

REGULADORES DE CARGA SOLAR

¿Cgé dVg'SvadVMSdS VLaYVd PWM o MPPT?

1. Introducción

Los reguladores de carga PWM y MPPT son ambos ampliamente utilizados para cargar las baterías con energía solar.

El regulador PWM es, en esencia, un interruptor que conecta los paneles solares a la batería. El resultado es que la tensión de dichos paneles descenderá a valores cercanos de la tensión de la batería.

El regulador MPPT es más sofisticado (y más caro): ajusta su voltaje de entrada para conseguir la máxima potencia del panel solar y luego transformar esta energía para suministrar un voltaje variable requerido por la batería, así como para la carga. Por tanto, básicamente se desacoplan los voltajes del panel y de la batería de modo que no puede haber, por ejemplo, una batería de 12 voltios en un lado del regulador de carga MPPT y los paneles conectados en serie para producir 36 voltios en el otro.

Se acepta generalmente que MPPT superará PWM en climas templados-fríos mientras que ambos reguladores mostrarán aproximadamente el mismo rendimiento en un clima tropical-subtropical.

En este documento se analiza en detalle el efecto de la temperatura, y se muestra una comparación de rendimiento cuantitativo entre las dos topologías de regulador.

2. La curva de intensidad-voltaje y la de potencia-voltaje de un panel solar

Los ejemplos de las siguientes páginas están basados en paneles solares monocristalinos de 36 células de media 100 W con las siguientes especificaciones:

Panel 100W

Células 36

Pm	100 W	Coef. Temp. PM	γ	-0,45 %/°C
Vm	18 V	Coef. Temp. VM	ϵ	-0,47 %/°C
Im	5,56 A	Coef. Temp. IM	δ	0,02 %/°C
Voc	21,6 V	Coef. Temp. Voc	β	-0,35 %/°C
Isc	6,12 A	Coef. Temp. Isc	α	0,05 %/°C

Tabla 1: Especificaciones del panel solar usado en los ejemplos que siguen
La curva de intensidad de voltaje del panel se muestra en la figura 1

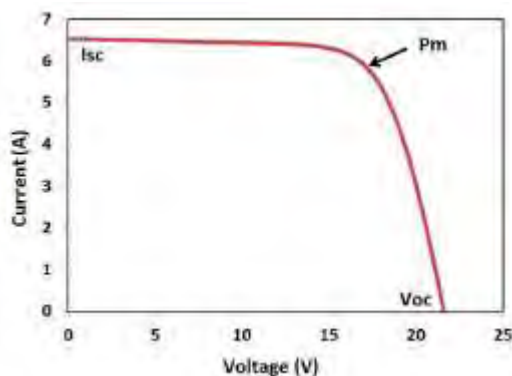


Fig 1: Curva de intensidad-voltaje de un panel solar de 100 W / 36 células

Standard Test Conditions (STC): temperatura de la célula: 25°C, irradiación: 1000 W/m², AM: 1,5

De esta curva básica, la curva de potencia-voltaje puede derivarse confrontando $P = V \times I$ contra V . El resultado es la curva azul de la siguiente figura 2.

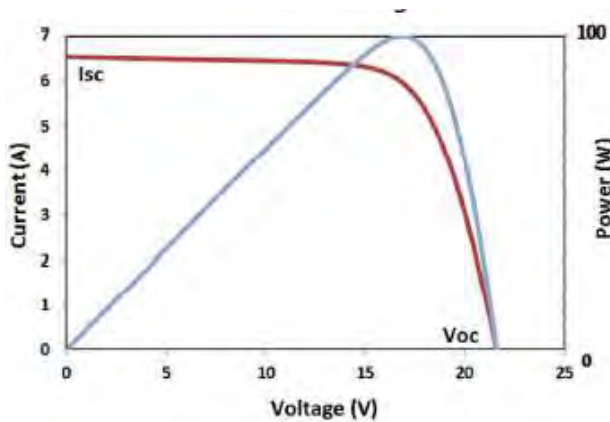


Fig 2: Curva intensidad-voltaje (marrón) y curva potencia-voltaje (azul, $P = V \times I$)

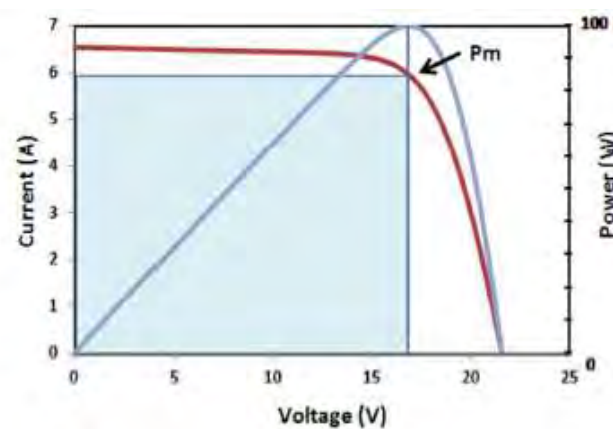


Fig. 3: La superficie del rectángulo azul es proporcional a la del producto $P_m = V_m \times I_m$

Obviamente, la potencia obtenida desde el panel es cero cuando está cortocircuitado ($0 \times I_{sc} = 0$) o cuando no se percibe intensidad desde el panel ($V_{oc} \times 0 = 0$).

Entre estos dos puntos de referencia cero de energía, el producto $P = V \times I$ alcanza un máximo: el Punto de Máxima Potencia ($P_m = V_m \times I_m$).

La importancia del punto de máxima potencia se puede visualizar de la siguiente manera: El producto $V_m \times I_m$ es proporcional a la superficie del rectángulo mostrado en la figura 3. P_m se alcanza cuando la superficie de este rectángulo está en su zona más elevada. Las figuras 4 y 5 muestran dos resultados menos óptimos obtenidos cuando la energía se obtiene a un voltaje que es demasiado bajo o demasiado alto.

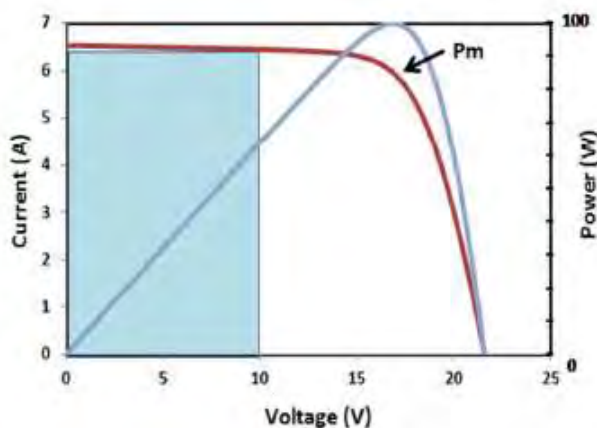


Fig 4: Obtención de menos potencia: el voltaje es demasiado bajo

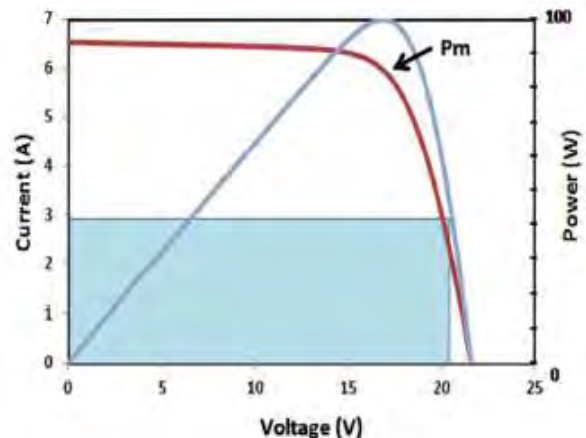


Fig 5: Obtención de menos potencia: el voltaje es demasiado alto

La potencia máxima de un panel solar W 100 es, por definición, 100 W en STC (temperatura de célula: 25 °C, irradiación: 1.000 W / m², AM: 1,5).

Como puede parecer a partir de la figura 3, en el caso de un panel de 100 W / 36 células cristalinas, el voltaje correspondiente al punto de máxima potencia es $V_m = 18 \text{ V}$ y la intensidad es $I_m = 5,56 \text{ A}$. Por lo tanto, $18 \text{ V} \times 5,56 \text{ A} = 100 \text{ W}$.

REGULADORES DE CARGA SOLAR

Conclusión:

Con el fin de obtener el máximo rendimiento de un panel solar, un regulador de carga debe ser capaz de elegir el punto óptimo de intensidad versus voltaje de la curva intensidad-voltaje: el punto de máxima potencia. Un regulador MPPT hace justo eso.

El voltaje de entrada de un regulador PWM es, en principio, igual a la tensión de la batería conectada a su salida (más pérdidas de tensión en cableado y controlador). El panel, por tanto, no se usa en su punto de máxima potencia, en la mayoría de los casos.

3. El regulador de carga MPPT

Como se muestra en la figura 6, la tensión V_m correspondiente al punto de máxima potencia se puede encontrar al trazar una línea vertical a través de la parte superior de la curva de potencia-voltaje y la intensidad I_m se encuentra dibujando una línea horizontal a través de la intersección de la línea V_m y la curva intensidad-voltaje. Estos valores deben ser iguales a los valores indicados en la tabla 1.

En este ejemplo $P_m = 100 \text{ W}$, $V_m = 18 \text{ V}$ y $I_m = 5,56 \text{ A}$.

Con su microprocesador y un sofisticado software, el regulador MPPT detectará el Punto de Máxima Potencia P_m y, en nuestro ejemplo, ajustará el voltaje de salida del panel solar en $V_m = 18 \text{ V}$ y sacará $I_m = 5,56 \text{ A}$ del panel.

¿Qué pasa después?

El regulador de carga MPPT es un regulador DC/DC que puede transformar la potencia de una tensión superior a potencia de voltaje menor. La cantidad de potencia no cambia (con excepción de una pequeña pérdida en el proceso de transformación). Por lo tanto, si la tensión de salida es menor que la tensión de entrada, la intensidad de salida será mayor que la intensidad de entrada, de modo que el producto $P = V \times I$ permanece constante.

Al cargar una batería en $V_{bat} = 13 \text{ V}$, la intensidad de salida será, pues, $I_{bat} = 100 \text{ W} / 13 \text{ V} = 7,7 \text{ A}$.

Del mismo modo, un transformador de alterna puede suministrar una carga de $4,4 \text{ A}$ a 23 Vca ($4,4 \times 23 = 100 \text{ W}$) y, por tanto, consumir $0,44 \text{ A}$ de la red de 230 V ($230 \times 0,44 = 100 \text{ W}$).

Red 230V ($230 \times 0,44 = 100 \text{ W}$)

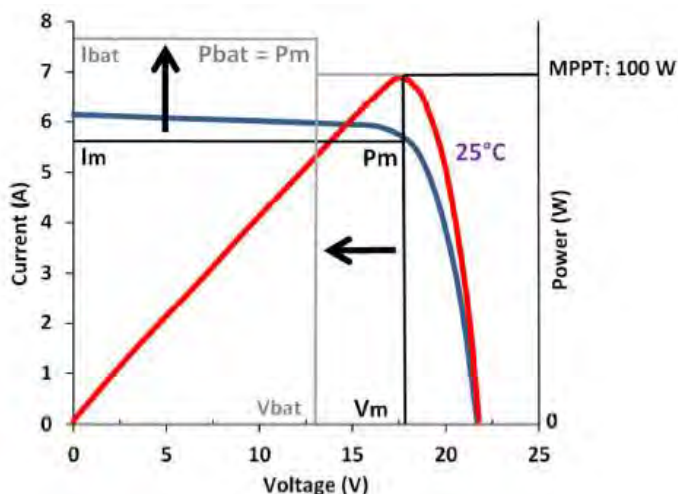


Fig 6: regulador MPPT, representación gráfica de la conversión DC/DC

$P_m = V_m \times I_m = 18 \text{ V} \times 5,6 \text{ A} = 100 \text{ W}$, y

$P_{BAT} = V_{bat} \times I_{bat} = 13 \text{ V} \times 7,7 \text{ A} = 100 \text{ W}$

4. El regulador de carga PWM

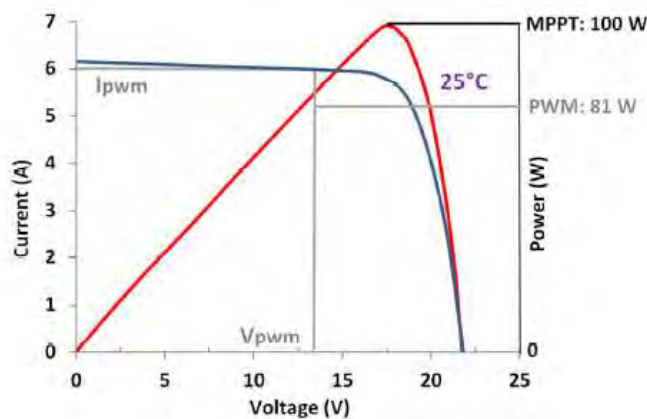


Fig 7: Regulador de carga PWM

En este caso, la tensión de carga impuesta sobre el panel solar se puede encontrar al trazar una línea vertical en el punto igual a $V_{bat} + 0,5 V$. Estos 0,5 V adicionales representan la pérdida de tensión en el cableado y el regulador. La intersección de esta línea con la curva intensidad-voltaje muestra la intensidad $I_{PWM} = I_{bat}$.

Un regulador PWM no es un convertidor de DC a DC. El regulador PWM es un interruptor que conecta el panel solar a la batería. Cuando este interruptor está cerrado, el panel y la batería estarán casi a la misma tensión. Suponiendo una batería descargada, la tensión de carga inicial será de alrededor de 13 V, y suponiendo una pérdida de tensión de 0,5 V por el cableado y el regulador, el panel estará a $V_{pwm} = 13,5 V$. La tensión aumentará lentamente con el aumento de estado de carga de la batería. Cuando se alcanza la tensión de absorción, el regulador PWM empezará a desconectar y volver a conectar el panel para prevenir una sobrecarga (de ahí el nombre: regulador “**P**ulse **W**idth **M**odulated”).

La Figura 7 muestra que en nuestro ejemplo, con $V_{bat} = 13 V$ y $V_{pwm} = V_{bat} + 0,5 V = 13,5 V$, la potencia obtenida desde el panel es $V_{pwm} \times I_{PWM} = 13,5 V \times 6 A = 81 W$, que es un 19% menos que los 100 W obtenidos con el regulador MPPT.

Claramente, a 25 °C un regulador MPPT es preferible a un regulador PWM.

La temperatura, sin embargo, tiene un fuerte efecto sobre la tensión de salida del panel solar. Este efecto se discute en la siguiente sección.

REGULADORES DE CARGA SOLAR

5. El efecto de la temperatura

5.1 El efecto de la temperatura es demasiado grande como para no considerarlo

Cuando un panel se calienta debido a la luz solar, tanto la tensión en circuito abierto como la tensión del punto de máxima potencia se vuelven más bajas. La intensidad sin embargo permanece prácticamente constante. En otras palabras: la curva intensidad-voltaje se mueve hacia la izquierda con el aumento de la temperatura tal y como se muestra en la figura 8.

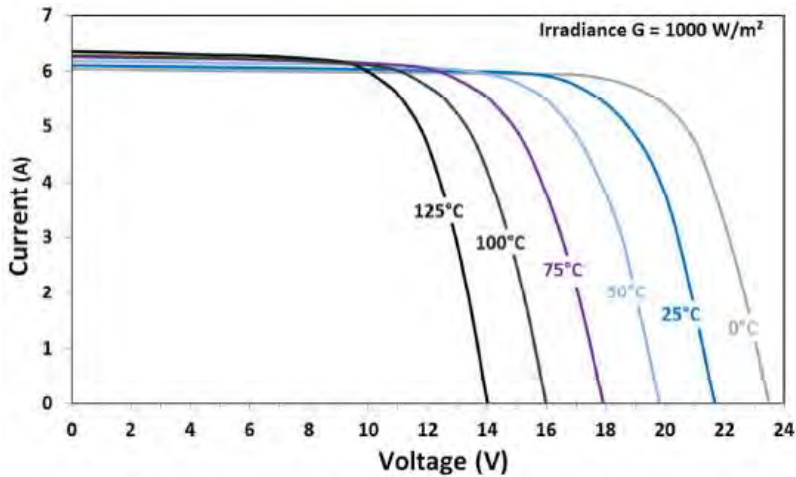


Fig 8: La curva intensidad-voltaje se mueve hacia la izquierda a medida que aumenta la temperatura

Obviamente, como se muestra en la siguiente figura 9, el punto de máxima potencia también se mueve hacia la izquierda, y hacia abajo porque el producto $V_m \times I_m$ disminuye al aumentar la temperatura.

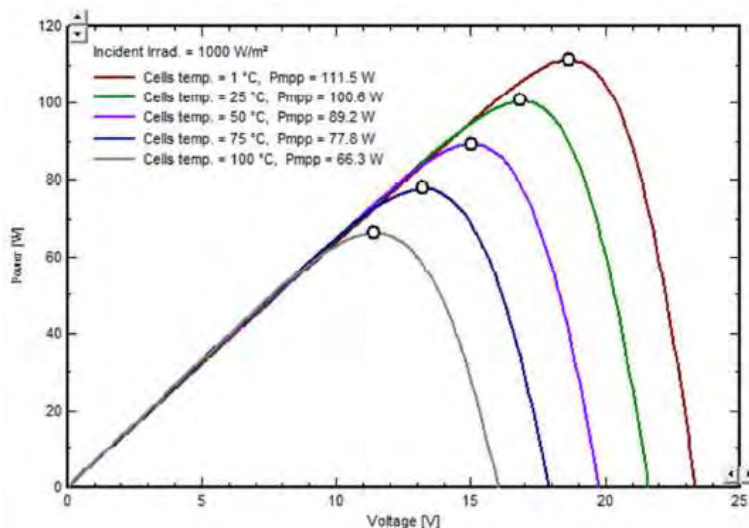


Fig 9: El punto de máxima potencia se mueve a la izquierda y hacia abajo al aumentar la temperatura

5.2. El regulador MPPT cuando la temperatura de la célula es de 75°C

Potencia MPPT, intensidad y tensión se pueden deducir de la siguiente manera a partir de la especificación del panel solar:

$$P_m(75^\circ\text{C}) = P_m(25^\circ\text{C}) \times (1 + (75^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C}) \times \gamma) = 100 \times (1 + (50 \times -0,45 / 100)) = 77,5 \text{ W}$$

y, siguiendo el mismo método:

$$I_m(75^\circ\text{C}) = 5,6 \text{ A}$$

$$V_m(75^\circ\text{C}) = 13,8 \text{ V}$$

$$\text{Y verificando: } I_m(75^\circ\text{C}) \times V_m(75^\circ\text{C}) = 5,6 \times 13,8 = 77,3 \text{ W.}$$

Ésta es una diferencia de 0,2 W en comparación con el $P_m(75^\circ\text{C})$, según lo calculado anteriormente, así que esto es lo bastante similar y se correlaciona.

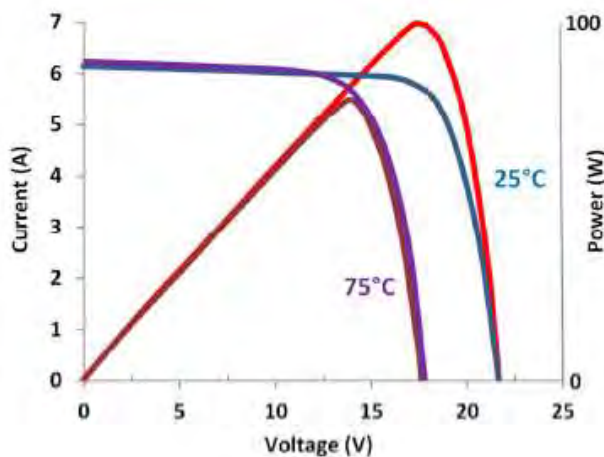


Fig 10: Curvas de intensidad-voltaje y potencia-voltaje a 25°C y 75°C

Nota:

La mayoría de los fabricantes de paneles no especifican los coeficientes de temperatura de I_m (δ) y V_m (ϵ), y si lo dan ϵ se muestra a menudo un valor que es, de lejos, demasiado bajo. El resultado es que el cálculo de V_m con la ayuda de su coeficiente de temperatura da un valor incorrecto (que es demasiado optimista en la mayoría de los casos) y $I_m \times V_m$ también estará mal, es decir, $I_m \times V_m \neq P_m$ que es matemáticamente imposible.

REGULADORES DE CARGA SOLAR

5.3 El regulador PWM cuando la temperatura de la célula es de 75°C

Aún suponiendo una tensión de batería de 13 V, la tensión impuesta en el panel será 13,5 V. Con la ayuda de la figura 11 la intensidad PWM se puede encontrar trazando la línea de tensión vertical y la línea de intensidad horizontal. La intensidad PWM resultante es de 5,95 A y la salida del panel solar es $13,5 \text{ V} \times 5,7 \text{ A} = 77 \text{ W}$.

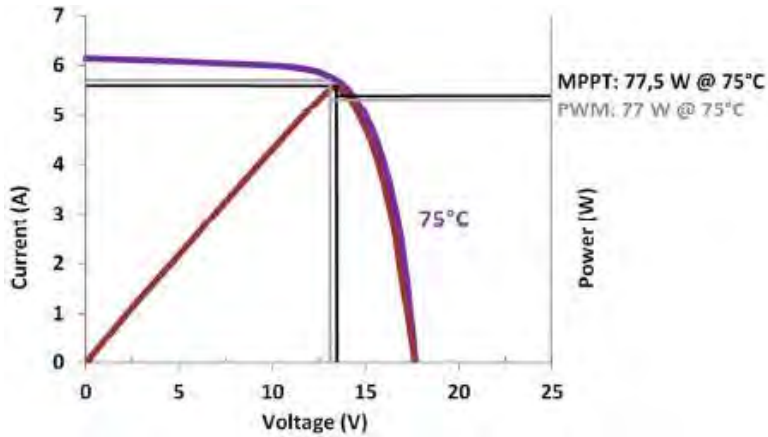


Fig 11: Comparativa del rendimiento del MPPT y PWM con el panel a 75°C

Líneas negras: MPPT (77,5 W).

Líneas grises: PWM (77 W). Ventaja en rendimiento del MPPT: nula

Conclusión: en $T_{\text{cell}} = 75^\circ \text{C}$ y $V_{\text{bat}} = 13 \text{ V}$ la diferencia de rendimiento entre los dos controladores es insignificante.

5.4 Temperatura de las células a 100°C

Es interesante ver qué pasa incluso a temperaturas superiores. La figura 12 muestra qué sucede a 100°C.

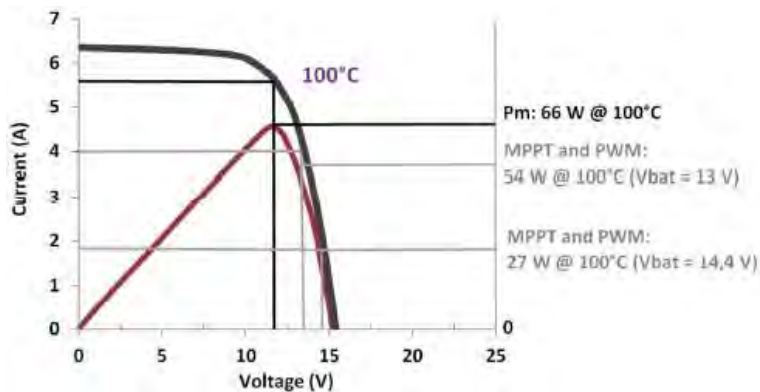


Fig 12: A 100°C la tensión del punto de máxima potencia es de 11,7 V

La mayoría de los reguladores MPPT no pueden transformar una tensión inferior a un voltaje más alto, no es para lo que se han hecho. Si la tensión V_m MPPT se hace menor que V_{bat} , operará como un controlador PWM, que conecta el panel directamente a la batería.

Como se muestra en la figura 11: si $V_{\text{bat}} = 13 \text{ V}$, la intensidad obtenida desde el panel se limitará a 4 A.

Y la situación empeora con el aumento de voltaje de la batería (o aumento de la temperatura): la intensidad de carga se reduce rápidamente a sólo unos pocos amperios.

Sin embargo, si el controlador MPPT puede seguir operando en el punto de máxima potencia en esta situación, podría obtener 66 W, sea V_{bat} bajo o alto.

6. La solución

Es evidente que, en nuestro ejemplo, los dos reguladores MPPT y PWM no rinden cuando las temperaturas son altas.

La solución para mejorar el rendimiento del controlador MPPT cuando las temperaturas son altas es aumentar la tensión del panel mediante el aumento de número de células en serie.

Obviamente, esta solución no es aplicable a reguladores PWM: aumentar el número de células en serie reducirá el rendimiento a baja temperatura.

En el caso del controlador MPPT: sustituir el panel de 12 V / 100 W por un panel de 24 V / 100 W o por dos paneles 12 V / 50 W paneles en serie. Esto duplicará la tensión de salida y el controlador MPPT cargará una batería de 12 V con 66 W (5,1 A @ 13 V), a 100 ° C de temperatura de célula, ver figura 13.

Una ventaja adicional: como la tensión del panel se ha duplicado, la intensidad del panel se reduce a la mitad ($P = V \times I$ y P no ha cambiado, pero V se ha duplicado).

La ley de Ohm nos dice que las pérdidas debidas a la resistencia del cable son P_c (vatios) = $R_c \times I^2$, donde R_c es la resistencia del cable. **Lo que esta fórmula muestra es que para una pérdida de cable dado, la sección transversal del cable puede ser reducida por un factor de cuatro al duplicar el voltaje de los paneles solares.**

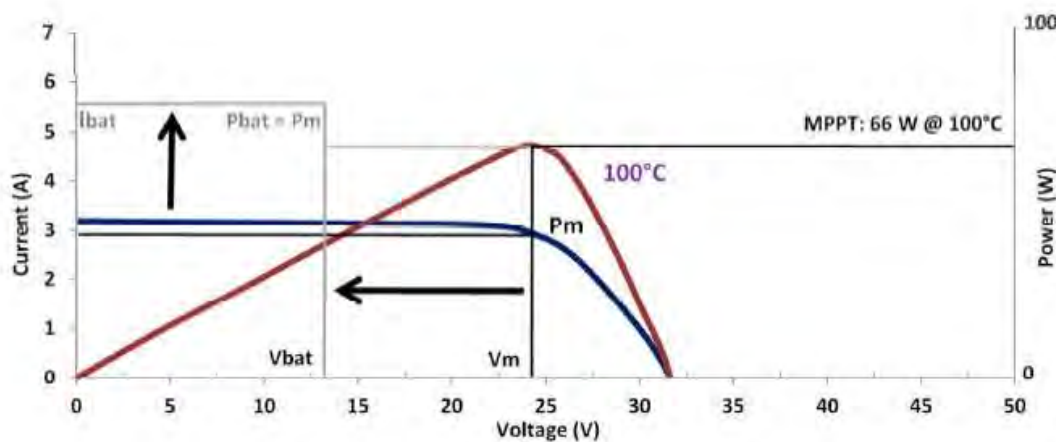


Fig 13: Dos paneles 12 V / 50 W en serie en lugar de un panel 12 V / 100 W

$$P_m = V_m \times I_m = 23,4 \text{ V} \times 2,8 \text{ A} = 66 \text{ W and}$$

$$P_{bat} = V_{bat} \times I_{bat} = 13 \text{ V} \times 5,1 \text{ A} = 66 \text{ W}$$

Conclusión:

Quando se utiliza un regulador de carga MPPT hay dos razones de peso para aumentar el voltaje PV (mediante el aumento del número de células en serie):

- Se obtiene la máxima energía de los paneles solares, incluso a alta temperatura de la célula.
- Se disminuye la sección del cableado y, por tanto, los costes.

REGULADORES DE CARGA SOLAR

7. Gráficos de rendimiento relativo

7.1 Rendimiento relativo como función de temperatura

Supongamos ahora que el controlador MPPT está conectado a un panel solar con suficientes células en serie para alcanzar una tensión de MPPT varios voltios mayor que la tensión más alta de la batería.

Por ejemplo:

12 V de la batería: 72 células (un panel de 24 V) o más

24 V de la batería: 108 células (un panel de 36 V) o más

48 V de la batería: 216 células (un panel de 72 V) o más

El regulador PWM está conectado a un panel solar de exactamente la misma potencia W_p , con el número habitual de células en serie y se utiliza para cargar una batería de 12 V, 24 V o 48 V: 36, 72 o 144 células respectivamente.

El rendimiento relativo de los dos reguladores como función de la temperatura de la célula se puede comparar como se muestra en la figura 14.

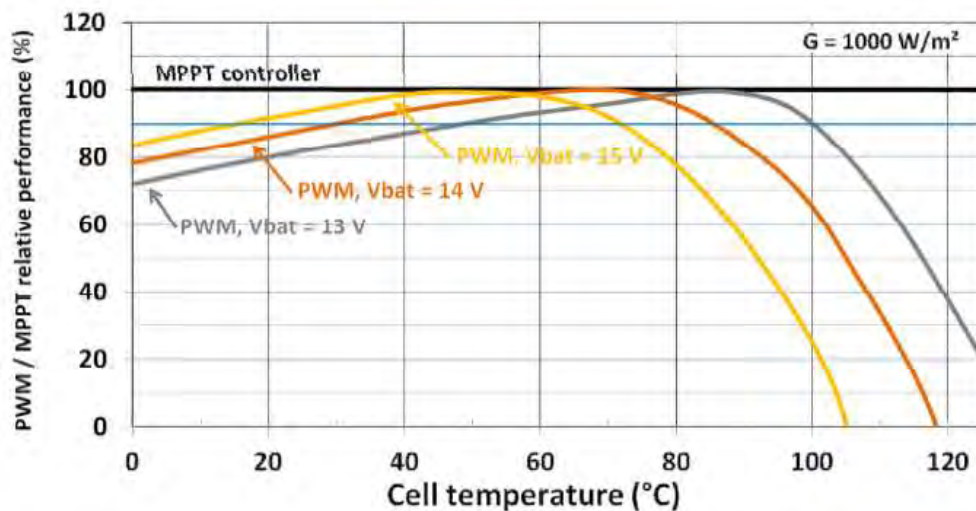


Fig 14: Comparación de rendimiento PWM / MPPT relativo como función de temperatura de la célula y el voltaje de la batería bajo STC y suponiendo 0,5 V de pérdida en el cableado más regulador.

El rendimiento del regulador MPPT se ha fijado en el 100%. El rendimiento del PWM coincidirá con el rendimiento del MPPT (rendimiento relativo 100%) cuando el voltaje de la batería más las pérdidas en el cableado y el controlador pase a ser igual a la tensión del MPPT. Tres curvas de rendimiento relativo PWM se muestran basadas en tres diferentes voltajes de la batería, y, como se esperaba, el punto 100% se consigue a temperaturas más bajas cuando aumenta la tensión de la batería.

7.2 Rendimiento absoluto como función de la temperatura

Introducimos la dependencia de la temperatura de los resultados Pm en la siguiente figura 15.

El rendimiento del regulador MPPT se ha fijado en el 100% a 25°C usando STC.

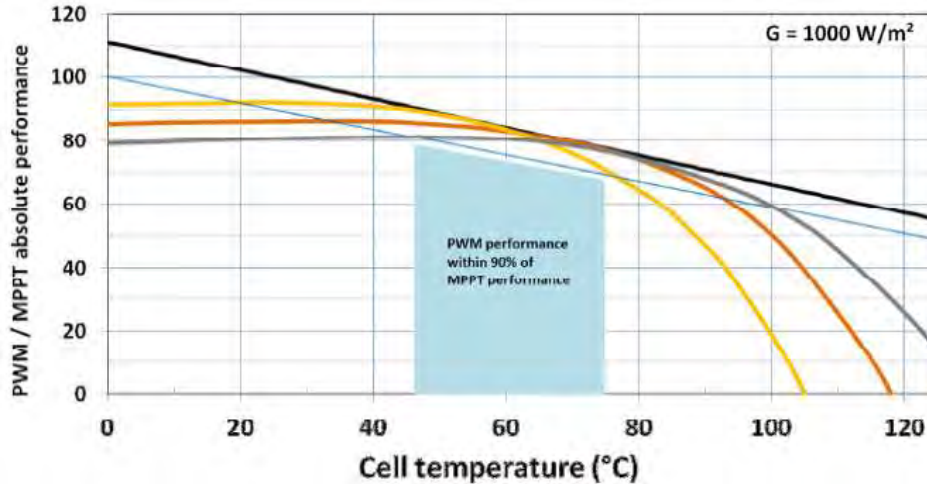


Fig 15: Comparación de rendimiento PWM / MPPT absoluto como función de la temperatura de la célula y el voltaje de la batería bajo STC y suponiendo una pérdida de 0,5 V en el cableado más regulador.

El área azul muestra que un regulador PWM rinde casi tan bien (a menos de 10%) como un regulador MPPT en un relativamente amplio voltaje de carga de la batería (13 V a 15 V) y temperatura (45 °C y 75 °C).

El límite del 10% se observa en la delgada línea azul de las figuras 14 y 15.

Antes de sacar conclusiones hay que considerar algunos otros parámetros de la célula solar y del sistema.

7.3 La influencia de la irradiación

La salida de un panel solar es aproximadamente proporcional a la irradiación, pero su V_m permanece casi constante mientras la irradiación excede los 200 W / m^2 . Así, la irradiación no influye sustancialmente en la relación del ratio de rendimiento PWM / MPPT, siempre y cuando la irradiación supere los 200 W / m^2 (véase el gráfico 16).

Pero a baja irradiación (cielo nublado, invierno) el valor V_m cae rápidamente y un regulador MPPT conectado a unos paneles solares con una tensión nominal mucho más alta que el de la batería, rendirá mucho mejor que un regulador PWM.

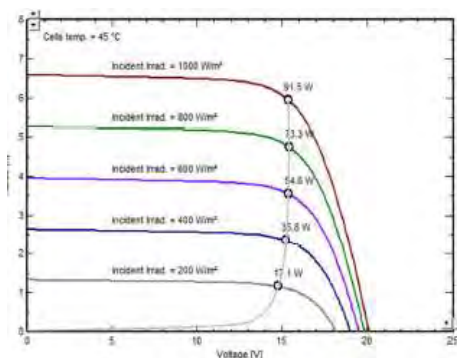


Figure 16: Dependencia de M_p y V_{mp} en irradiación

REGULADORES DE CARGA SOLAR

7.4 Monocristalino o Policristalino

De acuerdo con hojas de datos del fabricante, el valor V_m es, en promedio, ligeramente inferior en el caso de paneles policristalinos. En el caso de un panel de 12 V, la diferencia va de 0,35 V a 0,7 V y el coeficiente de temperatura es similar para ambas tecnologías. La consecuencia es que las curvas de PWM de la figura 13 y 14 se mueven de 5 a 10°C hacia la izquierda en el caso de un panel policristalino.

7.5 Sombra parcial

El sombreado parcial disminuye la tensión de salida. Por lo tanto, MPPT tiene una clara ventaja sobre PWM en el caso de sombreado parcial.

7.6 Pérdidas en el cableado y el regulador

En una buena instalación estas pérdidas son pequeñas en comparación con el efecto de la temperatura. Tenga en cuenta que a lo largo de este trabajo, potencia, voltaje y intensidad se toman en la salida del panel y no tome ninguna pérdida en cuenta, a menos que se indique lo contrario.

7.6 Temperatura de la célula

La siguiente pregunta a responder es: ¿cuál es la temperatura de las células solares en la práctica?

Una primera indicación se da por la NOCT (temperatura normal de funcionamiento de célula) que hoy en día es especificada por la mayoría de fabricantes de paneles solares.

Las condiciones NOCT se definen como sigue:

- Temperatura ambiente: 20 °C
- Irradiación: 800 W / m²
- Masa de Aire: 1,5
- Velocidad del viento: 1 m / s
- Montaje: dorso abierto (panel independiente)
- Sin carga eléctrica: no se desprende potencia del panel

De acuerdo con los datos del fabricante, en promedio NOCT = 45 °C. Esto significa que bajo las condiciones descritas anteriormente, la temperatura de la célula solar es de 25°C superior a la temperatura ambiente.

Una fórmula más general para el cálculo de temperatura de las células T_c es:

$$T_c = T_a + G / U \text{ ó } \Delta T = T_c - T_a = G / U$$

con

T_a : temperatura ambiente

G : irradiación (W / m²)

U : factor de pérdida térmica (W / m² · ΔT)

Y un modelo simple para el factor de pérdida térmica es: $U = U_c + U_v \cdot W_v$

Donde U_c es un componente constante y U_v un factor proporcional a la velocidad del viento W_v (m / s) en el panel.

La fórmula térmica resultante es:

$$T_c = T_a + G / (U_c + U_v \cdot W_v) \text{ o } \Delta T = T_c - T_a = G / (U_c + U_v \cdot W_v)$$

Extrapolando desde http://files.pvsyst.com/help/index.html?noct_definition.htm y algunos otros sitios web, los valores aproximados para U_c y U_v son:

Paneles independientes:

$$U_c \approx 20 \text{ W / m}^2 \cdot \Delta T$$

$$U_v \approx 12 \text{ W / m}^2 \cdot \Delta T \text{ m / s}$$

Paneles con la parte trasera completamente aislados:

$$U_c \approx 10 \text{ W / m}^2 \cdot \Delta T$$

$$U_v \approx 6 \text{ W / m}^2 \cdot \Delta T \text{ m / s}$$

La figura 17 muestra el resultado del aumento de temperatura de la célula con respecto a la temperatura ambiente para paneles independientes y para paneles con la parte trasera completamente aislada.

Claramente, el flujo de aire es extremadamente importante.

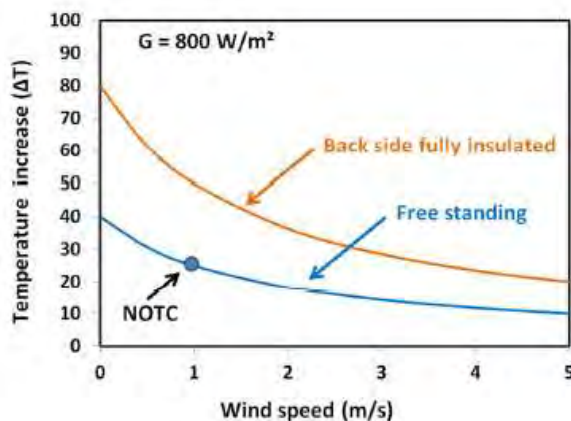


Fig 17: Velocidad del viento y aumento de la temperatura

Panel independiente

Sin viento, el aumento de temperatura de 40°C de un panel independiente puede dar lugar a temperaturas en la célula de 70 a 80°C en un día ca luroso y soleado en Europa. Bajo tales condiciones, el rendimiento PWM queda un 10% por debajo del rendimiento MPPT.

Parte trasera totalmente aislada

En un panel con un lado completamente aislado. de nuevo la temperatura de la célula puede habitualmente exceder los 100°C. Entonces, cargar totalmente la batería con un regulador PWM se convierte en imposible porque la intensidad de carga será muy baja o incluso cero antes de alcanzar la tensión de absorción.

En la mayoría de las instalaciones, la parte trasera de los paneles no está aislada completamente. Cuando se monta en un techo inclinado, por ejemplo, normalmente se ha tenido presente dejar un espacio para que pase un poco de flujo de aire entre el techo y el lado trasero de los paneles solares.

La capacidad calorífica del aire, sin embargo, es muy baja. El aire que fluye debajo de los paneles puede equilibrarse rápidamente con la temperatura de los paneles, cosa que no ayuda a extraer el calor en absoluto, excepto para los primeros pocos decímetros del paso de aire. Por lo tanto, para la mayoría de los paneles, el valor reverso de U puede ser el valor U completamente aislado.

REGULADORES DE CARGA SOLAR

8. Conclusión general

Temperatura

Un panel solar cristalino estándar con una tensión nominal de 12 voltios consta de 36 células en serie. A una temperatura de la célula de 25°C, la intensidad de salida de este panel será casi constante hasta aproximadamente 17 voltios. Por encima de este voltaje, la intensidad cae rápidamente, dando lugar a la máxima potencia que se produce de, aproximadamente, 18 voltios.

Desafortunadamente el punto de tensión a la que se inicia la caída de intensidad disminuye al aumentar la temperatura. Por debajo de ese punto de tensión, la intensidad sin embargo permanece prácticamente constante y no está influenciada por la temperatura.

El voltaje y la potencia de salida descienden alrededor de 4,5% por cada 10°C de aumento de la temperatura.

Regulador PWM

Cuando un panel solar está conectado a la batería a través de un controlador de carga PWM, su voltaje descenderá hasta aproximarse al de la batería. Esto lleva a una potencia de salida de potencia subóptima ($\text{Watt} = \text{Amp} \times \text{voltios}$) a bajas y a muy altas temperaturas de sus células solares.

En días lluviosos o muy nublados o durante pesadas cargas intermitentes se puede producir una situación en la que la tensión de la batería es más baja de lo normal. Esto podría hacer descender la tensión del panel degradando así su producción.

A muy alta temperatura de las células, el voltaje puede caer por debajo del voltaje necesario para cargar completamente las baterías.

Cuando el número de paneles aumenta linealmente con la potencia, el área de la sección transversal y la longitud del cable requeridos aumentan con la potencia, lo que da lugar a costes sustanciales de cable, en aquellas instalaciones que excedan unos pocos cientos de vatios.

Por consiguiente, el regulador de carga PWM es una buena solución de bajo coste solo para sistemas pequeños, cuando la temperatura de las células es moderadamente alta (entre 45°C y 75°C).

Regulador MPPT

Además de realizar la función de un regulador básico, un regulador MPPT también incluye un convertidor de voltaje CC a CC, transformando el voltaje del panel al requerido por las baterías, con muy poca pérdida de energía.

Un regulador MPPT intenta obtener energía del panel cerca de su punto de máxima potencia, suministrando los requisitos de voltaje variables de la batería más la carga. Por lo tanto, desacopla esencialmente las tensiones del panel y de la batería, de modo que no puede haber una batería de 12 voltios en un lado del regulador MPPT y dos paneles de 12 V conectados en serie para producir 36 voltios en el otro.

Si está conectado a un panel fotovoltaico con una tensión nominal considerablemente mayor que el voltaje de la batería, un regulador MPPT, por tanto, proporcionará intensidad de carga incluso a temperaturas muy altas de sus células o en condiciones de baja irradiación cuando un regulador PWM no ayudaría mucho.

Al aumentar el número de paneles conectados en paralelo ("array"), se incrementa tanto la sección necesaria del cableado como su longitud. La elección de conectar más paneles en serie y con ello disminuir la intensidad, es una razón de peso para instalar un regulador MPPT tan pronto como la potencia del panel supere unos pocos cientos de vatios en sistemas de 12 V, o varios cientos de vatios en sistemas de 24 V o 48 V.

Por tanto, un regulador de carga MPPT es la solución preferida:

- a) Si la temperatura de las células con frecuencia será baja (por debajo de 45°C) o muy alta (más de 75°C)
- b) Si el coste de cableado se puede reducir sustancialmente mediante el aumento de tensión del panel
- c) Si la salida del sistema a baja irradiación es importante
- d) Si el sombreado parcial es una preocupación

REGULADORES DE CARGA SOLAR

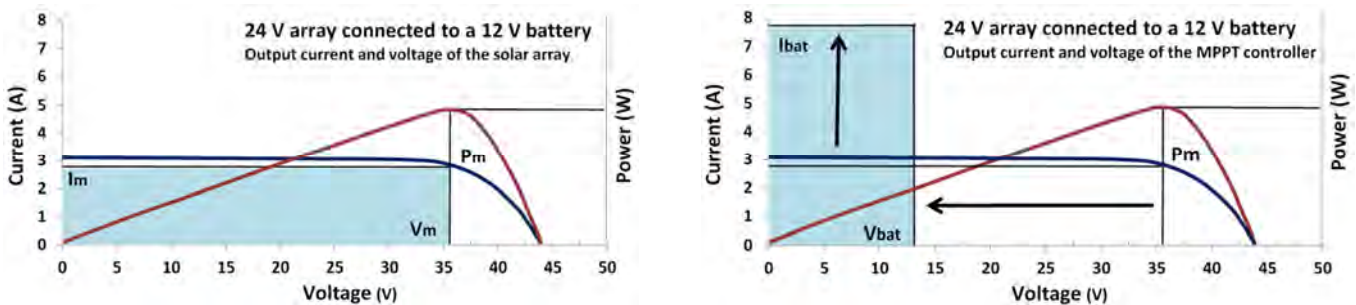
¿Qué controlador de carga solar: PWM o MPPT?

A continuación le ofrecemos un resumen de nuestro libro blanco con este mismo título:

1. Lo que hacen

El controlador PWM es básicamente un interruptor que conecta un conjunto de placas solares a una batería. Como consecuencia, la tensión del conjunto de placas se rebajará casi a la de la batería.

El controlador MPPT es más sofisticado (y más caro): ajustará su tensión de entrada para recoger el máximo de la energía solar de los paneles solares y a continuación transformará esta energía para alimentar las distintas tensiones solicitadas, tanto de la batería como de las cargas. Por lo tanto, lo que hace básicamente es desacoplar las tensiones de las placas y de la batería para que pueda haber, por ejemplo, una batería de 12 voltios por un lado del controlador de carga MPPT, y un gran número de celdas conectadas en serie para producir 36 voltios por el otro.



Representación gráfica de la transformación de DC a DC tal y como lo lleva a cabo un controlador MPPT

2. Las potencias gemelas resultantes de un controlador MPPT

a) Seguimiento del punto de máxima potencia

El controlador MPPT recogerá más energía de los paneles solares. La mejora del rendimiento es sustancial (10 % a 40 %) cuando la temperatura del panel solar es baja (por debajo de 45 °C), o muy alta (por encima de 75 °C), o cuando la irradiación es muy baja.

A alta temperatura o a baja radiación, la tensión de salida del conjunto de paneles solares caerá drásticamente. En estos casos, se deberán conectar más paneles en serie para asegurarse de que la tensión de salida del conjunto de paneles solares excede la tensión de la batería por amplio margen.

b) Costes de cableado más bajos y/o pérdidas por cable más bajas

Según la ley de Ohm, las pérdidas debidas a la resistencia del cable son $P_c \text{ (Watt)} = R_c \times I^2$, donde R_c es la resistencia del cable. Lo que nos dice esta fórmula es que para una pérdida por cable determinada, la sección del cable puede reducirse por un factor de cuatro si se dobla la tensión del conjunto de paneles solares.

En el caso de una potencia nominal determinada, conectar más paneles en serie aumentará la tensión de salida y reducirá la corriente de salida del conjunto de paneles ($P = V \times I$), por lo tanto, si P no cambia, I deberá disminuir cuando V aumente).

A medida que aumente el tamaño del conjunto de placas, la longitud de cable aumentará. La opción de cablear más paneles en serie, disminuyendo así la sección de cable, con lo que eso conlleva en reducción de costes, es una poderosa razón para instalar un controlador MPPT tan pronto como la potencia del conjunto exceda unos cuantos cientos de vatios (baterías de 12 V), o varios cientos de vatios (baterías de 24 V o 48 V).

3. Conclusión

PWM

El controlador de carga PWM es una buena solución para sistemas menores, cuando la temperatura de la placa solar es entre moderada y alta (entre 45 y 75 °C)

MPPT

Para aprovechar al máximo el potencial del controlador MPPT, la tensión del conjunto deberá ser considerablemente superior que la tensión de la batería. El controlador MPPT es la solución definitiva para sistemas de alta potencia, debido al menor coste general del sistema que conlleva la instalación de un cableado de menor sección. El controlador MPPT también recogerá mucha más energía cuando la temperatura del panel solar sea baja (por debajo de 45 °C), o muy alta (por encima de 75 °C), o cuando la irradiación sea muy baja.



Ener división solar
todo en fotovoltaica

Naval
POWER ELECTRONICS

DELEGACIÓN ESPAÑA

Avda. Lluís Companys, 45
08302 Mataró - Barcelona
ESPAÑA

T. 937.541.967
935.364.060
Fax 937.542.019

solar@enernaval.es

DELEGACIÓN PORTUGAL

Marina de Cascais, Loja 135
2750-800 Cascais
PORTUGAL

T. +351.214.831.353
+351.914.006.990
Fax +351.214.831.354

portugal@enernaval.pt



www.enernaval.es