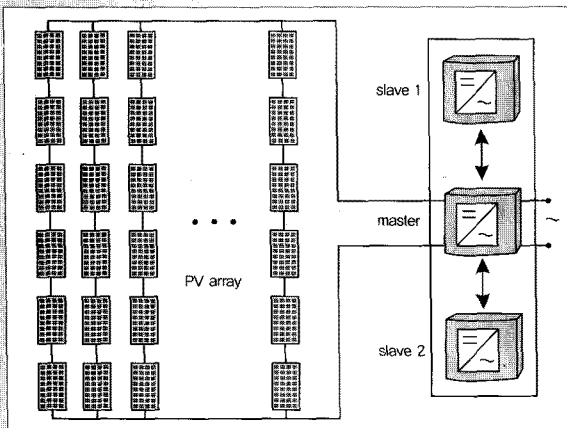
대형 PV 시스템은 가끔 마스터-슬레이브 원리를 기초로 한 중앙 집중형 인버터 방식을 사용한다. 이 방식에는 여러 개의 소용량의 중앙 집중형 인버터가 사용된다(대개 2~3개). 용량을 산정하기 위해, 전체 전력을 인버터의 수로 나눈다. 마스터 인버터는 낮은 복사량에서 작동한다. 복사량이 증가하면, 마스터 장치가 전력 한계에 도달하고 그러면 다음 인버터(슬레이브)가 연결된다. 인버터들이 균등하게 운전하려면, 마스터와 슬레이브는 특정 주기로 교번 운전 되도록 한다.

이 방식이 장점은 낮은 복사량으로 한 개의 인버터(마스터)만 작동한다는 것이다. 따라서, 특히 일사량이 낮을 때 효율은 한 개의 중앙 집중형 인버터만 사용될 때보다 높다. 그러나 투자 비용은 중앙 집중형 인버터의 경우에 비해 매우 증가한다. 마스터-슬레이브 방식에 많이 사용된다.

사. 서브어레이와 스트링 인버터 방식

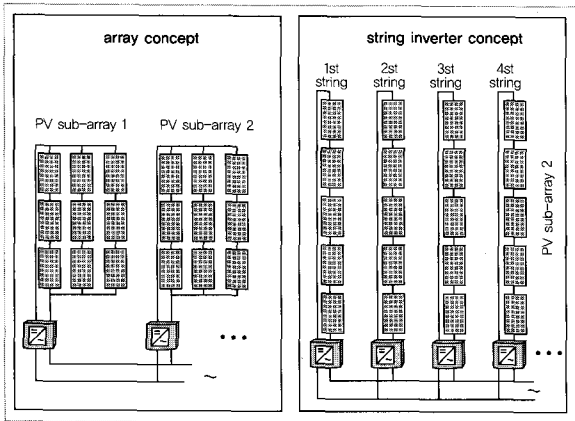
출력이 최고 3kW인 시스템은 일반적으로 스트링 인버터로 설치된다. 대부분, 전체 PV 어레이는 한 개의 스트링만 형성한다. 중간규모 시스템의 경우는 2 또는 3개의 스트링이 인버터에 연결되어 서브어레이 방식으로 구성된다. 서브어레이의 방향과 음영이 다양하므로, 하부어레이와 스트링 인버터 방식은 복사량 조건에 따라 전력을 더 잘 조절할 수 있다. 인버터는 서브어레이 별로 또는 스트링 별로 사용된다. 같은 방향, 각도 그리고 비치광 조건의 모듈들만이 스트링으로 연결되도록 해야 한다. 스트링이 너무 길면 음영이 전력손실을 증가시키게 되는데 음영에 의해 최저의 일사량을 받는 모듈이 전체 스트링 전류를 결정하기 때문이다.

스트링 인버터를 사용하면 설치가 더 간편해지고 설치비용을 상당히 줄일 수 있다. 인버터는 PV 어레이의 바로 근처에 설치되고 스트링 방식으로 연결된다. 이 인버터는 약 500~3000W



【그림 6】 중앙 집중형 인버터가 있는 마스터-슬레이브 방식

의 전력에서 사용가능하다.



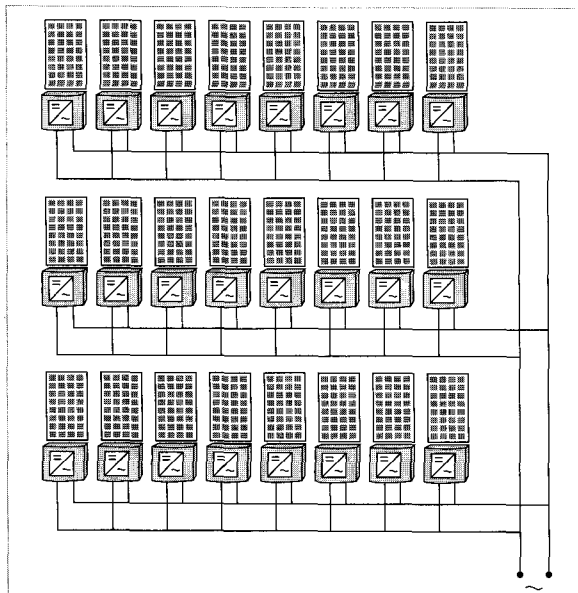
【그림 7】 서브어레이와 스트링 인버터 방식

인버터가 모듈 스트링에 직접 연결되므로, 중앙 집중형 인버터 방식에 비해 다음과 같은 장점과 비용 절감 효과가 있다.

- PV 분전합의 생략
- 일련의 상호연결에 소모되는 모듈 케이블링의 감소와 DC 전원 케이블의 생략

아. 모듈 인버터 방식

높은 시스템 효율의 필요 조건은 인버터를 PV 모듈에 최적으로 연결시키는 것이다. 모든 모듈이 최대전력점에서 영구적으로 작동하는 것이 가장 유리할 것이다. MPP 일치하는 PV 모듈



【그림 8】 모듈 인버터 방식

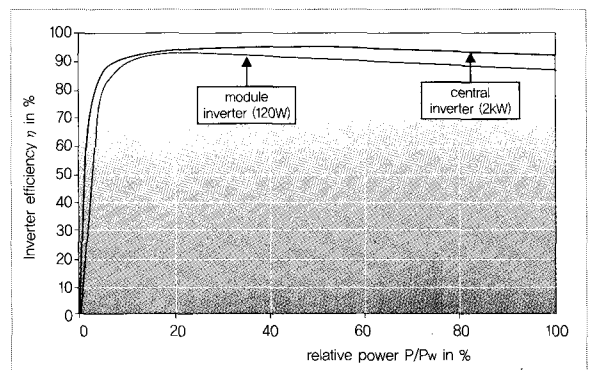
과 인버터가 한 개의 장치로 구성될 경우 더 효과적이다. 이러한 모듈 인버터 장치를 AC 모듈이라고도 한다. 어떤 AC 모듈은 모듈 접속함 안에 수납할 수 있을만큼 작다.

또 다른 장점은 PV 시스템을 확장하기 쉽다는 것이다. 다른 방식들은 그렇게 쉽게 PV 시스템을 확장 할 수 없다. 모듈 인버터는 PV 시스템을 단 1개의 인버터 모듈로도 원하는대로 확장 할 수 있다.

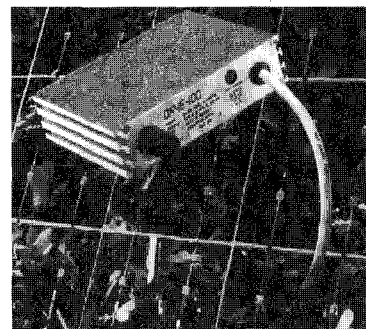
모듈 인버터의 단점으로는 효율이 낮다는 점이 종종 주장된다. 사실 그림 4.9에 나타난 바와 같이 중앙 집중형 인버터와 그렇게 큰 차이는 없다. 게다가 낮은 효율은 개별 모듈의 MPP 점이 중앙 집중형 인버터 방식에 비해 슬리핑 구동이 매우 낮아 높은 발전량을 만들 수 있다.

모듈 인버터는 아직은 상대적으로 비싸다. AC 모듈과 모듈 인버터가 시장에 폭넓게 보급될 경우에만 비용상의 장점이 존재할 것이다.

AC 모듈을 설치할 때에는 고장난 인버터를 쉽게 교체할 수 있도록 해야 한다. 이 방식에서는 관련 작동 데이터, 고장과 고장 신호의 기록 그리고 데이터의 저장에 의해 개별 인버터를 감시하는 것도 못지않게 중요하다. 제조업체들은 PC 소프트웨어로 기록된 데이터를 표시하는 감시 시스템을 내놓고 있다.



【그림 9】 중앙 집중형 인버터와 모듈 인버터의 효율곡선

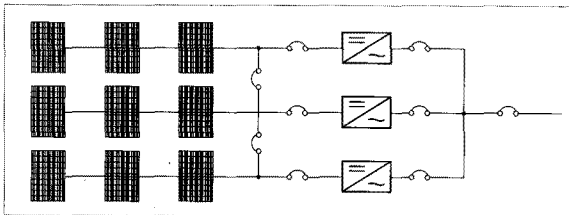


【그림 10】 모듈 인버터

모듈 인버터 방식은 파사드 일체형 시스템, 특히 주변환경, 또는 파사드 자체의 돌출과 벽면에 의해 파사드가 부분적으로 음영되는 경우에 유리하다.

자. 병렬 운전 방식

인버터 병렬 운전 방식은 인버터의 DC 입력 부분을 모두 병렬 접속하는 방식이다. 병렬 운전 방식은 마스터 인버터에 의해 복사량이 최저이면 1대가 운전 하고 복사량이 증가함에 따라서 순차적으로 운전하여 인버터의 운전 효율 증가와 수명을 길게 할 수 있으며, 중앙집중형 인버터에 비해 현저한 출력 증가를 가져올 수 있으나 입력측 차단기 및 보호 방식이 복잡해진다.



[그림 11] 인버터 병렬 운전 방식의 예

2-8-4. 어레이 설계

가. 고려 대상

1) 방위각

태양광 어레이가 남향과 이루는 각(정남향 0도)으로 그림자의 영향을 받지 않는 곳에 정남향으로 하고, 현장여건에 따라 정남을 기준으로 동,서로 45도의 범위내에서 설치하여야 하며 고려사항은 다음과 같다.

- 남향
- 옥상 및 토지의 방위각
- 건물 및 산의 그림자를 피할 수 있는 각도
- 낮 최대 부하시의 각도

2) 경사각

태양광 어레이와 지면과의 각(지면 0도)으로 발전전력량이 연간 최대가 되는 연간 최적 경사각을 선정하며 경사진 기준의 지붕을 이용할 경우에는 지붕의 경사각 따르며 고려사항은 다음과 같다.

- 연간 최적 경사각
- 옥상의 경사각

- 눈을 고려한 경사각

- 부하전력과 발전전력량에 따른 태양광 어레이의 용량을 최소로 하는 경사각

3) 음영

주변에 일사량을 저해하는 장애물이 없어야 하며 오전 9시에 서 오후4시 사이에 모듈전면에 음영이 없어야 한다.

나. 어레이 용량

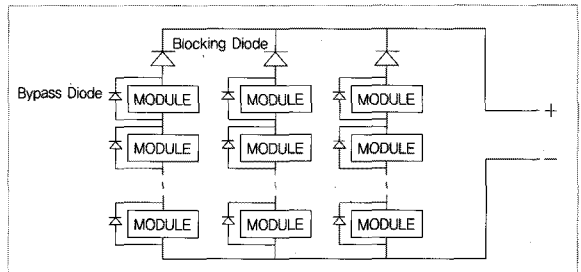
설치면적에 따라 결정된다.

다. 어레이 구성요소 설계

1) 모듈 : 앞에서 언급한 설계 방식에 의거 선정한다.

2) 역전류방지 다이오드(Blocking diode)

앞에서 언급하였듯이 역전류방지 다이오드는 어레이 회로의 순환전류 또는 인버터 등 다른 설비로부터의 역전류를 저지하기 위하여 설치하는 것으로 선정요건은 동절기에 발생하는 최대 어레이 개방전압에 충분히 견디는 역내전압용량과 각부의 단락전류에 충분히 견딜 전류 용량을 가질 필요가 있다.



[그림 12] 어레이 구성 회로도

3) 바이패스 다이오드(Bypass diode)

부분적인 그늘 및 모듈내의 트러블이 어레이 전체의 출력저하를 일으키게 되고 모듈 등의 발열, 소손을 발생하지 않도록 설치하는 다이오드로 보호할 스트링 동작전압의 1.5배 이상의 역내전압을 갖으며 각 어레이의 단락전류를 충분히 바이패스 할 수 있는 전류용량을 갖는 것이어야 한다.

4) 출력개폐기

어레이의 출력단에 개폐기 등을 설치한다. 개폐기는 출력전류를 개폐할 수 있고 어레이의 개방전압에 대하여 충분한 절연 성능을 가는 것이어야 한다.

5) 보호회로

보호회로는 어레이 내의 지락 또는 단락사고를 검출하고, 경

보 또는 사고부분을 분리, 차단하기 위한 회로이다. 발전설비로서 운전유지, 화재등의 2차 재해방지 등의 목적으로 설치한다.

6) 접지회로

PV 시스템은 비접지계로 어레이 주회로는 접지하지 않는다. 어레이의 금속 구조물 등의 보호접지는 반드시 하는 것으로 한다. 보호접지란 보호회로, 내뢰 대책회로등 중에서 상시 충전되지 않는 부속회로 및 태양전지 모듈 또는 패널의 금속 프레임, 가대 등의 접지를 말한다. 사고시에는 충전될 가능성이 있는 것이다. 어레이 개방전압에 따라 제3종 접지공사 또는 특별 제3종 접지공사를 한다.

7) 내뢰대책

PV어레이는 지표상에 노출되어 설치되기 때문에 유도뢰등에 의한 뇌서지 전압이 발생할 가능성이 있다. 이 뇌서지 전압에 의해 어레이 회로 및 PV시스템내의 인버터 등이 절연과괴될 우려가 있다. 이 대책으로서 어레이 규모에 따라 출력개폐기 분전함, 중계 단자함 또는 태양전지 패널에 피뢰소자를 설치한다. 단 PV 설비가 소규모이고 뇌 발생빈도가 적은 경우는 생략 가능하다.

라. 직렬 결선

인버터의 동작전압에 따라 결정되며, 어레이의 직렬 결선수 × 태양전지 모듈 1장의 개방전압(Voc)이 인버터 동작전압 범위 내이어야 한다.

특히, 태양전지 각 직렬군은 동일 모델의 모듈로 구성하여야 한다.

마. 병렬수와 어레이 용량 (직렬수×병렬수)

어레이 직렬 결선수에 따라 정수배의 병렬수가 설치 면적 내에 있도록 하여야 하며, 또한 인버터 용량에 적합하게 병렬수를 선정하여야 하며 특히 1대의 인버터에 연결된 태양전지 직렬군이 2병렬 이상일 때 각 직렬군의 출력전압이 동일하게 형성되도록 배열하여야 한다.

바. 어레이의 이격거리

태양전지 어레이가 2열 이상 설치되는 경우에는 전열의 어레이가 후열의 어레이에 그림자의 영향을 주지 않도록 설치하여야 한다. 일반적으로 태양전지 어레이의 최소 간격을 구하는 계산식은 다음과 같다.

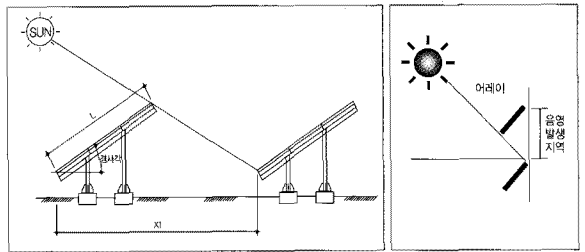
$$X_1 = L[\cos(\text{tilt}) + \sin(\text{tilt}) \times \tan(\text{lat} + 23.5^\circ)]$$

여기서, X_1 : 어레이의 최소 이격거리

L : 어레이 길이

tilt : 어레이의 경사각

lat : 설치지역의 위도

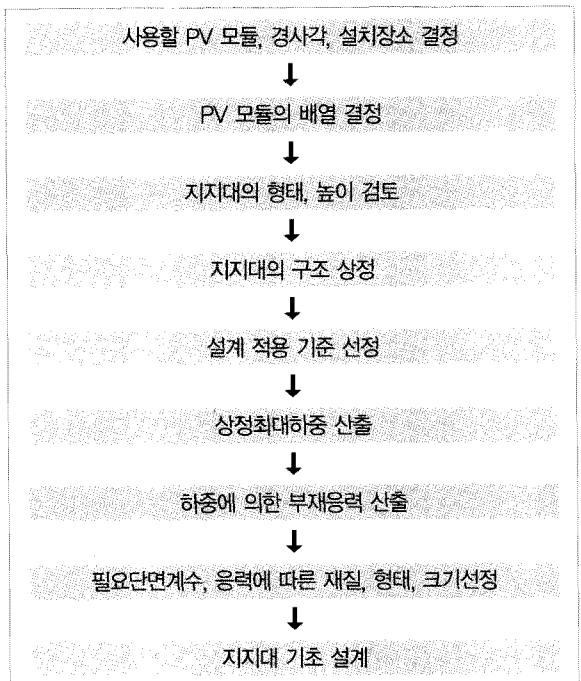


[그림 13] 어레이 이격거리 및 경사각

2-9. 어레이 지지대 설계

태양광발전 어레이 지지대는 사업지역에 따라 설치 형태는 여러 가지가 있다. 지지대의 설계는 설치장소 상황 및 환경을 충분히 파악할 필요가 있다. 지지대의 설계는 어레이 구성 및 특성을 고려하여 다음과 같은 절차에 의해 설계한다.

[표 5] 지지대 설계 순서



다음호에 계속 ◆◆