

독립형태양광발전 시스템의 설계



글_이현화 (회원 No.8532)
한남엔에스(주) 대표이사/공학박사, 기술사

I. 독립형 태양광 발전의 개요

1. 독립형 태양광 system의 정의

독립형 PV 시스템은 한국전력등 전력 계통에 연결되지 않은 시스템이다. 이 시스템은 일반적으로 계통 연계형 시스템보다 훨씬 작는데, 이 시스템이 흔히 농촌지역 및 섬등 도서지역에 있기 때문이고, PV 모듈은 일반적으로 공간이 문제가 되지 않기 때문에 흔히 지상에 설치된다.

1) 종류

1. DC만을 공급하는 시스템
2. 인버터를 통해 AC만을 공급하는 시스템
3. 하이브리드 시스템 : 디젤, 풍력 혹은 수력과 병렬 운전

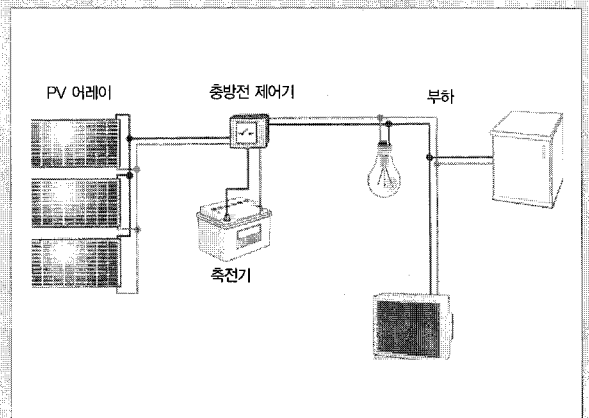
2) 적용

- 개발 도상국의 농촌지역 전기화-진료소, 병원, 학교를 위한 소규모 조명 시스템에서 대규모 시스템
- 정보통신 적용
- 소규모의 독립형 시스템을 설치하는 것보다 계통을 연장하는 것이 대체로 비용이 더 많이 드는 도시 지역의 가로와

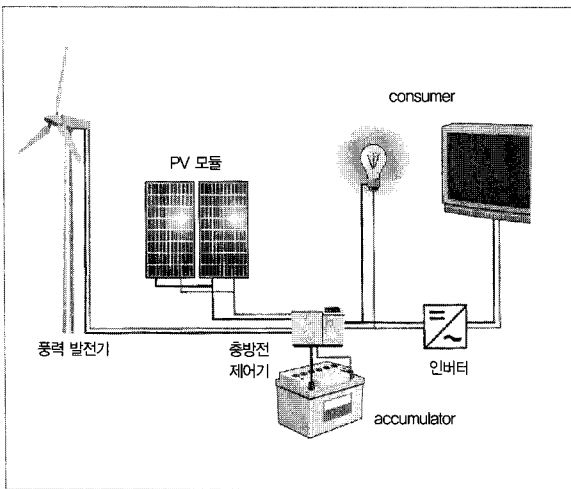
가구(예를 들어, 버스 정거장 조명과 신호등, 등)

- 정전이 오랫동안 지속될 수 있는 곳의 전력 대체 시스템 : 비상용 발전기
- 벽지의 가옥과 다른 빌딩들
- 태양광 물펌프

독립형 PV 시스템의 주요 구성요소들을 설명하고 독립형 시스템의 설계 및 용량선정을 위한 절차를 설명한다.



【그림 1.1】 독립형 PV 시스템 : DC용



【그림 1.2】 독립형 PV-풍력 하이브리드 시스템

주: 북위 지방에서 더 일반적이다. 여름 동안은 PV 모듈에서 발전하여 공급되고 겨울에는 풍력 터빈에서 공급된다. 풍력과 PV 각각을 위한 두 개의 제어기가 더 일반적이다. 또 하나의 공통 구성은 PV-디젤 하이브리드 시스템이다. PV-수력 시스템은 흔하지 않다.

II. 독립형 시스템의 계획과 설계

1. 개요

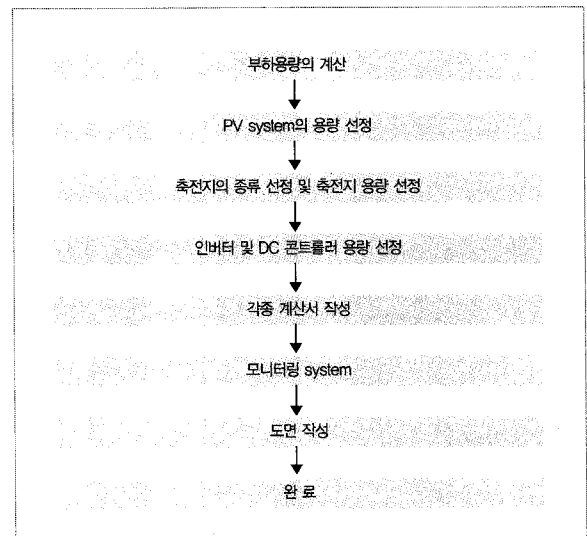
이 부분은 독립형 시스템 설계를 위한 단순화된 절차를 설명한다. 이것은 모의 프로그램의 정확성을 이루지는 못하지만, 사용자에게 의한 모의 프로그램의 정확한 사용은 PV 독립형 시스템에 대한 기본적인 지식이 필요하다. 정확성은 상당한 양의 복잡한 입력 데이터의 덕으로 그것은 실제로 아주 어렵게 그리고 사용자의 전문적 데이터 이용으로 얻을 수 있다. 이 점에서 여기에 설명한 설계 순서는 실용적 설계를 만들어 내기 위한 첫 번째지만 계획 단계로 보아야 한다.

독립형 시스템을 설계할 때 가장 중요한 문제는 에너지의 소비와 공급의 균형을 맞추는 것이다. 태양 에너지는 한정적이고 변동적인 자원이기 때문에 하루 전력 소비 수준 그리고 축전지 혹은 축전지 뱅크 용량을 현실적으로 계산하고 서로 균형을 맞추어야 한다. 전력을 연중 공급하려고 의도할 때 상황은 어려워진다. 한국의 위도에서 사용 가능한 일사량은 겨울 보다 여름에 2~3배 크다. 그러나 전력 수요는 일반적으로 여름보다

겨울에 더 적다. 여름 부하를 위한 PV 어레이 설계는 일년 중 나머지 기간 동안 사용되지 않는 상당히 많은 전력의 양은 버려진다. 이런 시스템은 비경제적으로 사용된다. 그 상황은 생태적 관점에서도 만족스럽지 않다. 사용 수명의 일부만을 위해 사용될 수 있는 PV 어레이는 매우 오랫동안의 에너지 회수 기간으로 이끌어 간다. 여기서 PV 어레이와 부수적인 디젤엔진 발전기 그리고 혹은 풍력 발전기로 된 하이브리드 시스템을 사용하는 것이 상당히 더 효과적인 것이다. 어떤 장소에서는 태양과 바람이 서로를 보완하여 여름에는 태양 에너지를 사용할 수 있고 겨울에는 바람 에너지를 사용할 수 있다.

2. 독립형 태양광 발전 system의 설계 순서

1) 설계 순서



【그림 1】 스마트그리드 개념도

2) PV 어레이, 전지 및 부하의 직접 연결

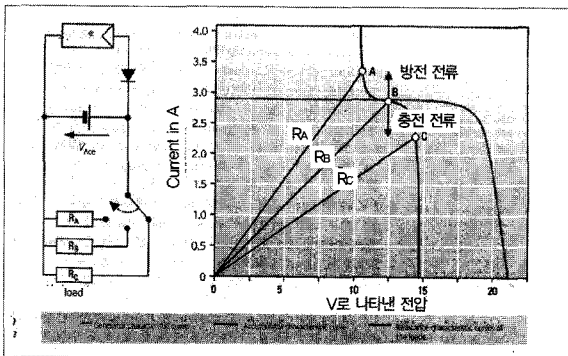
직접 연결된 독립형 시스템은 아주 작은 규모의 시스템에 대부분 사용된다.

아주 작은 PV 모듈은 축전지의 역류 방지를 위하여 역방향 다이오드를 연결한다. PV 모듈이 전압을 제공하지 않는 밤에는 축전지가 PV 모듈의 내부 저항을 통해 스스로 방전하는 것을 방지한다. 역방향 다이오드는 축전지가 켜지지 않은 PV 모듈을 통해 역방향 전류를 작동시키지 않도록 기능을 한다. 그렇지 않으면 그것은 부하가 되어 에너지를 열로 변화시킬 것이

다. 이들 축전지 손실을 피하고 PV 모듈을 열 과부하로부터 보호하기 위해 역방향 다이오드가 필요하다. PV 모듈이 켜져 있으면, 역방향 다이오드는 약 0.5V에서 0.7V의 추가적 전압 손실을 초래한다.

그림 2-1은 PV 모듈의 I-V 곡선과 축전지의 역동적 특성 곡선을 예시한다. 축전지 전압은 약 12.5V의 개방 회로 전압 부근을 중심으로 변동한다. 그것은 방전 차단 전압에 이르기 전 11V이하로 내려가거나 14V이상의 충전 차단 전압까지 상승할 수 있다. PV 모듈을 축전지에 연결하는 것은 축전지 특성 곡선을 모듈 I-V 곡선에서 PV 전류 값만큼 이동시킨다. 그렇지 않으면 축전지 특성 곡선 상에서 B점은 전압 축에 직접 놓일 것이다.

위의 예에서, 세 가지 다른 부하가 전환 스위치를 통해 축전지에 연결될 수 있다. 다른 작동 조건이 어떤 부하(저항 RA, RB 혹은 RC)에 연결되었느냐에 따라 일어날 수 있다. B의 경우, 부하의 저항이 너무 커서 부하 B의 전류는 완전히 PV 어레이가 전달한다. 휴지 부하선은 PV와 축전지 특성 곡선을 교차하는 바로 그 점에서 교차한다. 부하 A는 더 큰 전류를 필요로 한다. PV 모듈은 필요한 전기의 일부를 공급할 뿐이고 나머지는 축전지가 공급한다. 따라서 방전 전류가 흐르고 축전지는 방전된다. 만일 부하 C가 연결되었다면 RC의 더 높은 저항 때문에 더 작은 전류가 발생한다. PV가 생산하는 전류는 부하가 필요로 하는 전류보다 더 크다. 그러므로 약 0.9A 정도의 충전 전류가 흐른다. PV 모듈은 부하 C에 공급도 하고 축전지도 충전한다. 이 시스템은 신뢰할 수 있게 동작할 것이고 유지보수가 거의 필요 없을 것이다. 역방향 다이오드와 PV 케이블의 전압 강하를 고려하여, 시스템의 충전 차단 전압을 초과하지 않고 축전지 용량이 부하 요구에 잘 맞추어져서 방전 차단 전압이 강하되지 않도록 설정한다.



[그림 2-1] 직접 연결된 PV 독립형 시스템과 PV 모듈/축전지 I-V 곡선

충방전 제어기는 독립형 시스템의 기능을 상당히 향상시킨다. 충방전 제어기는 원래 축전지가 과도하게 방전하거나 과충전하지 않도록 동작한다. MPPT의 기능이 추가로 되면 태양 에너지 이용을 최적화한다.

다음 부분은 여름~겨울의 상당한 변동에도 불구하고 연중 태양광 발전 공급을 달성하기 위해 계획된 작은 휴가 별장의 예를 이용하여 독립형 시스템 설계를 설명한다.

(1) 전력 소비 산정

독립형 PV 시스템 계획에서 가장 중요하고 복잡한 단계는 주의 깊게 산정한 일일 전력 소비 내역을 작성하는 것이다. 이것은 작은 휴가 별장 예를 이용하여 표2.1에 열거하였다.

시스템을 설계할 때 북쪽 지역에서 연간 상당한 일사량의 변동을 고려할 필요가 있다(이 변동은 더 남쪽일수록 감소한다). 이것은 다른 달들과 계절, 혹은 적어도 극단적인 여름과 겨울 사이의 태양 일사 수준을 고려하는 것이 필요하다.

아래의 예에서, 5월에서 8월까지의 기간이 여름으로 간주되었고 9월에서 4월까지를 낮은 일사량의 겨울로 간주하였다. 일사량의 계산은 위치, 경사 그리고 온도를 고려하여 각각 가장 약한 달에 기초하였다.

먼저 우리는 각 개별 전기 부하 소비를 추정할 필요가 있다. 모든 의도된 전기 부하와 그것들의 해당 전력 소비가 가능한 일일 동작 시간과 일일 소비량과 함께 열거되어 있다.

표2.1은 세 가지 주요 부하로 냉장고, 물펌프, 그리고 TV를 보여준다. 냉장고는 가장 많은 전기를 필요로 한다. 만일 냉장고를 겨울에 끈다면 연중 태양 에너지를 공급하는 것이 현실적일 것이다. 그렇지 않으면 겨울 소비는 태양 어레이 크기의 두 배 이상일 것이다. 물펌프는 겨울에는 여름 소비의 10분의 1만을 요구하기 때문에 태양광 시스템을 위한 이상적인 부하이다. 다시 말해 소비율이 태양의 일사량과 동일하다.

[표 2.1] 휴가용 별장을 위한 소비전력

부하	W로 나타낸 공칭전력 Pn	h로 나타낸 일일 동작시간		Wh로 나타낸 일일 소비전력	
		여름	겨울	여름	겨울
거실의 3개의 등	3×12=36	1	3	36	108
침실의 1개의 등	12	0.5	0.5	6	6
침실의 2개의 독서등	2×7=14	1	1	14	14
냉장고	50	알 수 없음	꺼놓음	300	꺼놓음
TV	50	2	2	100	100
물펌프	60	3.33	3.33	200	20
총	222			656	248

- 주 : 1. 여기서 높은 품질의, 에너지 절약 냉장고인 것으로 계획되었다. 현대의 냉장고는 항상 일일 표준 사용 정보와 함께 공급된다. 우리가 이 숫자에 관심이 있기 때문에 냉각 유니트의 일일 운영 시간에 대한 정보는 우리의 계산에 필요하지 않다.
2. 에너지를 절약하기 위해 냉장고는 겨울에는 사용되지 않을 것이다. 우리가 다음의 PV 어레이 계산에서 볼 것처럼 겨울에 냉장고 사용은 어레이의 상당한 증대로 이끌어 가고 따라서 훨씬 높은 시스템 비용이 필요하다.
3. 여름에는 정원을 일일 2000 리터의 물을 사용 할 계획을 세웠다. 겨울에는 일일 약 20 리터의 집안에서의 사용만 필요할 것이다. 펌프는 시간 당 약 600 리터를 공급한다. 이것은 일일 3.33에서 0.33 시간의 열거된 운영 기간의 결과를 나타낸다.

만일 고객이 풍부하 공급을 원한다면 발전기의 크기를 크게 하거나 부대 장치(하이브리드 시스템)를 사용하여 전기 예비분 제공을 고려해야 한다. 높은 품질의 에너지 절약 부하만 있도록 해야 한다. 그것의 높은 구입 비용은 그만큼 효용 가치가 있는데 이것은 이 제품들을 사용하지 않는다면 그런 높은 품질의 에너지 절약 전자제품을 구매하기 위한 추가 비용보다 상당히 더 많은 모듈 비용 절약을 가능하도록 하기 때문이다.

(2) PV 어레이 계획

일일 전력 소비량을 확인한 후 정확한 PV 어레이 크기를 결정해야 한다. 판매업체에서 구매할 수 있는 다양한 태양 전지 모듈 종류의 산출을 결정하기 위한 여러 방법이 있다. 가장 확실할 수 있는 절차는 이것을 STC에서 모듈의 공칭 전력에 기초하는 것이다



◆ 아름다운 명언

꿈에 헌신하라.
 대단한 무언가를 시도하다가 실패하는 사람은
 결코 실패자가 아니다.
 삶의 가장 중요한 전투에서 승리했음을
 늘 확신할 수 있기 때문이다.
 시도를 가로막는 것과의 전투 말이다.

- 로버트 H. 솔러 -

Commit yourself to a dream.
 Nobody who tries to do something great,
 but fails, is a total failure.
 Why? Because he can always
 be assured that he succeeded
 in life's most important battle,
 he defeated the battle of not trying.