

VERIFICACIÓN DE PANELES SOLARES CON PULSOS DE LUZ MÚLTIPLES

C.J. BRUNO¹, J. FERNÁNDEZ VÁZQUEZ¹, M.G. MARTÍNEZ BOGADO^{1,2}

¹Departamento de Física - Centro Atómico Constituyentes - CNEA

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas

Av. General Paz 1499 - (1650) San Martín - Argentina

Tel. (011) 6772-7007, Fax (011) 6772-7121, www.tandar.cnea.gov.ar, cjbruno@tandar.cnea.gov.ar

Recibido: 12-02-09; Aceptado: 16-03-09.

RESUMEN.- Para obtener la curva corriente-tensión (I-V) de paneles ó módulos solares en laboratorio se requiere de una fuente de luz que ilumine un gran área, entre otras condiciones.

En el presente trabajo, se describen las actividades realizadas por el Grupo Energía Solar (GES) de la CNEA para obtener, como primer paso, un sistema de verificación eléctrica con luz pulsada para un área de (70 x 70) cm² y de bajo costo.

En particular se utilizó una lámpara de Xe. Se detallan algunas consideraciones de diseño y se presentan algunas mediciones del sistema construido.

Palabras claves: paneles solares - ensayos – fotovoltaico

SOLAR PANEL VERIFICATION USING MULTIPLE FLASH LIGHT PULSES

ABSTRACT – To do an indoor measurement of I-V curve of solar panel or module a large area illuminator is required.

In this paper, we, Solar Energy Group (GES) at CNEA, describe activities carried out to obtain, as a beginning, a cheap flash illuminator for electrical verification of solar panels. It uses a Xe lamp and is for covering an area of (70 x 70) cm². Some design considerations and evaluation of the resulting system are presented.

Keywords: solar panels - tests – photovoltaics

1. INTRODUCCIÓN

Para obtener la curva corriente-tensión (I-V) de paneles ó módulos solares en laboratorio se requiere de una fuente de luz que ilumine un gran área, entre otras condiciones.

Los simuladores pueden ser estacionarios ó pulsados, generalmente los segundos presentan una serie de ventajas: prácticamente no elevan la temperatura de la muestra, generan mucho menos calor, como no están encendidos todo el tiempo ahorran electricidad y consecuentemente la fuente y sus equipos asociados son más pequeños, y las lámparas y sus partes ópticas duran más.

El Grupo Energía Solar de la CNEA, realiza trabajos de investigación y desarrollo en celdas de silicio monocristalino y de triple juntura y en general utiliza niveles de irradiancia AM1,5, AM1 y AM0.

Con el objeto de disponer de un sistema de excitación de gran área para verificar el estado funcional de paneles se decidió utilizar luz pulsada por lo ya expuesto, a lo que se agregan razones de costos.

En cualquier medición fotovoltaica la elección de la calidad del simulador debiera basarse en las necesidades de cada medición en particular. Por ejemplo si se está verificando la respuesta de celdas presumiblemente idénticas, las condiciones de contenido espectral del simulador podrían no ser tan exigentes. En estos casos puede existir la posibilidad de ajustar una irradiancia equivalente.

Otro ejemplo: cuando se someten celdas ó paneles a ensayos ambientales ó pruebas de resistencia, suele ser más importante medir en condiciones equivalentes, antes y después de los ensayos que en condiciones normalizadas estrictas. Así lo prevé la norma IEC 61215 para este tipo de ensayos.

Para lograr un simulador en condiciones normalizadas, se debe observar:

- 1) Nivel de irradiancia
- 2) Contenido espectral
- 3) Uniformidad espacial
- 4) Estabilidad temporal

Como primer paso se desarrolló un sistema de iluminación, utilizando una lámpara de xenón. Si bien este tipo de

lámpara tiene un espectro apropiado para este uso, este espectro no se ajusta totalmente al solar, esto es particularmente importante en celdas de triple juntura, que son más sensibles al contenido espectral.

A pesar de esto se decidió poner más énfasis en las condiciones 1, 3, y 4 que en el contenido espectral, ya que el objetivo era un sistema de verificación, en primera instancia, más que un sistema de medición en condiciones estándar.

2. EFECTOS TRANSITORIOS

En cada punto de la curva I-V de un dispositivo solar fotovoltaico se considera que se ha alcanzado el estado estacionario. Esta condición es muy sencilla de cumplir con simuladores estacionarios, ya que la condición de estado estacionario sólo quedará sujeta a la velocidad de barrido de la curva.

En cambio en los simuladores pulsados, la condición estacionaria depende tanto de la estabilidad en la irradiancia durante la medición, como de la velocidad de barrido.

Muchos autores han reportado errores debido a efectos transitorios (D. L. King et al. 1988, S. Mau et al. 2005, M. Shimotomai et al. 2006), en particular atribuidos a la capacidad de difusión, aún con simuladores estacionarios, pero con velocidades de barrido muy altas y dependientes de la dirección de barrido (es decir de I_{sc} a V_{oc} ó viceversa). La capacidad de difusión representa las cargas almacenadas en las zonas cuasi neutrales del diodo (S.M. Sze et al. 1981).

Al barrir la curva, la corriente de desplazamiento en esta capacidad se sumará ó restará a la fotogenerada, dependiendo de la dirección de barrido hasta alcanzar el nuevo estado de carga.

Por esta causa se decidió tomar un solo punto por destello, es decir no se barre la curva en un solo pulso de luz sino en pulsos sucesivos, y de esta manera bajar el requerimiento de pulsos relativamente largos y de altas velocidades de barrido que encarecerían el sistema.

En la figura 1 se muestra un circuito equivalente típico de una celda ó un conjunto de celdas, donde se han simplificado los efectos de las resistencias serie y paralelo, sin embargo se ha colocado un capacitor equivalente para representar los efectos de las capacidades de juntura, transición y difusión. Estas capacidades dependen del área y de la tensión entre otros parámetros.

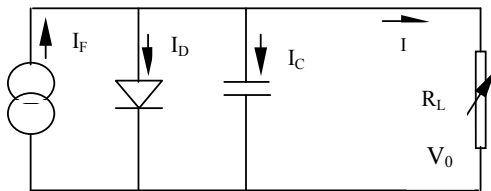


Fig. 1. Un circuito equivalente de un dispositivo solar

Donde, por simple inspección,

$$V_o = V_C = V_D \quad (1)$$

Si durante el pulso de luz se alcanza un intervalo de tiempo donde,

$$v_0 = cte \quad (2)$$

entonces

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt} = 0 \quad (3)$$

Por lo que la corriente fotogenerada se dividirá solo por la carga y el diodo equivalente, es decir se ha alcanzado un estado cuasi estacionario, obviamente dadas irradiancia y temperatura constantes.

La existencia de resistencia serie en el circuito equivalente modifica un poco las cosas, ya que:

$$v_0 = v_c - i.R_s \quad (4)$$

Considerando que la corriente i circula tanto por R_s como por la carga, si:

$$i = cte \quad (5)$$

Esto implica que, dado R_s constante, si en un intervalo de tiempo se cumplen las condiciones 2 y 5 se ha alcanzado un estado cuasi estacionario.

3. EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Se construyó una primera versión con una lámpara de Xe helicoidal de las utilizadas en fotografía profesional, con un reflector aluminizado cuasi parabólico y un difusor de tela blanca en el extremo de salida.

Las lámparas de descarga de Xe presentan normalmente tres zonas, una subida rápida de la irradiancia cuando se aplica la alta tensión, una zona de meseta donde, dentro de cierta tolerancia, la irradiancia es máxima y se puede considerar constante y una bajada comparativamente lenta en la extinción del pulso. Además, en la zona de meseta el contenido espectral puede considerarse estable ya que normalmente durante la bajada, la lámpara se está enfriando y es esperable un viraje al rojo.

4. EL SISTEMA VISTO DESDE LA CARGA

Desde el punto de vista eléctrico, el circuito equivalente de alguna manera se parece a un detector de pico con enclavamiento de tensión, pero casi sin retención.

Esto sugiere que una zona propicia para realizar la medición es durante el pico del pulso de luz.

En la bajada del pulso de luz, la celda tiene dos caminos de descarga posible, hacia la carga ó sobre sí misma a través del diodo equivalente.

Los tiempos de descarga son variables en función de la carga y de la capacidad en el punto observado, aumentando hacia V_{ca} .

Se eligió utilizar un sistema pasivo, resistivo puro como carga que se puede variar por pasos.

Cuando el destello es emitido ya encuentra al panel con la carga conectada en sus terminales y por tanto las variables eléctricas recorrerán la recta de carga hasta donde se alcance las condiciones 2 y 5. Luego se colocará el siguiente paso de la carga variable y se emitirá el segundo destello y así sucesivamente.

5. NIVEL DE IRRADIANCIA Y ESTABILIDAD TEMPORAL

Para establecer el nivel de irradiancia apropiado se utiliza una celda previamente calibrada. Las mediciones se realizan con un osciloscopio.

En la figura 2 se muestra un pulso de luz típico, medido con un sensor de silicio fabricado en la CNEA, puede observarse un intervalo de aproximadamente 400 μ s donde la irradiancia permanece estable con una tolerancia de ± 1 %. Si se tolera un ± 2 %, este intervalo supera los 500 μ s. El sensor utilizado es de 0,048 cm^2 y polarizado cerca de cortocircuito, por lo que el retardo introducido se puede considerar despreciable.

Desde el punto de vista de la estabilidad temporal, la norma ASTM E927, clasifica a los simuladores como clase A $\leq \pm 2\%$, B $\leq \pm 5\%$ y C $\leq \pm 10\%$.

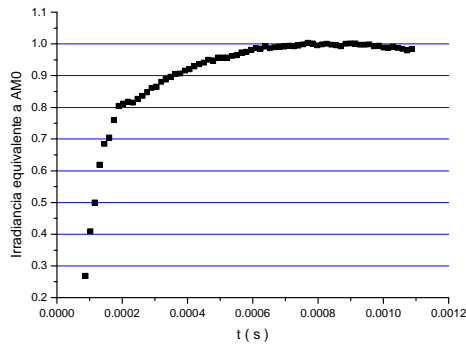


Fig. 2 - Evolución temporal de la irradiancia.

6. UNIFORMIDAD ESPACIAL

Desde el punto de vista de la no uniformidad, la norma ASTM E927, clasifica a los simuladores como clase A $\leq \pm 2\%$, B $\leq \pm 5\%$ y C $\leq \pm 10\%$.

Se evaluó la uniformidad en un plano de prueba de 70 x 70 cm^2 , utilizando una celda de $\approx 27 \text{ cm}^2$ (aprox. 1/181 del plano de prueba), con 12 mediciones distribuidas sobre este plano. Se obtuvo una no uniformidad de $\pm 2,5\%$.

7. CONCLUSIONES

Se obtuvo, como primer paso, un sistema de verificación eléctrica para paneles solares utilizando luz pulsada, de bajo costo y fácil uso. A pesar de que el área cubierta por el dispositivo es todavía relativamente pequeña, resulta de gran utilidad en nuestro laboratorio. Se prevén futuras ampliaciones.

REFERENCIAS

King D.L., Gee J.M., Hansen B.R. (1988). Measurement precautions for high-resistivity silicon solar cells. IEEE.
 Mau S., Krametz T. (2005). Influence of solar cell capacitance on the measurement of I-V curves of PV-modules. 20th EUPVSEC, Barcelona, Spain.
 Shimotomai Mitsuhiro, Shinohara Yoshihiro, Igan Sanekazu (2006). The development of the I-V measurement by pulsed multi-flash, and the effectiveness. IEEE.
 Sze S.M. (1981). Physics of semiconductor devices", 2nd edition, Wiley, NY, 1981