Proyecto apoyado por CORFO

Gobierno de Chile
gob.cl

Fundación Energía Comunitaria CHILE

GUIA DE DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS OFF-GRID

GD-OFG-V-2017-1.0

FUNDACIÓN ENERGÍA COMUNITARIA

Facultad de Ingeniería
Universidad de Concepción
El origen de grandes soluciones

Tabla de contenido

Diseño de sistema fotovoltaico off-grid 2

1. Determinación de demanda y potencia máxima de la carga 2
2. Selección del inversor 3
3. Selección del banco de baterías 3
4. Selección del regulador de carga 5
5. Especificación del arreglo de paneles fotovoltaico 5

Diseño de sistema fotovoltaico off-grid

1. Determinación de demanda y potencia máxima de la carga

El diseño del sistema debe comenzar determinando la energía que este deberá producir para cubrir los requerimientos de las cargas. Para esto se debe realizar una auditoria energética en conjunto con el cliente en la cual se establezca los equipos que serán alimentados, sus datos de placa y cuál será su régimen de uso. A partir de la información recolectada se podrá entonces construir una tabla resumen como la mostrada a continuación en la Tabla I en la cual se determina el perfil de carga de la instalación, la potencia peak que esta requiere y su demanda energética.

Tabla I
Perfil de Consumo de la Carga

	A	B	C	D	E	F	G	H
#	Equipo	Potencia de placa	Número de horas en uso	Energía requerida en uso (B*C)	Potencia consumo fantasma	Número de horas en stand-by	Energía en stand-by (E*F)	Energía total (D+H)
1								
2								
3								
4								
5								
	Potencia máxima, $P_{máx}$	$\sum_{i=1}^{n} B_i$				Requerimiento energético, w_{AC}		$\sum_{i=1}^{n} H_i$

El requerimiento energético de cada uno de los equipos indicados en la Tabla I se obtiene de la multiplicación de la potencia de placa correspondiente por la cantidad de horas de uso diario que el cliente indique (columna D). Por otro lado, para el caso de equipos electrónicos, que están en modo stand-by mientras no se encuentran en uso, se debe calcular su consumo fantasma, multiplicando el valor de potencia en modo espera por la cantidad de horas que este esté fuera de operación (columna G). La energía diaria requerida por el equipo se calcula entonces, al sumar las columnas correspondientes a la energía requerida en estado activo y la energía requerida en modo stand-by (columna H).

La potencia peak requerida por el sistema se obtiene al sumar la potencia de placa en modo activo de todos los equipos conectados. Por otro lado, la energía diaria demandada por el sistema se obtiene al sumar los valores calculados para cada equipo.

2. Selección del inversor

Prácticamente todas las cargas que se conectaran a un sistema off-grid son en corriente alterna, por ello para hacer la interfase con el arreglo de paneles fotovoltaicos y se requiere de un inversor. Este puede ser de dos tipos, de onda sinusoidal o ben de onda rectangular. Generalmente el primero es más costoso que el segundo por lo que deberá determinarse en función de la auditoria energética que tipo de forma de onda es la que mejor se adapta a las cargas. Como regla general, en este punto, puede tenerse en cuenta que equipos electrónicos, que tienen en su entrada una fuente de poder en la cual se rectifica la tensión de alimentación, no tienen mayores inconvenientes en operar con un voltaje no sinusoidal.

La potencia aparente que deberá tener el inversor a utilizar puede ser calculada a partir de la siguiente ecuación,

$$S_{inversor} = \frac{P_{max}}{FP}\ [VA]$$

donde, P_{max} es la potencia máxima obtenida de la Tabla I y FP es el factor de potencia de la carga. Para este cálculo habitualmente se puede tomar un valor de 0.8 para el factor de potencia.

El inversor a seleccionar deberá ser de potencia aparente igual o inmediatamente superior a la calculada. Asimismo, en este punto es recomendable determinar en conjunto con el cliente si es que se espera que el consumo de la carga aumente en el mediano plazo de forma de poder contemplar dicho consumo en la selección del inversor. Por otro lado, si a partir de la auditoria de la carga se determinó que se cuenta con equipos de alta corriente inrrush, tales como motores de inducción, es recomendable que la potencia del inversor seleccionado sea entre 2 y 3 veces el valor calculado.

3. Selección del banco de baterías

La especificación del banco de baterías necesario para abastecer la carga consiste en determinar la capacidad energética requerida, la tensión del banco, tipo de batería, y el número de baterías a utilizar.

La energía a suministrar por el banco de baterías corresponde a la energía requerida por la carga más la energía que se pierde en el inversor debido a su operación, y puede ser calculada de acuerdo a:

$$w_{banco_baterías} = \frac{w_{AC}}{\eta_{inversor}}\ [J]$$

donde, w_{AC} es la energía obtenida a partir de la auditoria energética y $\eta_{inversor}$ la eficiencia de placa del inversor seleccionado.

La capacidad que deberá tener el banco de baterías seleccionado en tanto es calculada de acuerdo a:

$$C_{banco_baterías} = \frac{w_{banco_baterías}}{\eta_{inversor} * DoD * V_{banco_baterías}} \; [Ah]$$

donde, $w_{banco_baterìas}$ es la energía que deberá suministrar el banco y que fue calculada en el punto anterior, η_b es la eficiencia del banco de baterías, DoD la profundidad de descarga de las baterías a utilizar y $V_{banco_baterìas}$ la tensión nominal del banco. La eficiencia de ciclo cerrado de las baterías depende de la batería a utilizar y habitualmente se encuentra entre 0.8 y 0.9. De la misma forma, la profundidad de descarga depende del tipo de baterías a utilizar y en baterías de ciclo profundo puede ir de 0.5 a 0.7. Por otro lado, la tensión del banco deberá ser la misma que la tensión de entrada del inversor seleccionado, por lo que este valor se obtiene al elegir el inversor. En este punto se debe tener el cuidado de que la tensión de entrada mínima del inversor calce con el valor de tensión obtenido del banco de baterías cuando esta esta descargada.

Los valores de capacidad para las baterías en el mercado están especificadas en valores estándar, por ello se deberá configurar el banco de tal forma que se especifique un banco de capacidad inmediatamente superior al calculado.

Ahora bien, el número de baterías necesario para construir el banco se determinará en función de la capacidad individual de cada una de las baterías a utilizar, de forma que:

$$n_{baterías} = \frac{C_{banco_baterías}}{C_{batería}}$$

donde $C_{batería}$ corresponde a la capacidad de cada una de las baterías que compondrá el banco. En este punto es conveniente sobredimensionar el tamaño del banco de baterías multiplicando el número de baterías requeridas por la cantidad de días que se considere que las condiciones de irradiación no serán capaces de suministrar la carga. Valores típicos para esto están entre 2 y 3.

La conexión en serie y paralelo de las baterías que componen el banco de baterías se realiza de acuerdo a:

$$n_{baterías_serie} = \frac{V_{banco_baterías}}{V_{batería}}$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{n_{baterías}}{n_{baterías_serie}}$$

En este último cálculo se deberá aumentar el número de baterías requeridas de forma que la cantidad de ramas en paralelo sea un numero entero.

4. Selección del regulador de carga

La selección del regulador de carga debe tener en cuenta que este debe ser capaz de manejar tanto la corriente de cortocircuito del arreglo de paneles fotovoltaicos como la máxima corriente de carga del banco de baterías. En este contexto la corriente de carga del banco de baterías estará dada por:

$$I_{carga_bateria} = \frac{P_{max}}{V_{banco_baterías}} \ [A]$$

El controlador de carga ha seleccionado deberá ser de capacidad de manejo de corriente cumpla con ser dos veces la corriente calculada y la corriente de cortocircuito del arreglo de paneles. Por otro lado, la tensión de placa del regulador de carga deberá ser la misma que la del banco de baterías.

5. Especificación del arreglo de paneles fotovoltaico

Antes de determinar la cantidad y configuración de los paneles que compondrán el arreglo es necesario recolectar información sobre el lugar donde estos serán instalados. Es así que se debe conocer la superficie que está disponible para la instalación de los paneles. Para poder hacer un buen aprovechamiento de la energía del sol se deberá contar con una superficie orientada hacia el norte. Por otro lado, se hace necesario conocer datos meteorológicos respecto de cuantos días al año se tiene días despejados, en que meses se tiene la máxima radiación solar y cual entrega la mínima, y cuál es la insolación promedio en el lugar. Esta información puede obtenerse del explorador solar del ministerio de energía o bien del mapa meteorológico mundial.

En un sistema off-grid, se deberá considerar la insolación correspondiente al peor mes para el diseño del arreglo de paneles fotovoltaicos, de forma de asegurar que los requerimientos de la carga podrán ser cumplidos.

Una vez conocidos los datos anteriores y utilizando la cantidad de horas equivalentes a sol peak se puede determinar la energía que deberá proveer el arreglo de paneles solares y la corriente que estos deberán entregar diariamente.

$$w_{arreglo_PV} = \frac{w_{banco_baterías}}{\eta_{reguador\ de\ carga}} \ [J]$$

$$I_{arreglo} = \frac{w_{arreglo_PV}}{h_{sol_equivalente} * V_{mppt_{regulador_de_carga}}}$$

Donde, $h_{sol_equivalente}$ corresponde a las horas equivalentes de sol nominal que se tendrá en el lugar de instalación, y $V_{mppt_regulador}$ de carga es la tensión en donde el regulador de carga puede seguir el punto de máxima potencia. Este valor debe corresponder con el valor medio del rango de seguimiento del punto de máxima potencia que especifique el regulador de carga.

Ahora bien, el número de paneles en serie y paralelo que serán necesarios para construir el arreglo puede calcularse en función a las siguientes ecuaciones.

$$n_{paneles\ serie} = \frac{V_{mppt_{regulador_de_carga}}}{V_{mp_panel}}$$

$$n_{ramas_paralelo} = \frac{I_{arreglo}}{I_{mp_panel}}$$

donde, V_{mp_panel} y I_{mp_panel} corresponden a la tensión y corriente del panel que se vaya a utilizar.

Proyecto apoyado por

CORFO

Gobierno de Chile

gob.cl

Bienes Públicos Estratégicos para la Competitividad