

SIMULADOR SOLAR ESTACIONARIO PARA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

R.Buitrago¹, M.Battioni², M.Cutrerá³, G.Risso⁴
Grupo GENOC - Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Tel. 0342-4559174 – Fax 0342-4550944 e-mail: rbuitre@intec.unl.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se describe el desarrollo y construcción de un simulador solar de tipo estacionario, con iluminación de abajo hacia arriba, apto para caracterización de módulos fotovoltaicos en línea de producción. Se utilizaron lámparas de tipo HQI de bulbo simétrico de 150 W con una distribución matricial rodeada de espejos, integrando una unidad básica de 0,62 m², la cual es modular y pueden anexarse otras iguales formando un simulador de mayor superficie. La optimización de la intensidad luminosa se logró mediante la distribución geométrica y ajuste de voltaje de las lámparas, obteniéndose una homogeneidad mejor a +/- 3%, lo que clasifica al simulador tipo clase B.

Palabras clave: Simulador solar, módulos fotovoltaicos, curvas características.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto era diseñar y construir un simulador solar de tipo estacionario, con iluminación de abajo hacia arriba, a manera de mesa de trabajo, para usarse directamente en la línea de producción de módulos antes de que estos fueran laminados. La idea básica era desarrollar una unidad de una superficie no mayor a 0,60 m² de tal modo que si se requiere una superficie mayor por las dimensiones de los módulos, el simulador se pueda armar simplemente con la combinación de varias de estas unidades básicas.

Otros de los requerimientos que se buscaba obtener era que fuera un simulador de tipo estacionario de clase A, es decir que la homogeneidad de la iluminación así como su composición espectral estén dentro de las Normas Internacionales (IEC 2009), condiciones que son indispensables para la competencia en el mercado nacional e internacional.

Un primer prototipo se pensó en base a una lámpara producida por la empresa Philips, la No. 13117, de 150 W y de corriente continua, la cual encontramos recomendada en varios artículos e inclusive utilizada por empresas alemanas en sus simuladores (Ver por ejemplo Ingenieurburo, Mencke&Tegtmayer, 2011). Estas empresas sostenían que la respuesta espectral respondía a AM1.5. Se adquirieron 10 lámparas a la firma Phillips de Holanda y se efectuaron los estudios espectrales y de distribución de la intensidad luminosa. Encontramos que la distribución espectral no se corresponde bien con AM1.5 (Figura 1) y tiene muy poco o nada de contribución en la zona de UV. Basados en nuestra experiencia de otros simuladores (SOLARTEC SA) que el grupo diseñó, buscamos lámparas de tipo Halogenuros de Mercurio, cuyos espectros sabíamos que responden a las normas. Finalmente encontramos la línea HQI de 150 W de OSRAM (Osram 2011), su composición responde a una distribución AM1.5, posee una simetría cilíndrica, su intensidad es variable por tensión, tiene una vida media muy larga y sus costos son razonables. Esta lámpara está en el mercado argentino y se utiliza en proyectores de galpones, canchas de tenis, en espacios donde se requiera luz blanca e intensa.

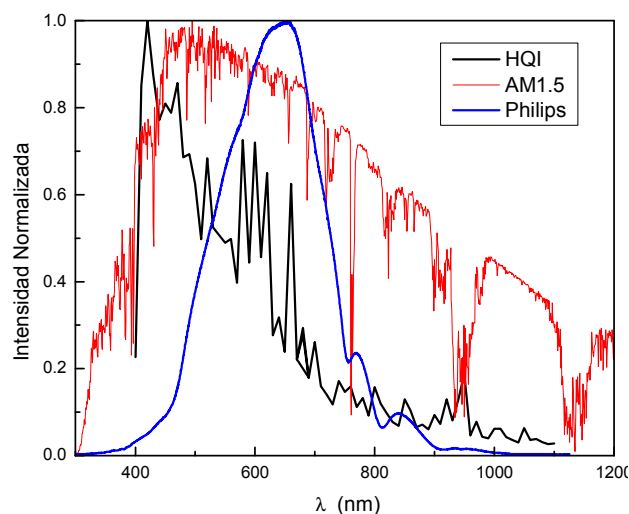


Figura 1: Comparación de espectros

A continuación describiremos el diseño y construcción de un simulador solar estacionario basado en la lámpara HQI de Osram.

PARTE EXPERIMENTAL Y DISCUSIÓN

Se comenzó con el estudio de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la lámpara, para lo cual se montó una y sobre ella una superficie espejada, proyectando la luz sobre una mesa en la cual se había dibujado una cuadrícula xy en cm, se midió la distribución de la intensidad sobre el plano xy con un fotodiodo de silicio.

¹ Investigador Principal CONICET

² Profesional Principal CONICET

³ JTP, FIQ, U.N.L.

⁴ Profesional Adjunto CONICET

Mediante un software desarrollado especialmente por nuestro grupo se estudiaron la sumatorias de las intensidades producidas por un grupo de lámparas ubicadas formando cuadros, incluyendo como variables la distancia al espejo plano y a la superficie de medición. La estructura (espejo plano + lámpara) produce una luz cuya distribución de intensidad responde a una curva gaussiana plana, los parámetros característicos de las curvas varían desde la dirección del eje de la lámpara hasta un corte a 90 grados de la misma. Encontramos que dos gaussianas centradas a una distancia tal que sus curvas de 50% de intensidad se cruzan, dan en la región central una zona de intensidad plana muy homogénea, ajustando entonces la posición del espejo y la separación entre lámparas tanto en la dirección de su eje como lateralmente, se logra con una cuadrícula de lámparas mayor a 4x4 tener en la zona central una intensidad homogénea y de valor superior a 800 mW/cm². Representando en un gráfico las intensidades de iluminación mediante una escala de colores, es posible determinar las distancias óptimas para cada configuración. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de distribución de intensidad de iluminación para una de las lámparas.

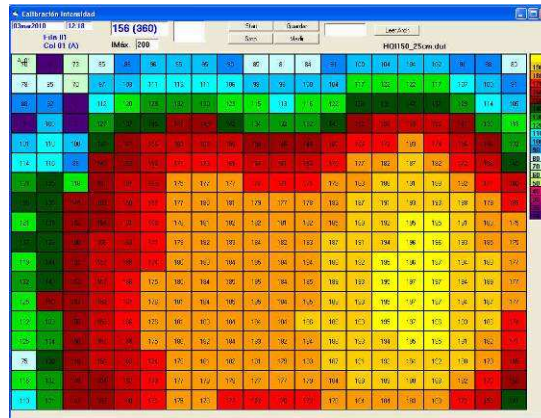


Figura 2: Imagen en plano xy de la distribución de intensidades de luz de una lámpara HQI de 150W.

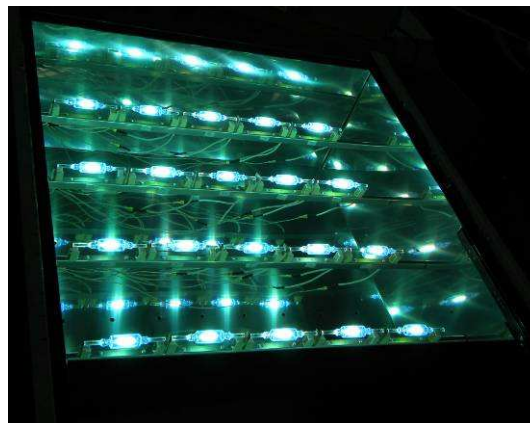


Figura 3: Vista superior del simulador donde se puede ver la distribución en cuadrícula de las lámparas.

Finalmente para lograr una homogeneidad como la requerida por las Normas es necesario recurrir al ajuste individual de la intensidad de cada lámpara, debido a la dispersión natural que presentan las lámparas en rendimiento lumínico, la intensidad se puede variar modificando la tensión de alimentación de su reactancia. Por esta razón se montó por cada lámpara un Autotransformador de regulación del voltaje, permitiendo cambiar la tensión de alimentación en +/- 10%, en la figura 4a se puede observar el montaje de los mismos y en la 4b el tablero de control del simulador.

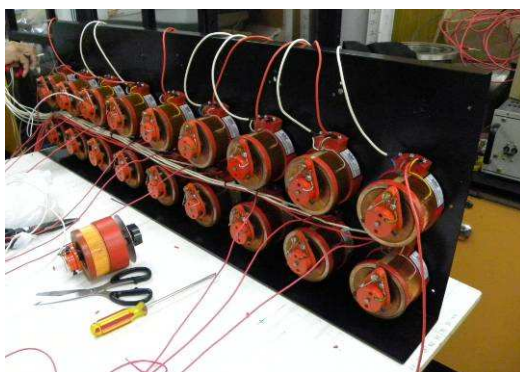


Figura 4: a) Etapa de montaje de los Autotransformadores, b) Tablero de control de los Autotransformadores del Simulador.

Un problema serio que presenta el uso de lámparas tipo HQI es que su luz se origina en un plasma oscilante de 50 Hertz. La señal luminosa resultante es una mezcla de una base de continua con una fracción alterna menor, la cual hace que su medición resulte problemática por que se requiere del diseño de un equipo especial. Nuestro grupo estudió este problema en los simuladores anteriores (SOLARTEC S.A.) y desarrolló un método de medición, el cual se basa en el uso de microprocesadores rápidos para la adquisición de datos, que puedan programarse para medir una variable eléctrica cualquiera (Corriente o Tensión) en cualquier momento de la variación de curva oscilante de la intensidad luminosa. Se toma como referencia temporal la detección del paso por cero de la sinusoide de la tensión de alimentación del equipo, y luego se mide en tiempos crecientes a partir del cruce dentro del período de medio Hertz. Una vez fijado el intervalo de tiempo que debe transcurrir luego que la tensión cruce por su valor cero, el sistema de adquisición de datos controlado por el microprocesador, tomará siempre una medida a ese tiempo estableciendo de esta manera una correlación entre la intensidad luminosa y un intervalo de tiempo. De esta forma tenemos un comportamiento estacionario aunque la intensidad tenga una componente alterna.

En el caso de un módulo fotovoltaico la corriente de corto circuito responde linealmente con la intensidad de la luz, midiendo esta se puede ver la fluctuación de la intensidad luminosa y si el dispositivo es una celda calibrada, establecer una correlación entre los tiempos de medidas y la intensidad del flujo luminoso. Esta calibración resulta cómoda porque el simulador puede ser usado para mediciones de las curvas características a distintas intensidades de radiación con solo modificar el tiempo de medida desde el cruce por cero.

Para el armado final del simulador con dimensiones de 0,80 m x 0,80 m, se necesitaron un total de 20 lámparas, 4 filas de 5 cada una, las cuales se montaron dentro de una caja de acero inoxidable espejado con los lados perpendiculares a las filas, con lo que se logra reflejar toda la luz proveniente de las lámparas hacia cada costado, simulando la continuidad de las filas. La distancia de las lámparas a los espejos para lograr homogeneidad en la intensidad luminosa fue exactamente la mitad de la separación entre lámparas y sus filas. Completando el simulador se colocó debajo del cajón mencionado la línea de reactancias y autotransformadores. Para extraer el calor que irradian las lámparas se montaron 5 extractores laterales que succionan el aire del interior del cajón refrigerando las lámparas. El módulo no aumenta su temperatura durante la medición, pues solo se apoya sobre el vidrio del lado externo a la caja que contiene las lámparas y la medida se realiza en menos de dos segundos.

Los anteriores detalles constructivos pueden observarse en las figuras 3, 5a y 5b.



Figura 5: a) Vista lateral de las reactancias, b) Extractores de aire de refrigeración.

CONCLUSIONES

Se ha logrado construir un simulador solar de tipo estacionario Clase B con flujo de abajo hacia arriba. Si bien el objetivo inicial era conseguir uno Clase A, el obtenido es apto para el trabajo en línea de producción, y estamos muy cerca de mejorarlo en la etapa siguiente, hasta alcanzar el +/- 2% de homogeneidad, requerido por las normas para uno Clase A. Lo importante es que los componentes son materiales disponibles en la Argentina, su estructura es modular con lo que es posible aumentar su superficie de iluminación a dimensiones y su costo es muy inferior a los solicitados por empresas extranjeras por equipos de similares características.

AGRADECIMIENTOS

El Grupo GENOC agradece al programa "Cambio de ESCALA" de la Universidad Nacional del Litoral por la financiación del proyecto de construcción de este simulador solar.

REFERENCIAS

OSRAM 2011: http://www.osram.com/_global/pdf/Misc/Tools_Services/Downloads/106S012GB_POWERSTAR_HQI-TS_Excellence_GB.pdf

Ingenieurburo, Mencke&Tegtmayer (2011) http://www.ib-mut.de/en/produkt_detail.php?id=25

International Electrotechnical Commission (2009), (IEC) 60904-9: Photovoltaic devices – Part 9: Solar simulator performance requirements.

SOLARTEC S.A. <http://www.solartec.com.ar/>

ABSTRACT

We describe the development and construction of a stationary sun simulator, with upwards illumination, suitable for photovoltaic modules testing during production. We used 150W HQI type lamps, with symmetric bulbs, using a matrix distribution, surrounded by mirrors, on a basic unit of 0.62 m², making it modular, so that several units can be combined into a bigger surface simulator. The optimization of light intensity is accomplished by means of the geometric distribution and individually regulated voltage applied to every lamp. We have obtained a intensity homogeneity better than +/3%, making our sun simulator of class B

Keywords: Sun simulator, photovoltaic modules, characteristic curves