

## Photovoltaic Power Generating System

# 태양광발전시스템의 계획과 설계

최근 국내에 태양광발전시스템의 관심이 많아지면서 그 시설이 정부 및 각 자치단체는 물론 개인 주택과 대규모 발전사업자까지 급격히 늘어나고 있다. 인류는 지구가 만들어낸 속도보다 40배나 빠르게 자원을 고갈시키고 있고 그 중 가장 심각한 문제는 지구 온난화 문제인데, 1990년대 배럴당 20달러하던 원유가격이 현재는 60달러를 육박하고 있어 자원의 고갈이 심각한 상태에 이르고 있다.

글 \_ 이순형(No. 4137) 협회 이사 | (주)선강엔지니어링 대표이사

지구 온난화 문제에 대한 심각성을 인식한 전 세계는 1992년 EU에서 UN상경회의에 정식제안 했고, 1997년 교토의정서가 탄생하기에 이르렀으며 2005년 2월 발효된 교토의정서는 1990년을 기준으로 이산화탄소 배출량을 평균 5.2[%] 감축하도록 하고 있다. 만약 이산화탄소를 줄이지 못하면 감축한 단체나 국가에서 돈을 주고 배출권을 사야한다. 앞으로 2008년부터는 전 세계가 이산화탄소 배출권을 주식이나 펀드처럼 사고팔아야 하는데 배출권 시장은 2002년 영국에서 처음 개설하여 유럽 전지역으로 개설해 나가고 있다. 이에 우리나라는 한해 4억여톤의 이산화탄소를 내 뿜어내고 있는데 세계 9위 이산화탄소 배출국이다.

즉 사용하는 에너지의 전량이 해외 수입에 의존하고 있다고 해도 과언이 아닐 정도이다. 도시의 불빛은 더욱 찬란해지며 에너지를 많이 요구하고 있다.

우리나라는 GDP기준으로 일본에 비해 약 3배의 에너지를 더 사용하고 있다. 그러므로 신·재생에너지를 이용한 발전설비 중 풍력이나 지열 등이 있지만 풍력의 경우 입지조건이 맞는 곳에서만 한정되고 있어 태양에너지를 이용한 태양광발전시스템이 가장 현실적이며 초기투자비가 부담되

기는 하지만 정부에서 많은 혜택을 주고 있기 때문에 그 보급이 빨라지고 있는 실정이다.

이에 앞으로 몇 회에 걸쳐 주택용은 물론 계통연계형과 발전사업자용을 중심으로 그 동안 다양한 설계와 감리를 하면서 느낀 점을 국내 제도와 실정에 맞도록 설명하면서 선진 외국사례를 중심으로 전기기술자들이 알아야 할 기본적인 내용과 기술적인 사항들을 소개해 보도록 하겠다.

## 1. 태양광발전시스템의 개요

### (1) 태양광발전시스템이란?

태양광발전시스템은 여러가지의 용도나 장소에서 사용되고 있고, 그 형태에는 계통연계형과 독립형 등 여러 가지가 있다. 여기에서는 태양광발전시스템의 개요 및 종류에 관해서 설명하고 또한 시스템을 구성하는 기기와 시스템 등은 설계·시공시 참고할 사항에 대해서만 기술하기로 한다.

## 1) 태양광 발전 시스템의 구성

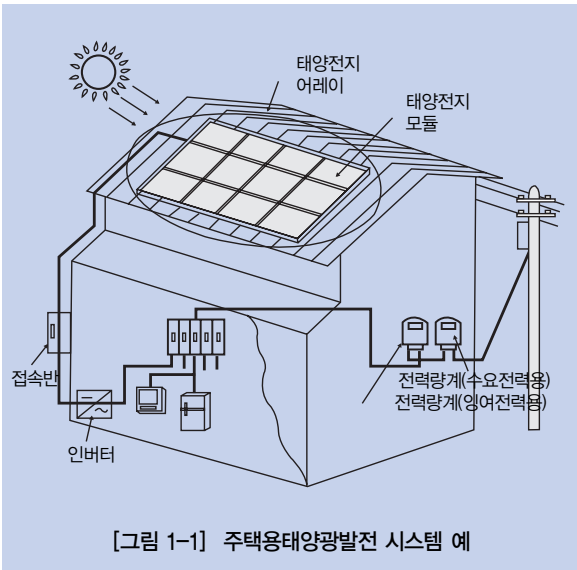
태양광발전시스템(이하 Photovoltaic Power Generating System에서 줄여서 PV 시스템 이라고도 함)에는 앞으로 설명하는 내용과 같이 많은 종류가 있다. 여기에서는 태양광발전시스템에 대해서 쉽게 설명 드리기 위해서 비교적 간단한 주택용 태양광발전시스템을 예를 들어 설명한다.

### 1-1 주택용 태양광발전 시스템

주택용 태양광발전시스템이란 그림 1-1에서와 같이 지붕 위 등에 설치한 태양전지어레이, 옥내 외에 취부된 인버터, 계통연계 보호장치 등을 포함하여 이것을 접속하는 배선 및 접속함, 아울러 교류측에 설치되는 전력량계 등으로 구성된 것을 말한다.

태양전지에서 발전하는 전력이 직류이기 때문에 이것을 인버터 및 계통연계기에서 교류로 변환하고, 전력회사에서 공급되고 있는 교류전력과 동기하여 사용할 수 있도록 하고 있다.

이 방식은 계통연계형의 태양광발전시스템이라 부른다.



태양광발전시스템은 발전설비로서 화력발전소나 수력발전소와 같이 전기사업법에 의해서 규정하고는 있지만 아직 명확하게 구분되어 있지 않다. 그렇기 때문에 전기안전관리에 대해서는 발전설비에 대해서 상주를 기본으로 하고 있는

등 소용량 발전시스템의 경우 아무리 발전시스템이라 하더라도 현실에 맞지 않는 문제점이 하나둘씩 나타나고 있어 현재 산업자원부에서는 이에 법 개정을 서두르고 있다.

참고로 이웃 일본의 경우 그 동안 태양광발전시스템은 모두 자가용 전기공작물로서 취급하여 전기주임 기술자의 선임과 보안규정에 의해서 정기점검을 하도록 하고 있다가 전기사업법이 1995년 12월에 개정되면서 일반 가정 등에 의한 일반용 전기공작물과 함께 설치하는 20kW 미만에 대해서는 일반용 전기공작물의 취급에 포함하여 관리하도록 하고 있고, 따라서 이 경우에는 전기주임 기술자가 불필요하게 되고, 또한 정기점검에 대해서 자주적인 점검을 행하도록 하고 있으니 우리나라의 경우 이를 참고하면 좋을 것 같다.

### 1-2 태양광 발전 시스템의 종류

태양광발전시스템은 그 시스템 구성이나 부하의 종류 등에 따라 분류되고, 그림 1-2에 큰 분류를 표시한다. 먼저 연계형과 독립형으로 대별되고, 아울러 부하의 형태(직류, 교류)나 축전지의 유무 등에 의해서 분류된다.

PV시스템을 도입하는 경우에는 그 용도에 따라 이 중에서 적당한 시스템 구성을 선택하도록 한다. 아래에 대표적인 시스템의 형태를 설명한다.

[그림 1-2] 태양광발전시스템의 분류예

연계형	역송전 있음	축전지 있음 : 비상시 대응형 축전지 없음 : 일반주택, 건물용	
	역송전 없음	축전지 있음 : 비상시 대응형, 대용량 수용가용 축전지 없음 : 대용량, 수영장용	
독립형	전용부하	직류	축전지 있음 : 가로등, 교통표식, 무선기 전원 축전지 없음 : 환기 팬, 배터리 차지
		교류	축전지 있음 : 조명 시스템 축전지 없음 : AC 펌프
	일반부하	직류	축전지 있음 : 도서벽지 전원공급(소규모) 축전지 없음 : 실시에 없음
		교류	축전지 있음 : 도서벽지 전원공급(대규모) 축전지 없음 : 실시에 없음

#### ① 계통 연계형 시스템

역송전이 있는 시스템과 역송전이 없는 시스템의 2가지로 분류된다. (그림 1-3 참조)

역송전이 있는 시스템은 태양광발전시스템에 잉여전력이 발생한 경우, 전력회사에서 매입하는 제도를 이용 할 수 있다. 태양광발전시스템은 그 출력이 기상 여건에 좌우되기 때문에 주택 등에서 안정된 전기를 사용하기 위해서는 전력회사의 전력계통과 연계하여 운전할 필요가 있다. 태양전지의 출력이 구내의 수요에 대해서 부족한 경우에는 부족분이 전력회사의 배전선에서 유입되고, 역으로 태양전지의 출력이 잉여가 발생하면 전력회사의 배전선으로 역송전하여 매입될 수가 있다. 현재 주택용 태양광발전시스템에서 이용되고 있는 방식은 그 전부가 이 역송전이 있는 시스템이다.(우리나라의 경우 계량방법으로 해결하고 있음) 또한 정전시에 비상용 부하(방송설비, 비상용 조명 등)에 전력을 공급하는 축전지를 탑재한 시스템도 있다.

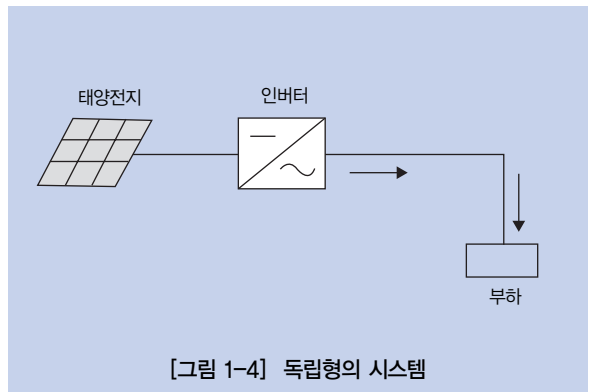
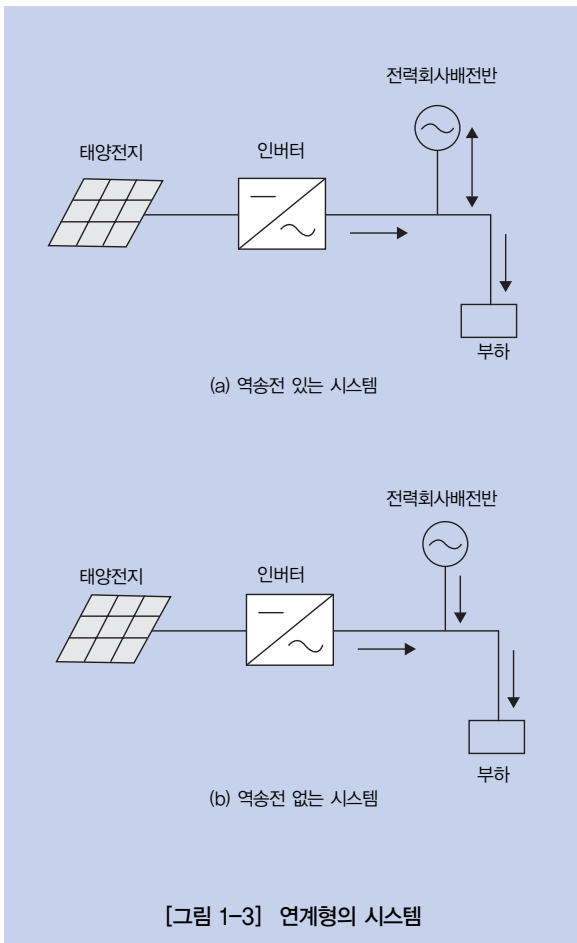
역송전이 없는 시스템은 구내의 전력 수요가 항상 태양광발전시스템의 출력보다 크고, 역송전 전력을 발생할 가능성이 없는 경우에 채용된다. 이 시스템에서는 전력회사의 배전선으로 태양광발전시스템의 잉여전력을 역 송전 시키는 것은 인정되지 않기 때문에 역방향의 전류가 조금이라도 발생한 경우 태양광발전시스템의 출력을 줄이거나 운전을 정지하거나 하는 기능이 필요하다.

또한 한국전력공사 분산형전원계통연계형 기술기준에서는 태양광발전시스템을 연계하는 전력계통의 전압구분에 의해서 설치하는 보호장치 등의 연계 요건을 정하고 있기 때문에 수전점의 전압에 따라 저압계통, 고압계통 등으로 분류한다.

참고로 일본의 경우 전기설비기술기준 해석에서 태양광발전시스템을 연계하는 경우 별도로 규정하고 있으나 우리나라의 경우 전력회사에서 기준을 마련하여 시행하고 있는 실정이어서 많은 차이를 나타내고 있다.

**(2) 독립형 시스템**

독립형 시스템은 전력회사의 배전선과 연계하지 않는 시스템을 말한다. 일반적인 구성을 그림 1-4에 표시한다. 이 시스템의 경우 사용가능한 전력량은 태양광발전시스템의 발전 전력량 이하로 제한되는 것과 함께 야간이나 우천시 태양광발전시스템의 발전이 기대할 수 없는 경우에 대비해서 축전지를 접속하여 전력을 비축하여 둘 필요가 있다. 이 시스템은 전력회사의 배전선에서 산악지나 낙도 등에서 많이 사용하고 있으며 적은 용량의 발전시스템으로는 1kW 미만에서부터 도로정보 표시판 등과 같은 수십W~수십 kW의 시스템 까지 다양한 시스템이 실용화되고 있다.



## 2. 태양광 발전 시스템의 구성기

태양광발전시스템을 구성하는 주요기기에 관해서 그 기능과 목적 등에 대해 간단하게 기술한다. 상세한 기술적 내용은 생략하고 향후 기회가 되면 자세히 설명하기로 한다.

### (1)태양전지 모듈과 태양전지 어레이

태양전지는 태양광에너지를 전기에너지로 변환하는 기능을 가진 최소 단위로서 태양전지 셀이 기본으로 된다. 태양전지 셀은 10 ~ 15cm 각 판상의 실리콘에 pn 접합을 형성한 반도체의 일종이다.

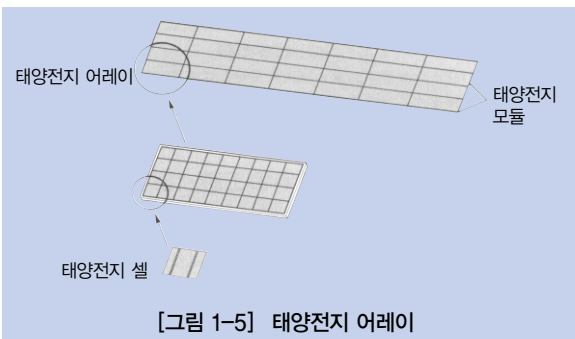
태양전지셀은 그대로는 발생전압이 약 0.5V로 적기 때문에 높은 전원을 필요로 하는 태양광발전시스템에서는 직렬로 접속해서 모듈로 이용된다.

#### 1) 태양전지 모듈

수 십개의 태양전지 셀을 내후성 패키지에 수납하여 구성하고 있다. 태양전지 모듈 안에 태양전지 셀을 묶어서 맞추어 소정의 전압, 출력을 얻도록 하고 있다. 태양전지 모듈의 변환효율은 단결정 실리콘 태양전지가 12~15[%], 다결정 실리콘 태양전지의 경우 10~13[%], 그리고 아모포스(amorphous) 실리콘 태양전지나 화합물 반도체 태양전지(CdS, CdTe 등)에서는 6~9[%] 정도이다.

#### 2) 태양전지 어레이

태양전지 어레이란 태양전지 모듈을 조합하여 지붕이나 지상에 고정형 또는 추적식으로 설치한 태양전지 전체를 말하며, 그림 1.5에 태양전지 셀, 태양전지 모듈, 태양전지 어레이의 관계를 표시한다. 태양전지 어레이는 복수개의 태양전지 모듈을 직렬, 병렬로 접속하여 필요로 하는 직류전압과 발전전력을 얻을 수 있도록 구성된다.



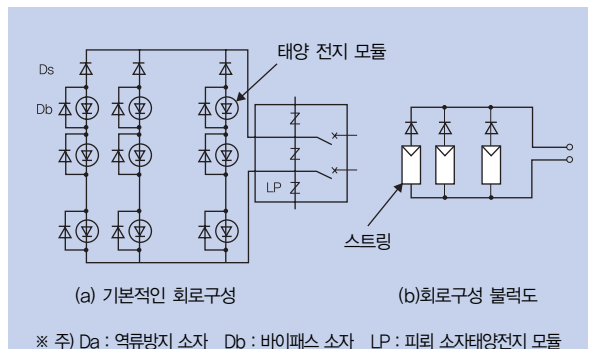
태양전지 어레이를 구성하는 데는 태양전지 모듈을 집합하여 지붕이나 벽 또는 지상에 고정형, 추적형 등으로 견고하게 고정하기 위하여 금속성의 가대가 이용된다. 태양전지 어레이의 면적은 예를 들면 3kW의 태양전지 모듈을 설치하는 데는 대략 20~30㎡의 면적이 필요하다.

또한 태양광발전시스템의 용량은 표준 태양전지 어레이 출력(태양전지 모듈의 최대출력의 합계)으로 표시된다.

태양전지시스템의 출력은 일사강도의 영향을 강하게 받고, 또한 태양전지 모듈 내의 태양전지 셀의 온도에 영향을 받기 때문에 일사강도가 1kW/㎡에서 셀 온도가 25℃에 표준적인 조건 일때의 최대출력을 표준 태양전지 어레이 출력으로 표시하고 있다.

### 3) 태양전지 어레이의 전기적 구성

태양전지 어레이의 전기적인 회로구성을 그림 1.6에 표시한다. 태양전지 모듈의 집합체로서 스트링, 역류방지 소자, 접속함 등으로 구성되어 있다. 여기에서 스트링이란 태양전지 어레이가 소정의 출력전압을 만족하기 위하여 태양전지 모듈을 직렬로 접속하여 하나로 합쳐진 회로를 말하며 각 스트링은 역류방지 소자를 연결시켜 병렬접속 한다. 또한 태양전지 어레이의 직류 전기회로는 접지하지 않는 것이 국내에서는 일반적이다.



[그림 1-6] 태양전지 어레이의 전기회로