

독립형 태양광발전 시스템의 설계

- 목차 -

- I. 독립형 태양광 발전의 개요
 - 1. 독립형 태양광 system의 정의
- II. 독립형 시스템의 계획과 설계
 - 1. 개요
 - 2. 독립형 태양광 발전 system의 설계 순서
- III. 기기 선정
 - 1. 독립형 PV 시스템의 모듈
 - 2. 독립형 PV 시스템의 축전지
 - 3. 납축전지의 작동방법 : 구조와 운용 원리
 - 4. 충방전 제어기



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

◆ 10월호부터 연재된 내용입니다.

6) 케이블 단면적 선정

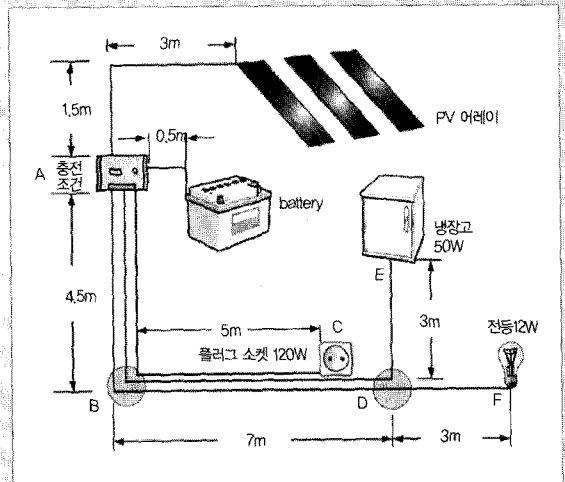
케이블 단면적의 선정을 위해서는 계통연계형 PV 시스템을 위한 케이블 선택 부분에서 케이블 선정에 대해 광범위하게 논의했다. 케이블의 허용전류와 퓨즈의 선정은 전기설비기술 기준에 따라야 한다.

케이블의 굵기는 다음 등식에 따라 계산할 수 있다.

$$A = \frac{L \times P}{1 \sim 3\% \times V^2 \times \kappa} = \frac{L \times P}{0.01 \sim 0.03\% \times V^2 \times \kappa}$$

【표 2.8】 케이블 굵기의 선정을 위한 전기적 매개변수

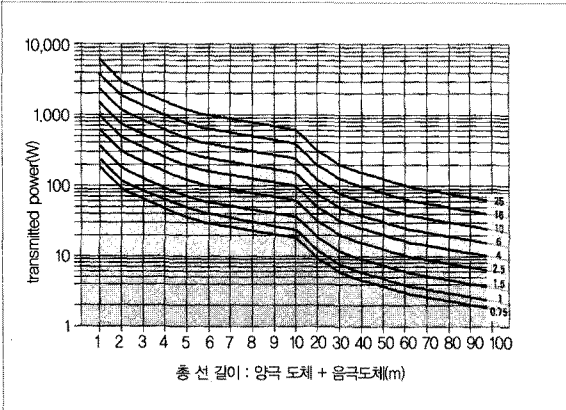
전기적 매개변수	기호	단위
케이블 길이(양극케이블 + 음극케이블)	L	m
케이블에서 이송된 전력	P	W
케이블 단면적	A	Nm ²
전기 전도성(구리 Kcu = 56 : 알루미늄 KAL = 34)	KQ	nm ²
케이블 손실 퍼센트(일반적으로 3%)		%
시스템 전압	V	V



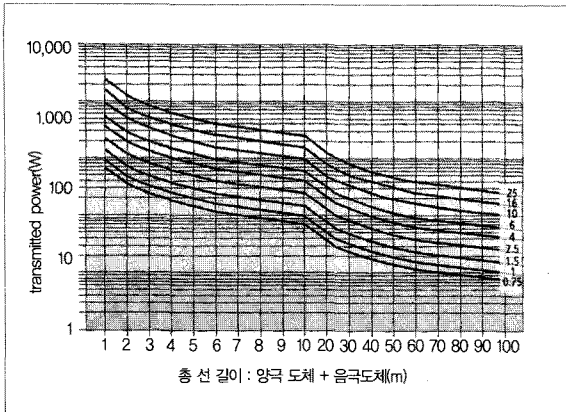
【그림 2-2】 케이블 길이 결정

이전 부분에서 PV 어레이의 설계를 위해, 우리는 케이블에서 전압 손실을 1~3 퍼센트로 가정하였다. 이 조건을 계산에 넣기 위해, 충분한 케이블 단면적을 선택해야 한다. 이것을 하기 위한 방법은 그림 7.26에 명시되어 있다.

예를 통해, PV 어레이, 충방전 제어기, 축전지 그리고 세 가지 다른 부하를 가진 완전한 태양광 전력 시스템을 보여주고 있다. 첫째, 각 부하는 그 자신의 케이블이 계산되어 있다. 설치가 이런 식으로 된다면, 각 부하는 충방전 제어기 뒤에 전력 회로 분배기 내 퓨즈를 설치하였다.



【그림 2-3】 12V 시스템을 위해 권장되는 케이블 굵기: 케이블 손실은 3 퍼센트



【그림 2-4】 24V 시스템을 위해 권장되는 케이블 굵기: 케이블 손실은 3 퍼센트

그러나, 분배기 위치 A, B, C 사이에 병행으로 루트를 정한 케이블을 결합할 수 있다. 이 경우, 병행으로 가는 케이블을 추가해야만 한다. 주 케이블 퓨즈와 전력 회로 퓨즈는 이에 따라 선택된다. 필요한 전선단면적을 위의 등식을 사용하거나 그림 2-3과 2-48 그리고 편집된 표 2.9와 2.10을 통해 계산할 수 있다.

【표 2.9】 12V의 시스템 전압을 위한 케이블 굵기 결정

다음 사이의 케이블	길이(m) (양극케이블 + 음극케이블)	구성요소	접속 부하 (W)	계산값 (mm ²)	선경값 (mm ²)
PV 어레이 - 축전지	10	PV 어레이	500	20.7	25
축전지 - A, B, C	20	플러그 소켓 10A	120	9.9	10
축전지 - A, B, D, E	30	냉장고	50	6.2	6
축전지 - A, B, D, F	30	전등	12	1.5	1.5
줄 A, B 그리고 B,D의 결합(옵션)					
A,B	10			17.6	16
B,D	14			7.7	10

【표 2.10】 24V의 시스템 전압을 위한 케이블 단면적 결정

다음 사이의 케이블	길이(m) (양극케이블 + 음극케이블)	구성요소	접속 부하 (W)	계산값 (mm ²)	선경값 (mm ²)
PV 어레이 - 축전지	10	PV 어레이	500	5.2	6
축전지 - A, B, C	20	플러그 소켓 10A	120	2.5	2.5
축전지 - A, B, D, E	30	냉장고	50	1.6	1.5
축전지 - A, B, D, F	30	전등	12	0.4	0.75
줄 A, B 그리고 B,D의 결합(옵션)					
A,B	10			4.5	4
B,D	14			2.0	2.5

고정된 배선 횡단면 면적 > 1.5 mm²

VDE 0298 Part 4에 따른 전류 운송 용량을 분리된 부설과 대기 온도 ≤ 30°C에서 계산된 단면적 크기를 사용하여 얻었다. 케이블 단면적 계산을 위한 시스템 전압이 이차수로서 분모에 있기 때문에, 전압을 두 배로 하는 것은 단면적을 4분하는 결과가 된다. 배선 비용은 전체 설치를 24V 시스템으로 설정함으로써 감소될 수 있다. 반면에, 적절한 24V 부하를 찾는 어려움이 있다. 그것이 부족된 결과, 그것들은 12V 부하보다 상당히 더 비싸다. 궁극적으로 선택된 전압은 각 개별 경우에 달려 있다.

(1) 충방전 제어기 케이블

이 케이블은 충전과 방전 둘 다의 도중 부하 하에 있다. 케이블 횡단면은 더 큰 부하에 따라 결정된다. 최대 부하는 최대 어레이 전력으로 축전지를 충전할 때 아니면 발광이 없는 가운데 허용할 수 있는 최대의 동시성 계수를 가진 부하로 축전지를 방전할 때 일어난다. 주말에 충분한 전력을 이용할 수 있도록 주중에 축전지를 재충전할 수 있으므로 어레이의 정립이 상당히 감소될 수 있는 적용 시나리오들(예를 들어, 주말에만 사용되는 시스템에서)이 있다(이것의 한 예가 아래에 제시되어

있다. 이 경우, 방전 전력은 충전 전력보다 더 클 수 있다. 그러면 케이블 굵기는 관련된 동시성 계수(즉 모든 부하 횡단면 총합에 동일하게)와 함께 방전 전력에 기초해야 한다.

7) 축전지 선정

(1) 축전지 용량 선정(1)

축전지의 임무는 에너지 생산과 에너지 소비의 비동시성을 보상하는 것이다. 그것은 태양 발광 없이 혹은 최소한도의 태양 발광으로 특정 조건 하에서 2에서 15일 동안 에너지를 공급하도록 설계된다. 북위 지방에서, 연중의 시기에 따른 상당한 복사 변동이 고려되어야 한다. 그러므로, 여름 달들을 위해서는 적어도 2일에서 3일 그리고 겨울 달들을 위해서는 적어도 3일에서 5일의 예비분을 제공하는 것이 이치에 맞는다(자율 기간). 축전지 용량은 시간당 암페어(Ah)로 표시된다. 이제까지, 우리는 에너지 소비를 시간당 와트(Wh)로 진술했다. Ah와 Wh 값을 서로 연관시킬 수 있기 위해서, 우리는 Wh를 시스템 전압(예를 들어 12V)으로 나눔으로써 Ah로 소비 수치를 변환시킨다.

예) 656 Wh는 656VAh/12V = 54.7Ah

액체 전해질 축전지로 충분히 긴 사용 수명을 얻기 위해, 우리는 제조사가 제시한 대로 총 용량을 위해 계획하지 않을 수 있다. 대신, 우리는 이 값의 50 퍼센트로만 계획할 수 있다. 그러므로, 우리는 소비 값에서 계산한 경우의 2배의 축전지 용량 C_n 을 선택할 필요가 있다. 축전지 용량을 결정하기 위해 다음의 경험적 등식을 사용할 수 있다.

$$C_n = \frac{2 \times W \times F}{V_n}$$

여기서, F는 예비분 날들을 위한 계수이고, W는 각각의 평균 일일 소비이고 V_n 은 축전지에 의한 시스템 전압 출력이다(표 7.13 참조)

【표 2.11】 여름과 겨울 예비분 날들의 평균값

예비분 날들을 위한 계수	계절	일	평균값
F	여름	2~3 일	2.5일
F	겨울	3~5일	4일

자율적 작동일을 위해 여기서 사용된 실제 계수는 사용자와 논의해야 하고 공급 신뢰성 요구와 관련하여 증가되어야 한다. 소형 별장 예를 위한 결과는 표 7.14에 제시되어 있다.

【표 2.12】 축전지 용량 결정

12V 시스템을 위한 축전지 용량 계산					
일일 소비		예비분		축전지 용량 = 예비분 2배	
여름	겨울	여름(2.5일)	겨울(4일)	여름	겨울
656Wh/day Ah로 전환	248Wh/day	1640Wh 137Ah	992Wh 83Ah	274Ah	166Ah
24V 시스템을 위한 축전지 용량 계산					
일일 소비		예비분		축전지 용량 = 예비분 2배	
여름	겨울	여름(2.5일)	겨울(4일)	여름	겨울
656Wh/day Ah로 전환	248Wh/day	1640Wh 68Ah	992Wh 41Ah	136Ah	82Ah

물론, 여름 동안에도 충분한 예비분을 사용할 수 있어야 하기 때문에 우리는 두 값 중 큰 것-여름 값을 선택해야 한다.

처음 보기에, 24V 시스템에서 구매 비용은 반이다. 그러나 자세히 보면 24V를 생성하기 위해 우리는 두 배로 많은 축전지 전지를 가져야 함이 명확해진다(우리는 12V 시스템에서는 6개의 전지가 필요하고 24V 시스템에서는 12개가 필요하다). 원칙적으로, 비용은 같다. 24V 시스템에서 반 크기의 전지만 필요하지만 두 배나 많이 필요하다.

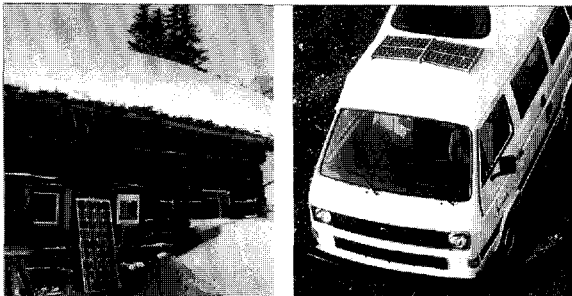
8) 인버터의 용도

원하는 모든 부하가 12V 혹은 24V로 사용할 수 있는 것은 아니다. 때로는 새로운 DC 제품을 구매하는 것이 매우 비용이 많이 들거나 높은 가치의 AC 제품을 이미 구입하였을 경우 그것을 계속 사용하는 것이 더 실용적이다. 이 모든 경우에, 220V 수준에서 (‘7.5 독립형 인버터’ 부분 참조) 직류를 교류로 변환시키는 것이 중요할 수 있다. 우리의 소형 별장의 예에서, 에너지 절약형 220V 냉장고를 구입할 수 있고 그리고 새로운 12V 냉장고를 사는 것이 인버터를 사는 것보다 더 비용이 많이 들기 때문에 인버터를 통해 냉장고를 작동시키는 것이 이치에 맞을 수 있다. 게다가, 높은 전류 초과분으로 여름 동안, 인버터는 전기 작동 도구와 같은 새로운 사용 가능성을 열 것이다.

이제 예를 들어 400W와 50 퍼센트 과부하 능력을 가진 더 작은 인버터를 구매할 수 있을 것이다 이 경우, 우리는 전기 작동 도구의 사용을 더 작은 장비로 제한할 수 있거나 가능한 사용을 확장하기 위해 상당히 더 큰 제품을 선택할 수 있다. 그러므로, 하나 혹은 두 개의 220V 플러그 소켓을 인버터 다음에 설치하고 다른 부하(조명, TV, 그리고 물펌프)를 위해, 12V 혹은 24V 계통을 설치할 것이다.



[그림 2-5] 독립형 인버터



[그림 2-6, 7] 산속의 별장을 위한 소형 독립형 시스템, PV 독립형 시스템을 가진 캠퍼밴

모든 부하를 220V로 변환하고 상응하는 큰 인버터를 가지는 것은 거의 이치에 맞지 않는다. 인버터는 매우 비쌀 것이고 그것의 작동 시간의 80 퍼센트에서 90 퍼센트는 불충분한 변환 효율과 함께 극히 불리한 부분 부하 하에서 작동할 것이다.

케이블 길이가 길고 더 큰 독립형 시스템에서는, 중앙 독립형 인버터 사용이 권장된다.

9) 분산형 배전 계통/소형 계통을 갖는 태양광발전

전기 문명의 혜택을 받지 못하는 사람들이 전세계적으로 3십 억 명 이상이다. 발전설비를 갖추기 어려운 작은 섬 혹은 산악 지역에서 주로 일어난다. 이와 다르게 이것은 개발도상국에서는 농촌 지역의 큰 부분들에 적용된다. 특히, 땅덩어리가 큰 나라에서는 외딴 지역은 발전소와 계통 용량의 상당한 증가가 있다 하더라도 가까운 장래에 공급 계통에 연결되지 않을 것이다. 이런 상황의 어떤 곳에서는 확장할 수 있고 '네트워크' 할 수 있는 독립형 시스템이 광범위한 공급 구조의 핵이 될 수 있다. 그러나, 어떤 그런 발달은 앞의 부분들에서 설명한 것과 같은 오늘날 사용되는 시스템 기술로는 실현할 수 없다. 특정 상황을 위해 설계되는 작은 규모의 맞춤형 해결책 대신, 필요한 것은 통신과 시스템 기술의 표준화이다. 이것이 제한 없이 확장될 수 있고 더 큰 효율성, 신뢰 공급 그리고 개별 시스템보

다 더 비용효율성을 허용할 수 있는 가상 발전소를 만들기 위해 독립형 시스템들이 네트워크될 수 있는 유일한 방법이다.

지난 기간 동안, 독립형 시스템을 위한 새로운 개념과 모듈 시스템 기술이 개발되었다. 이것들은 농촌 전기화를 위한 시험 시스템에서 사용되었다. 미래에는 표준화와 경험으로 산업화된 지역에서 전통적 공급 네트워크 내에 재생 에너지 원천의 상당한 퍼센트의 통합을 촉진할 것이다. 축전지 시스템의 계통 안정화 특성은 흥미로울 것이다.

모듈 시스템 기술은 구성요소들 사이의 에너지와 정보 전달을 위해 그리고 관리 시스템 '감독'을 허용하도록 조화된 표준에 기초해야 한다. 그러면 몇 킬로와트에서 수백 킬로와트에 이르는 큰 시스템 용량을 가진 전력 공급을 만들어 내기 위해 나무 쌓기처럼 다른 종류의 에너지 발전기와 저장 장치가 결합될 수 있다. 이것은 여러 부하에 전력을 공급할 수 있다. 이것은 계획을 쉽게 만들 뿐 아니라 유지보수, 예비 부품 공급, 그리고 설치 엔지니어와 사용자를 위한 훈련도 촉진한다. 두 가지 근본적으로 다른 시스템들을 이용할 수 있다. DC 결합 시스템과 그리고 새로운 개념인 AC 결합 시스템이다. 두 경우 모두, 중심 구성요소는 독립형 인버터이다. 이것은 병렬 저전압 주 계통과 맞추거나 그 자체로 계통을 형성하기 위해 가능할 수 있다. 다른 종류의 부하를 공급할 때, 전압과 주파수 상수와 같은 계통 변수를 유지한다. 그것은 또한 실제 전력과 무효 전력을 조절한다.

(1) DC 결합 시스템

최고 약 50kW의 독립형 시스템에서, DC 쪽에 어레이와 부하를 결합하는 것이 그래도 이치에 맞을 수 있다. PV 어레이 스트링은 마스터 슬레이브 시스템 내의 충방전 제어를 통해 DC 배전 시스템에 연결된다. DC 부하는 DC 버스에서 직접 공급될 수 있다. 삼상 독립형 인버터(아니면 세 개의 단상 독립형 인버터들)(인버터 충전기라고도 알려진 것)은 AC 부하를 DC 버스에 연결한다. 주(마스터) 충방전 제어기는 축전기 탱크의 충전 상태를 제어하고 충전 상태가 미리 정의한 수준(예를 들어 30 퍼센트) 이하로 내려가면 백업 전력원(예를 들어 디젤 발전기)을 자동으로 켜다. 그러면 이것은 양방향 결합 인버터-축전기 충전기를 통해 축전기를 충전하고 동시에 부하에 전력을 공급한다. 통합된 충방전 제어기를 가진 양방향 삼상 인버터를 구입할 수 있는 즉시, DC와 AC 가운데 하나의 장치만 필요할 것이다. ❖

다음호에 계속 ◆◆