
CAPÍTULO 6

Arreglo de celdas solares y carga de las baterías para obtener la fuente de alimentación de VCD del convertidor.

6.1 Introducción.

En este capítulo se define la corriente de corto circuito I_{cc} , voltaje a circuito abierto V_{oc} de una celda solar, se presenta las características de una celda solar comercial con sus gráficas y su tabla de voltajes corrientes y potencia a temperatura de 25°C , se dimensiona un arreglo de celdas comercial en serie paralelo para energizar el convertidor multinivel tratado en el capítulo 4, se presentan los métodos de carga de baterías para energizar el convertidor y por último se trata los reguladores de cargas en las baterías para garantizar un buen funcionamiento en su conexión con el convertidor.

6.2 Módulo fotovoltaico.

Una celda solar expuesta a la luz genera electricidad; es decir, en las terminales eléctricas externas del dispositivo aparece un voltaje que puede ser medido con un voltímetro.

Corriente a corto circuito I_{cc} : Es la máxima corriente generada por la módulo solar y se mide cuando se conecta un circuito exterior a la celda con resistencia nula. Su valor depende del área superficial y de la radiación luminosa.

Voltaje a circuito abierto V_{oc} : Es el voltaje máximo que genera una módulo solar. Este voltaje se mide cuando no existe un circuito externo conectado a la celda.

Las celdas se agrupan en lo que se denomina el módulo solar o fotovoltaico. Este conjunto de celdas deben estar convenientemente conectadas, de tal forma que reúnan las condiciones óptimas para su integración en sistemas de generación de energía, siendo compatibles con las necesidades y los equipos estándares existentes en el mercado. Las celdas se pueden conectar en serie o en paralelo.[30]

Comercialmente, las celdas solares se conectan en serie, se agrupan, se enlaminan y se empaquetan entre hojas de plástico y vidrio, formando la unidad del módulo solar. El módulo tiene un marco (usualmente de aluminio) que le da rigidez y facilidad en el manejo y transportación. Además,

en éste se encuentran las cajas de conexiones eléctricas para conectar el cableado exterior. El número de celdas que contienen los módulos depende de la aplicación para la que se necesita. Es costumbre configurar el número de celdas conectadas en serie para tener módulos que sirvan para cargar acumuladores (o baterías) de 12 volts. Se pueden encontrar generalmente módulos de 36 celdas conectadas en serie. Estos módulos proporcionan un voltaje de salida que sirve para cargar baterías a 12 volts, incluyendo las pérdidas de voltaje en los circuitos eléctricos así como en los sistemas de control y manejo de energía.

El comportamiento eléctrico de los módulos está dado por las curvas de corriente contra voltaje (**curva IV**) o potencia contra voltaje (**curva PV**) que los caracteriza. La curva de potencia se genera multiplicando la corriente y el voltaje en cada punto de la curva IV. La Fig.6.1 muestran curvas IV y PV para un módulo fotovoltaico típico. Bajo condiciones estándares de prueba (irradiancia de 1kW/m^2 y temperatura de celda de $25\text{ }^\circ\text{C}$), cada modelo de módulo tiene una curva IV (o PV) característica. En la curva de potencia contra voltaje, la **potencia máxima** (P_p) es la capacidad nominal o tamaño del módulo. La corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia (I_p y V_p) corresponden a la **corriente nominal** y **voltaje nominal** del módulo, respectivamente. Otros parámetros de importancia son la **corriente de corto circuito** (I_{cc}) y el **voltaje de circuito abierto** (V_{ca}). Es importante notar que cuando el módulo opera lejos del punto de máxima potencia, la potencia entregada se reduce significativamente. La potencia máxima o tamaño de los módulos comerciales varía entre 25 y 300 Watts. El voltaje nominal de la mayoría de los módulos fluctúa entre los 16 y 17.5 voltios. Cada módulos tiene en su parte posterior una placa del fabricante con el modelo y las especificaciones eléctricas. Por ejemplo, la placa en la parte posterior del módulo de la Fig.6.1, se muestra en tabla 6.1 [29].

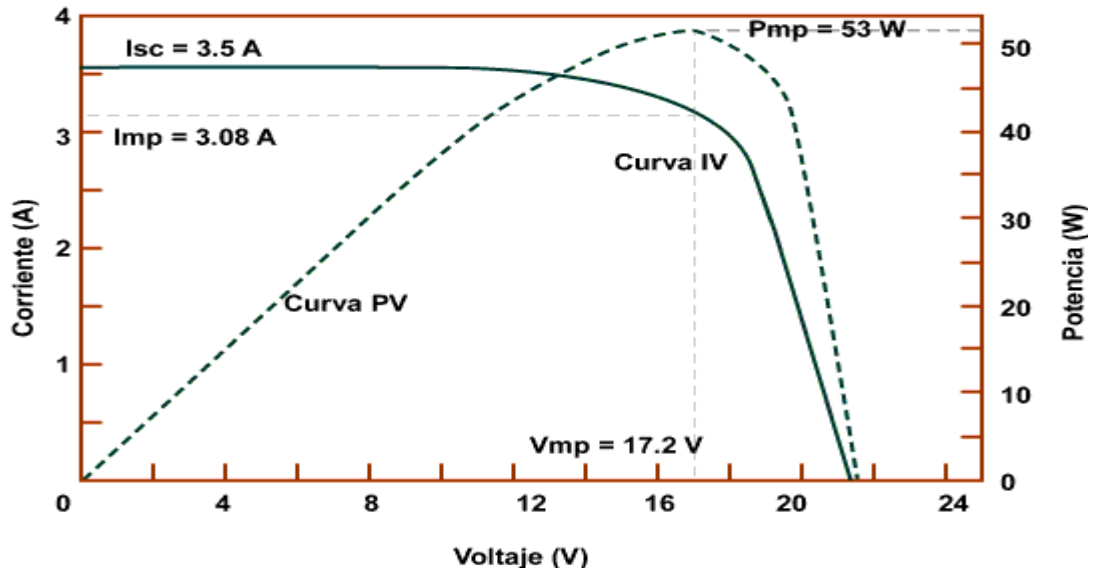


Fig.6.1. Curva IV y PV para un módulo fotovoltaico típico a $1,000 \text{ W/m}^2$ y $25 \text{ }^\circ\text{C}$. [29]

Modelo	VLX-53
P_p	53 W
V_p	17.2 V
I_p	3.08 A
V_{ca}	21.5 V
I_{cc}	3.5 A
Condiciones	1000 W/m^2 $25 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabla 6.1. Placa del fabricante de un módulo Solarex VLX-53.

El funcionamiento del módulo fotovoltaico se ve afectado por la intensidad de la radiación y de la temperatura. La Fig.6.2 muestra el comportamiento de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de la radiación solar. Se presenta un aumento proporcional de la corriente producida con el aumento de la intensidad. También se debe observar que el voltaje a circuito abierto V_{co} , no cambia lo cual demuestra su estabilidad frente a los cambios de iluminación.

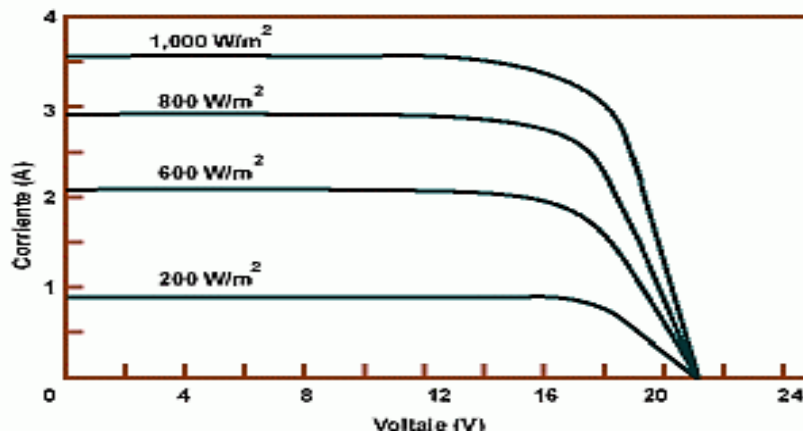


Fig.6.2. Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes intensidades de radiación. (25°C). [29]

En la Fig.6.3 se muestra el efecto que produce la temperatura sobre la producción de corriente en el módulo. Esta vez, el efecto se manifiesta en el voltaje del módulo. La potencia nominal se reduce aproximadamente 0.5% por cada grado centígrado por encima de 25 °C [29].

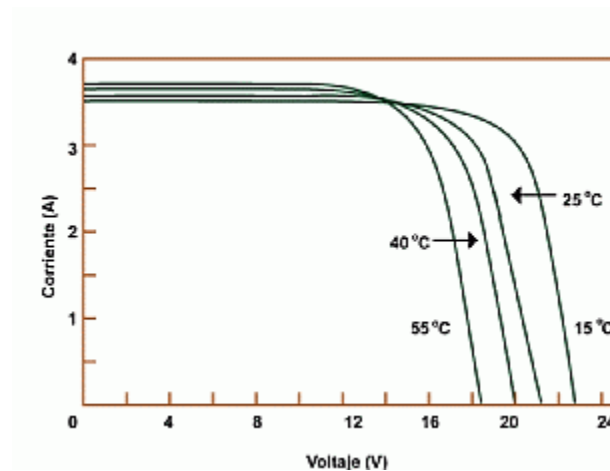


Fig.6.3. Dependencia de la corriente producida en función del voltaje para diferentes temperaturas de operación (irradiancia constante 1,000W/m²). [29][30]

El módulo FV es el componente más confiable del sistema. Es la calidad de la instalación, especialmente de las interconexiones entre los módulos, la que determina la confiabilidad del arreglo FV en su conjunto. Finalmente, la potencia nominal del arreglo es la suma de la potencia nominal de cada módulo.

6.3 Arreglos fotovoltaicos.

Un arreglo FV es un conjunto de módulos conectados eléctricamente en serie o paralelo. Las características eléctricas del arreglo son análogas a la de módulos individuales, con la potencia, corriente y voltaje modificados de acuerdo al número de módulos conectados en serie y en paralelo.

Para Incrementar el voltaje: Los módulos solares se conectan en serie para obtener voltajes de salida mas grandes fig.6.4. El voltaje de salida, V_s , de módulos conectados en serie esta dado por la suma de los voltajes generados por cada módulo.

$$V = V1 + V2 + V3 + ..$$

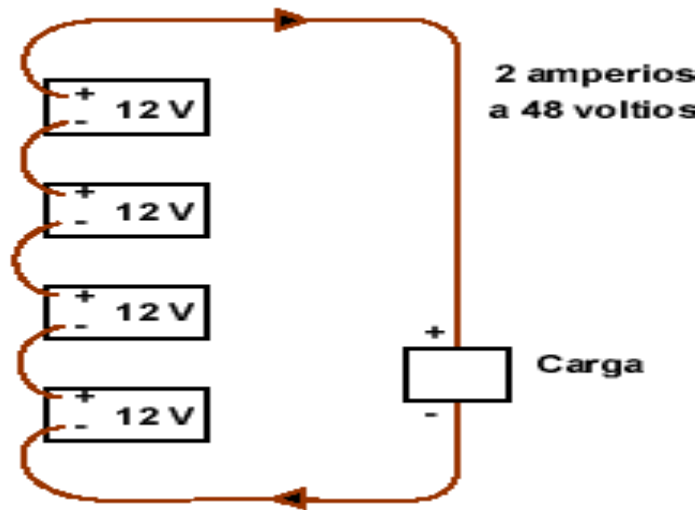


Fig.6.4. Conexión en serie de un sistema fotovoltaico.

Para Incrementar la corriente: Los módulos solares o paneles se conectan en paralelo para obtener corrientes generadas mas grandes fig.6.5. El voltaje del conjunto es el mismo que el de un módulo (o un panel); pero la corriente de salida, I_T , es la suma de cada unidad conectada en paralelo.

$$I_T = I1 + I2 + I3 + ..$$

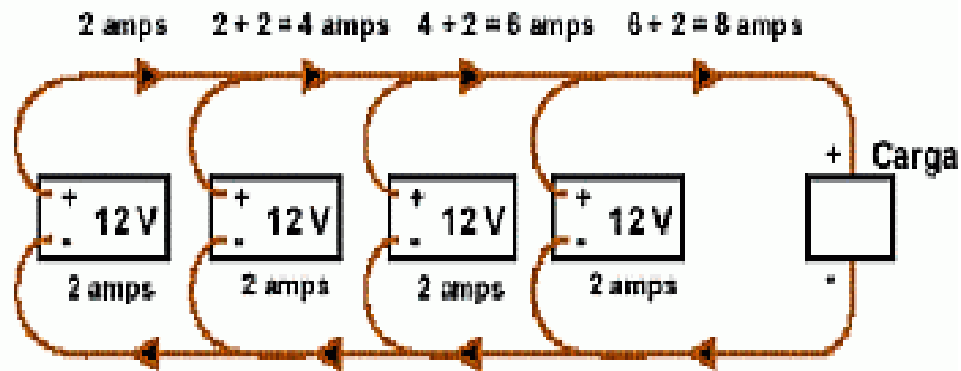


Fig.6.5. Conexión en paralelo de celdas solares.

Para evitar el flujo de corriente en la dirección opuesta se utilizan diodos de bloqueo. Los diodos de paso, proporcionan un camino de alivio para evitar que circule corriente por un panel o un módulo sombreado (sombra de nubes o de objetos). Un módulo sombreado no genera energía, por lo cual, los demás módulos lo verán como un punto de resistencia. En consecuencia, fluirá corriente hacia él convirtiéndose en un punto caliente del arreglo. Aumentará su temperatura y se degradará aceleradamente.

En la Fig.6.6. se muestra un ejemplo de módulos conectados en serie y en paralelo. En ella también se muestra la posición de los diodos de paso y el diodo de bloqueo. Este último debe ser calculado tomando en consideración la máxima corriente que generará el arreglo fotovoltaico en condiciones de corto circuito. La norma internacional dice que el valor de la corriente que soporta el diodo debe ser por lo menos 1.56 veces el valor de la corriente de corto circuito del arreglo.[29]

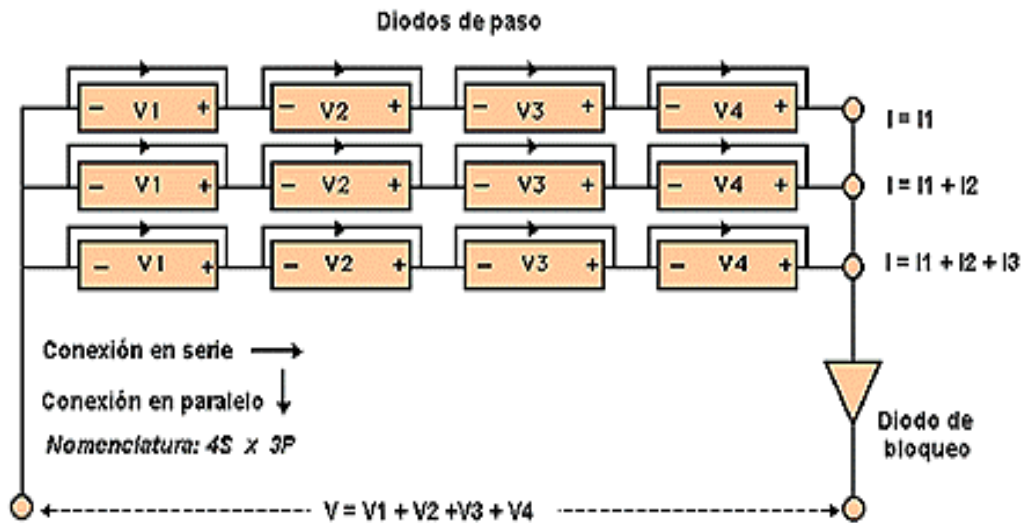


Fig.6.6. Conexión de módulos fotovoltaicos.

Para el caso propuesto en el capítulo 4 se requiere lo siguiente:

Un total de 42 módulos FV como el de la tabla 6.1, que se interconectan como se mencionó en la sección anterior para energizar el convertidor multinivel de 3 niveles con diodo anclado al neutro. El arreglo consta de 2 hileras en paralelo, con 21 módulos en serie cada una. La curva IV Y PV que describe el comportamiento del arreglo tiene las mismas características mostrada en la fig.6.1, pero con los siguientes parámetros:

$$I_p = 3.08 \times 2 = 6.16 \text{ (A)}, \quad V_p = 17.2 \times 21 = 361.2 \text{ (V)}$$

$$P_p = 53 \times 42 = 2,226 \text{ (W)} = 2.226 \text{ Kw.}$$

Es recomendable que toda instalación solar fotovoltaica disponga de un banco de baterías para garantizar el suministro de energía cuando no hay radiación solar, asegurar la tensión del convertidor y proveer de energía a la carga cuando se presentan días con bajo nivel de radiación solar.

6.4 Sistemas de carga en la batería.

La carga en la batería debe de realizarse en forma continua. El método de carga debe adaptarse a la aplicación y su importancia es decisiva en la vida útil de la batería el

objetivo del sistema de carga ha de ser el de conseguir un método rápido de carga eficiente y que no produzca daños en la batería. Los principales parámetros de la carga vienen definidos por el equipo de carga utilizado y son principalmente:

- Corriente de carga.
- Voltaje de carga.
- Tiempo de carga.

Los métodos de carga pueden clasificarse en función de la variación en tiempo del voltaje y la corriente. La duración de la carga es un factor a tener en cuenta a la hora de elegir el sistema óptimo de carga para cada aplicación.

Los métodos de carga mas ampliamente utilizados son:

- Carga a voltaje constante.
- Carga a corriente constante.
- Carga a corriente y voltaje constante.
- Carga con voltaje creciente.

6.5 Reguladores para la carga de batería.

Para la preservar la vida de las baterías, hay que evitar las situaciones de sobrecarga y descarga profunda. En el caso de baterías de plomo-ácido, el voltaje y el estado de carga están directamente relacionados, por lo que la medida de la tensión en los bornes de acumulador proporciona una buena indicación sobre si la batería está trabajando o no con un régimen de carga adecuado.

La situación de sobrecarga corresponde a un voltaje excesivamente elevado. Para evitarla se introduce un dispositivo electrónico denominado regulador que de acuerdo donde se ubiquen son:[30]

- Regulador paralelo. Se encarga de disipar el exceso de potencia generado por los módulos solares.
- Regulador serie. Desconecta la batería del generador solar.

El regulador serie se presenta en la fig.6.7. se utiliza con potencias elevadas, ya que es más cómodo desconectar la batería del generador mediante un

interruptor accionado según el ciclo de histéresis representado en la gráfica de la fig.6.7. [30]. El valor recomendado para V_{sc} es de 2.45 volts por elemento de batería, a 25°C , y corregirse a razón de $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

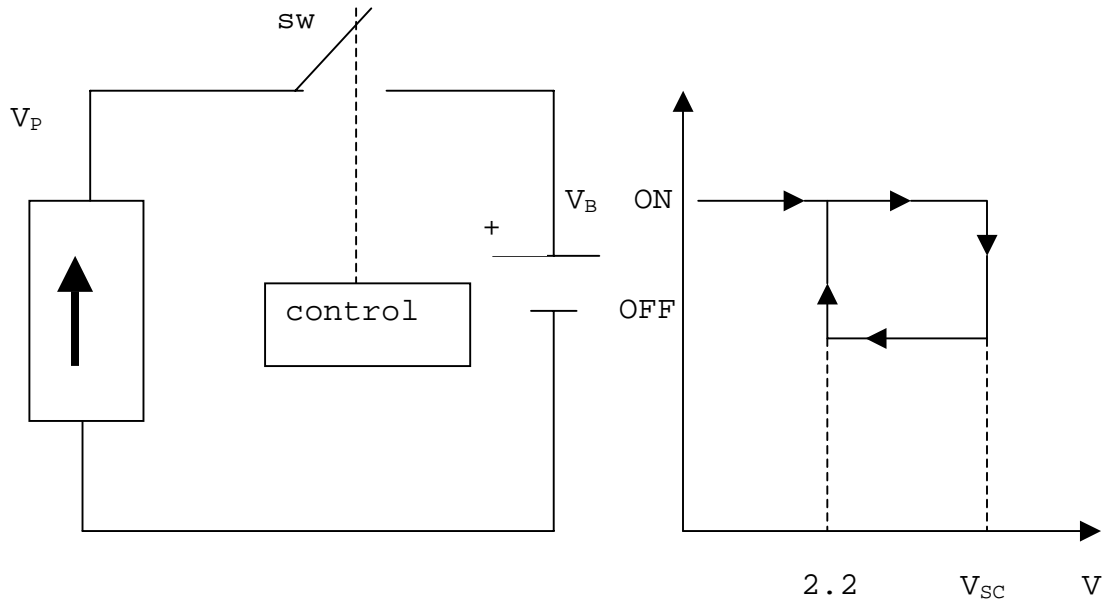


Fig.6.7.Regulador serie y ciclo de histéresis.[30]

El regulador paralelo se utiliza en generadores fotovoltaicos de pequeña potencia ($I_{\text{carga}} < 10 \text{ A}$) que es el caso tratado en el capítulo 4, y consiste en conectar un transistor en paralelo con el generador fotovoltaico (V_p), como se muestra en la fig.6.8. El control del transistor debe conseguir que este conduzca o no, según que el voltaje de la batería sea superior o inferior a un cierto valor umbral, V_{sc} .

La fig.6.8. representa esta situación para la eventualidad de una corriente de carga constante. Para evitar la sobrecarga y permitir al mismo tiempo los beneficios de la gasificación, esta recomendado un valor de $V_{sc} = 2.35 \text{ Volts}$ por cada elemento de batería a 25°C [30]. A otras temperaturas, este valor debe corregirse a razón de $-5\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

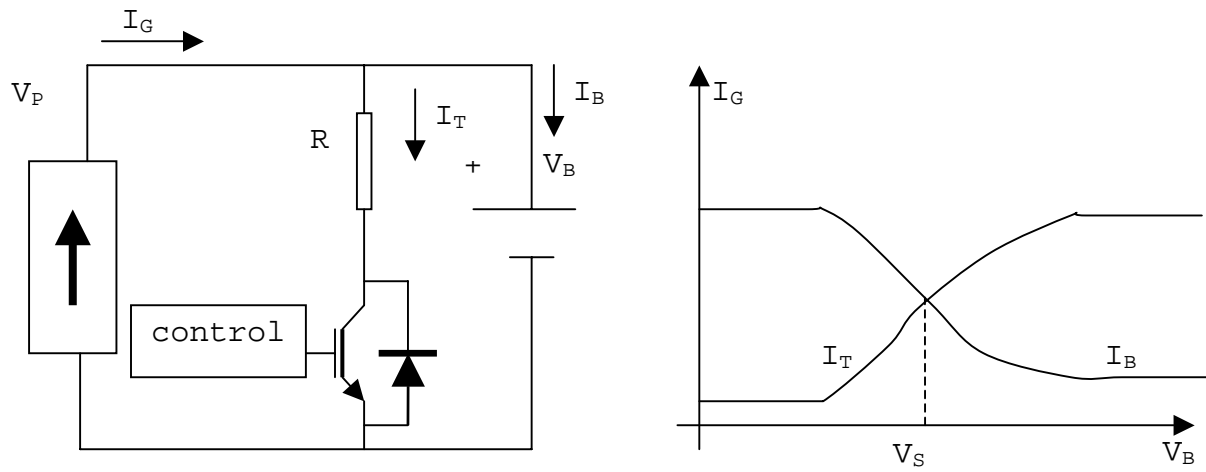


Fig.6.8.Regulador paralelo para generador fotovoltaico.[30]

En la fig.6.8 V_P es la celda solar, V_B es la batería.