

MONITOREO Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED

Firman Andrés D. – afirman@ger-unne.com.ar
Cáceres Manuel – mcaceres@ger-unne.com.ar
Toranzos Víctor J. – vtoranzos@ger-unne.com.ar
Busso Arturo – ajbusso@ger-unne.com.ar
Vera Luis – lvera@ger-unne.com.ar

Universidad Nacional del Nordeste, FaCENA. Grupo en Energías Renovables.

Cadena Carlos – cadenainenco@gmail.com
INENCO, Universidad Nacional de Salta, CONICET

Resumen. Para determinar la condición de funcionamiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) de forma continua es necesario contar con una metodología capaz de determinar la potencia que entrega el sistema, sin interferir en su operación, y compararla con el valor real que debe aportar. En el presente trabajo se evalúa un algoritmo para determinar anomalías en la generación en estos sistemas a través del monitoreo de la potencia generada. Resultados del seguimiento continuo del sistema son contrastados con valores obtenidos en la caracterización, realizada a través del empleo de un trazador de curvas I-V basado en una carga capacitiva. Los resultados obtenidos permiten concluir que es posible caracterizar adecuadamente el punto de máxima potencia de sistemas fotovoltaicos conectados a red con desvíos menores al 2 % utilizando datos parciales de la curva I-V. De esta forma, se cuenta con una herramienta que permite evaluar las condiciones de generación de SFCR en funcionamiento sin interferir con la operación del mismo.

Palabras clave: Energía Solar, sistema fotovoltaico conectado a red, curva I-V.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red (SFCR) son sistemas que inyectan la energía solar recolectada por paneles fotovoltaicos directamente a la red de energía eléctrica a través de un inversor de CC-CA. Estos inversores están especialmente diseñados para tal fin, cuentan con un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, capaz de polarizar el arreglo con una eficiencia mayor del 99% sobre el punto de potencia máxima (Liu y Huang, 2011).

La caracterización de generadores fotovoltaicos (FV) permite conocer los parámetros eléctricos que describen su funcionamiento (Kim et al, 2009) (Chouder et al, 2012). Parámetros que determinan la calidad del dispositivo y permiten realizar estudios comparativos entre módulos, estudios de degradación en el tiempo e inferir problemas en la generación de carácter externo al dispositivo FV, como ser sombras parciales o totales, contactos defectuosos, etc. (Kaplani y Kaplani, 2011).

La Fig. 1 (a) muestra la forma típica de la curva característica corriente versus tensión (I-V) de un dispositivo FV, y en la Fig. 1 (b) su equivalente eléctrico, conocido como modelo equivalente eléctrico de cinco parámetros, estos parámetros son obtenidos por métodos de ajuste sobre la curva medida (Celik y Acikgoz, 2007), que responde a la Ec. (1), (Luque y Hegedus, 2003).

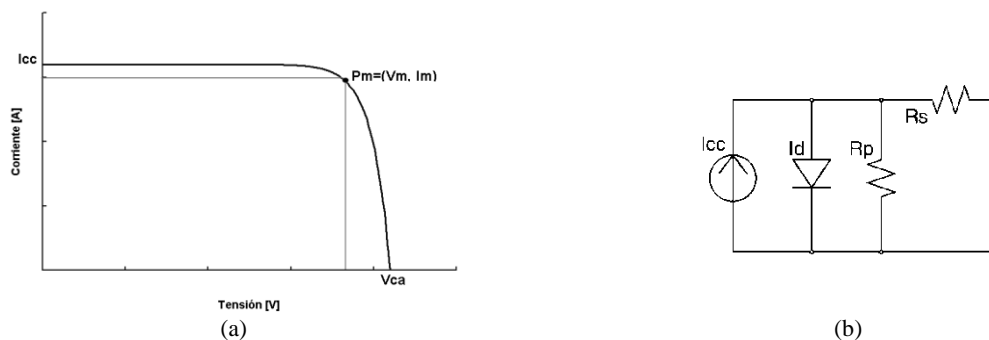


Figura 1 - (a) forma característica de la curva I-V de un dispositivo fotovoltaico, (b) circuito equivalente eléctrico de cinco parámetros

$$I = I_{cc} \left(1 - e^{-\frac{V - V_{ca} + I.R_s}{m.N.V_t}} \right) - \frac{V + I.R_s}{R_p} \quad (1)$$

donde: I_{cc} es la corriente de corto circuito, I y V la corriente y la tensión respectivamente de polarización, V_{ca} la tensión de circuito abierto, R_s la resistencia serie, m es el factor de idealidad del diodo, N el número de celdas conectadas eléctricamente en serie, R_p la resistencia paralelo y V_t el potencial térmico definido a su vez por k la constante de Boltzmann, T_c la temperatura de celda y q la carga del electrón, Ec. (2).

$$V_t = \frac{k.T_c}{q} \quad (2)$$

De esta forma, para determinar la capacidad de generación es indispensable la caracterización eléctrica a través de la curva I-V de los módulos FV. Para obtener dicha curva I-V se necesita un instrumento que varíe de manera controlada la polarización del arreglo FV a ensayar, por ello se desarrolló un instrumento capaz de caracterizar eléctricamente SFCR basado en una carga capacitiva (Muñoz y Lorenzo, 2005). La caracterización por curva I-V, es utilizada como referencia para la verificación de un método de monitoreo continuo de la generación FV.

Tanto el dispositivo trazador de curvas I-V como el método de monitoreo continuo se emplearon sobre un sistema fotovoltaico experimental de 500 Wp, ubicado en la fachada del edificio de la Universidad Nacional del Nordeste, en la provincia de Corrientes Argentina donde se desempeña el Grupo en Energías Renovables (GER).

Por otra parte el monitoreo continuo de SFCR, sin interferir en el proceso de generación de energía, es un enfoque distinto a la caracterización tradicional que utiliza la curva I-V, donde esta última altera de manera controlada el estado de polarización del arreglo o módulo FV bajo ensayo. El monitoreo continuo se base en una metodología para obtener parte de los parámetros del modelo equivalente eléctrico y que en conjunto con variables ambientales analizar si el sistema FV se encuentra trabajando en condiciones normales de operación.

2. MONITOREO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A RED.

Existen en la actualidad sistemas de monitoreo desarrollados específicamente para plantas generadoras fotovoltaicas. La mayor parte de los sistemas se basan en la utilización de una PC y herramientas virtuales (algunas de elevado costo) para el monitoreo continuo en las que se analiza datos ambientales, datos eléctricos en corriente continua provenientes de los módulos fotovoltaicos y datos de conversión en corriente alterna, algunos con la prestación de monitoreo remoto (Cavallaro et al. 2002). De este modo, se comparan los datos obtenidos con los de una simulación, basada en información previa, de pruebas, obtenidas de catálogos, o mediante la incorporación de dispositivos para el trazado de la curva corriente-tensión (curva I-V), y son capaces de determinar la presencia de anomalías eléctricas (Forero, 2006). Una característica común de estos sistemas de monitoreo y adquisición de datos, es su uso como *data-loggers*, para posteriormente efectuar análisis en el intervalo de funcionamiento que se considere conveniente. Algunos de estos sistemas se encuentran relegados a realizar el balance de energía obtenida durante el año. Siendo incapaces de precisar un comportamiento anómalo de la instalación generadora (Cristaldi et al. 2010).

Dentro del grupo de equipamiento de monitoreo que son capaces de detectar problemas de generación en la instalación fotovoltaica, se encuentran los destinados a realizar inspecciones programadas de módulos fotovoltaicos individuales de un arreglo, colocando un dispositivo por cada módulo, el cual obtiene de forma automática datos de su curva I-V y los transmiten de forma inalámbrica a una estación central (Othman et al. 2010). Dichas estaciones centrales obtienen también datos ambientales como la radiación solar en el sitio, la temperatura de celda y deben poseer la configuración inicial de los módulos y los datos del fabricante de estos (Gargiulo et al. 2010) (Chouder y Silvestre, 2010). Otro método se basa en la filosofía de monitoreo a gran escala, basada en que es imprescindible determinar parámetros como la radiación solar de forma precisa, por lo que se valen de la asistencia de satélites para tal fin, evitando así problemas angulares con respecto a la incidencia de la radiación solar sobre los paneles FV (de Keizer, 2006).

Considerando los sistemas de monitoreo existentes, ninguno de ellos trabaja midiendo de forma parcial la curva I-V, sin alterar la generación y sin mayor información previa del sistema que su potencia nominal. Por lo que se plantea un algoritmo para realizar el monitoreo del punto de máxima potencia (Firman et al, 2011). En ese trabajo se presentan la metodología y los resultados de aplicar ecuaciones simplificadas de traslación lineal a CEM de un dispositivos FV, partiendo de parámetros que pueden obtenerse de la polarización realizada por el inversor de conexión a red más datos ambientales, es decir el método está basado en la medición de la corriente y la tensión de polarización más la irradiancia sobre los módulos y la temperatura de celda, sin alterar la generación para analizar si el sistema FV se encuentra trabajando de forma correcta. Este método tiene como objetivo detectar anomalías instantáneas de generación, lo que resulta útil tanto para SFCR domésticos, que suelen poseer bajo mantenimiento, y SFCR de centrales solares, detectando eventos que ocasionan una disminución en la cantidad de energía inyectada y que aumentan el tiempo de retorno de la inversión (Couture y Gagnon, 2010).

En resumen el objetivo de este trabajo es contrastar los resultados obtenidos de la aplicación de un nuevo método de monitoreo continuo aplicado a un SFCR, sin alterar el proceso de generación de energía, con datos obtenidos del trazado de la curva I-V de los generadores que componen el sistema.

3. METODOLOGÍA

Considerando que el sistema de monitoreo FV propuesto no debe interferir en el proceso de generación eléctrica, como sucede en el caso del trazado de la curva I-V, únicamente se pueden utilizar los datos disponibles de la polarización del arreglo por el inversor de conexión a red, es decir el punto de máxima potencia, más datos ambientales como irradiancia en el plano del arreglo FV y temperatura de celda. En ningún caso se cuenta con información pertinente a la corriente de corto circuito I_{cc} de dicho arreglo, lo que constituye el problema principal para aplicar traslación a CEM mediante normas; razón por la cual deben hacerse ciertas consideraciones y aproximaciones, presentadas en la Ec. (3) y la Ec. (4);

$$I_{cem} = I \frac{G_{cem}}{G} + \alpha_{mp}(T_{cem} - T) \quad (3)$$

$$V_{cem} = V + \beta_{mp}N(T_{cem} - T) - R_s(I_{cem} - I) + m.N.V_t \ln\left(\frac{G_{cem}}{G}\right) \quad (4)$$

donde: I , V , T y G son respectivamente la corriente, la tensión, la temperatura de celda y la irradiancia medidas en un mismo instante, β_{mp} es la variación de la tensión del punto de máxima potencia con la temperatura, α_{mp} es la variación de la corriente de máxima potencia con la temperatura, y el subíndice “cem” refiere a las condiciones de destino, usualmente las condiciones estándar de medida.

La variación de la tensión del punto de máxima potencia con la temperatura se determina, por medio del empleo de la Ec. (5), para medidas de dicho punto denotadas con el subíndice 1 y 2, a igual irradiancia y diferente temperatura. El parámetro α_{mp} se lo descarta debido a que este se encuentra en el orden de la incerteza de la medición (King, 1997).

La R_s puede calcularse empleando la Ec. (6) para dos puntos de potencia máxima a igual temperatura, esto último es una variación del método propuesto por Wolf-Rauschenbach (Singh y Singh, 1982), de manera que la R_s puede hallarse si se realiza la inversa de la pendiente cambiada de signo de la recta que resulta de unir los puntos de máxima potencia a igual temperatura, para ello se realizan mediciones y se trasladan a igual temperatura ya que es poco práctico considerar que puede hallarse durante el monitoreo estados de polarización que cumplan este requisito de temperatura, lo que es posible por previa determinación del β_{mp} , y la aplicación de la Ec. (7) (el subíndice 0 indica las condiciones de destino de la corrección).

$$\beta_{mp} = \frac{V_1 - V_2}{N(T_1 - T_2)} \quad (5)$$

$$R_s = -\frac{(V_1 - V_2)}{(I_1 - I_2)} \quad (6)$$

$$V' = V_1 + \beta_{mp}N(T_1 - T_0) \quad (7)$$

Estudios previos realizados demuestran que si las ecuaciones de monitoreo son aplicadas desde irradiancias superiores a los 800 W/m² y temperaturas menores a 50 °C su desvío se encuentra acotado dentro de un margen del 2 % (Firman et al, 2011). En ese estudio no se considera el término logarítmico incorporado ahora en la Ec. (4).

Si se realiza el monitoreo, mediante la aplicación de las ecuaciones previas, del producto entre la V_{cem} y la I_{cem} se obtiene la potencia máxima normalizada en CEM, la cual puede ser comparada con la potencia nominal del arreglo FV y así establecer cuando se produce una anomalía en la generación.

El arreglo FV utilizado en este estudio tiene una potencia nominal de 500 Wp, está conformado por dos arreglos de 250 Wp conectados eléctricamente en paralelo, cada uno de ellos compuesto a su vez por 5 módulos de 50 Wp conectados eléctricamente en serie. Cada módulo fue previamente analizado, ensayado y trasladado a CEM de manera de verificar su funcionamiento. Dichos módulos son de silicio policristalino de la marca Photon modelo 050. La caracterización individual, se efectuó por medio de un trazador de curvas I-V basado en una carga híbrida (Firman et al, 2010).

Para caracterizar el arreglo de 500 Wp se desarrolló un dispositivo trazador de curvas I-V capacitivo, que consiste en una carga de 13,2 mF, que posee como dispositivo activo para la conexión de esta carga al arreglo FV un tiristor TIC126, todo el sistema es operado a través de un módulo de adquisición y control modelo NI-DAQmx de 14 bits de resolución capaz de obtener muestras a una frecuencia de hasta 48 ks/s, controlado con un software realizado en

ambiente Matlab. La corriente es medida con una resistencia *shunt* clase 0,5 y posteriormente amplificada. La tensión es obtenida proporcionalmente con un divisor resistivo. Los datos de irradiancia y temperatura son respectivamente medidos con una celda de referencia previamente calibrada y con un sensor tipo Pt100. Los canales de corriente y tensión fueron calibrados por medio de un multímetro de valor eficaz verdadero.

El monitoreo del SFCR en condiciones de operación se realizó a través de un multímetro de 6 y ½ dígitos equipado con placa multiplexora, con el que se obtiene la tensión por medio de un divisor resistivo calibrado, corriente por medio de una resistencia *shunt* clase 0,5, irradiancia por medio de una celda de referencia de igual tecnología a la de los módulos que conforman el arreglo FV y temperatura por medio de una resistencia variable con la temperatura tipo Pt100. Los datos fueron medidos en un período de 30 s, durante un día claro, sin nubes y registrados en una PC.

4. RESULTADOS

La caracterización del arreglo FV fue realizada individualmente por panel de 250 Wp y luego al arreglo total de 500 Wp que resulta del paralelo de estos, a través del trazador de curvas I-V desarrollado. La obtención de la curva desde I_{cc} hasta V_{ca} se realiza en intervalos de tiempo inferior a 200 ms. De esta manera, en un día claro puede considerarse que la irradiancia a la que el arreglo está sometido así como su temperatura son constantes. Se obtienen 2000 pares de puntos para cada curva Fig. 3. Donde se muestran las curvas de los arreglos individuales de 250 Wp y la suma de ellas que conforma, el arreglo de 500 Wp. Estas curvas han sido trasladadas a CEM mediante el ajuste de la curva obtenida realizada con la Ec (1). Los parámetros del modelo equivalente eléctrico obtenidos son indicados en la Tab. 1. Los parámetros mostrados fueron hallados a través de ajuste sobre cada curva experimental, y son los que junto a la potencia nominal del arreglo, servirán luego de referencia para contrastar el método de monitoreo continuo del sistema FV.

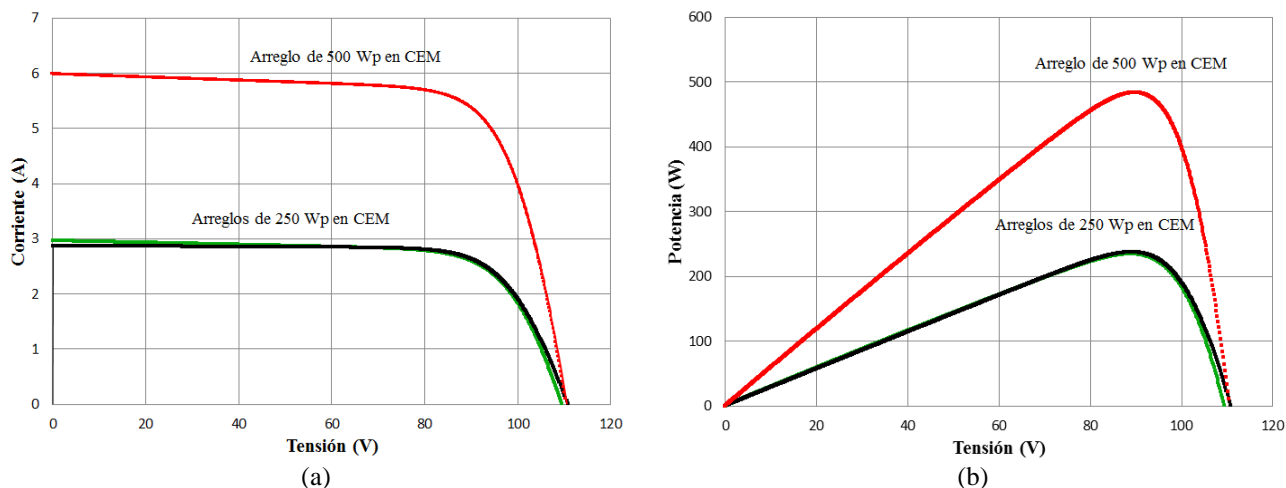


Figura 3 - (a) Curvas I-V del panel de 250 Wp y del arreglo completo de 500 Wp en condiciones estándar de medida, (b) Curva P-V de los arreglos FV.

Tabla1. Parámetros del modelo equivalente eléctrico del arreglo FV de 500 Wp.

$I_{cc} =$ 6,1 A	$P_m =$ 491,46 W	$R_p =$ 341,01 Ohm
$V_{ca} =$ 110,82 V	$m =$ 1,19	$R_s =$ 0,97 Ohm

Para evaluar el desempeño de las ecuaciones simplificadas de traslación, se procedió a analizar la dispersión de los valores de potencia a través del método de monitoreo propuesto con respecto a los obtenidos experimentalmente.

Para dicho análisis se determinó la desviación estándar del residuo entre la potencia medida y la de los puntos de máxima potencia obtenidos de la curva IV teórica, realizada con el modelo de cinco parámetros, para cada caso de radiación y temperatura. De esta manera se comparan los datos medidos con los que se deberían medir obtenidos de forma teórica para las condiciones dadas. El histograma obtenido se muestra en la Fig. 4.

La desviación estándar para un día claro sin perturbaciones y con irradiancias mayores a 800 W/m^2 es de 2.8% y dado que la metodología propuesta de monitoreo produce un error del mismo orden, se considera que dicha metodología es adecuada para su implementación para el monitoreo de sistemas FV conectados a red.

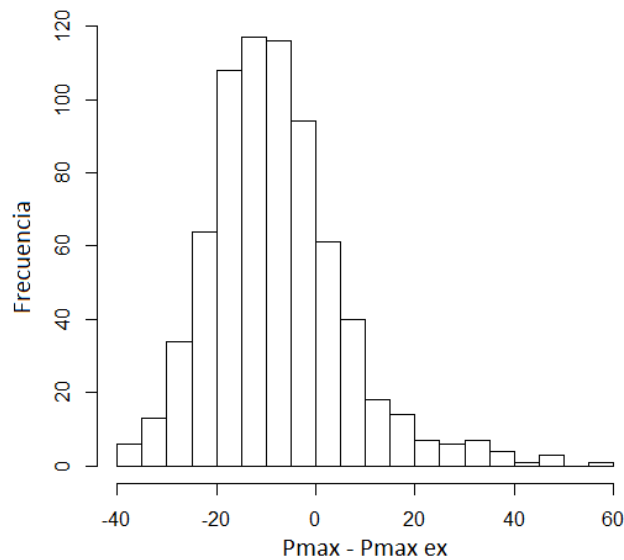


Figura 4 - Histograma que presenta la dispersión del residuo entre la potencia máxima teórica con los de potencia máxima medidos experimentalmente.

En la Fig. 5 se presenta el monitoreo realizado durante 8 h de registro de datos sobre el arreglo FV de 500 Wp. La Fig. 5 (a) muestra los datos obtenidos en el período, el análisis de los datos de este gráfico permite afirmar que la potencia máxima lograda por el arreglo es de 471 W con una irradiancia incidente de 1115 W/m^2 a $63,2 \text{ }^\circ\text{C}$, además se observa la presencia de una anomalía en la generación, zona resaltada en línea de puntos. Del análisis de esta figura, no puede obtenerse conclusiones con respecto al estado de funcionamiento del sistema FV, ya que la potencia máxima lograda se encuentra en un 6% por debajo de la potencia nominal del sistema y tampoco se infiere si lo que sucede en la anomalía presentada es debida a disminuciones en condiciones de irradiancia o debido a otro factor predominante en esos momentos.

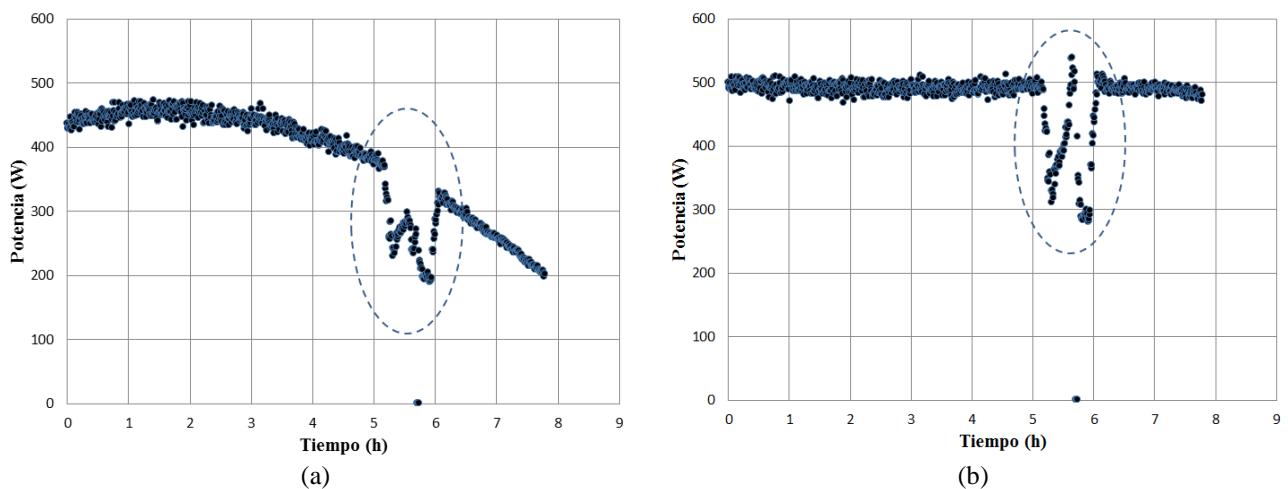


Figura 5 - (a) Diagrama potencia instantanea generada con respecto al tiempo del SFCR de 500 Wp.
(b) Puntos de máxima potencia trasladados según el algoritmo de monitoreo descrito.

Para aplicar el algoritmo de monitoreo a los datos obtenidos sobre el SFCR, se debe utilizar metodología explicada y las Ec. (5), (6) y (7). Para ello se debe contar con la variación de la tensión con la temperatura para los datos monitoreados y luego corregir los puntos medidos a igual condición de temperatura. De esta forma se puede hallar R_s como la inversa de la pendiente cambiada de signo de la tendencia sobre el total de puntos medidos. Obtenidos estos parámetros se procede a normalizar los puntos de potencia hallados a CEM, Fig. 5 (b).

De la aplicación del algoritmo de monitoreo sobre los datos puede notarse claramente la detección de una anomalía en la generación del sistema FV (anomalía remarcada en línea de puntos) provocada por una antena de comunicación distante, la cual en alturas solares bajas proyecta una sombra distribuida sobre el arreglo.

Con la información recolectada, eliminando los datos de la anomalía en la generación debida al sombreado y para los datos con irradiancias mayores a 800 W/m^2 , se obtienen los siguientes parámetros: $\beta_{mp}=2,3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$, una $R_s = 1,16 \text{ ohm}$. El promedio para la potencia sobre los datos trasladados por el algoritmo de monitoreo continuo es de $491,92 \text{ Wp}$, con una desviación estándar de $7,62 \text{ Wp}$ que equivale al 1,6% de la potencia nominal del arreglo y el desvío en la

determinación de la R_s para el monitoreo efectuado es del 16%. También se deduce que el generador FV se encuentra trabajando en condiciones normales en el pico de generación registrado para 471 W.

5. CONCLUSIONES

Se ha diseñado y construido una herramienta utilizada para el trazado de la curva I-V basada en una carga capacitiva destinada a la caracterización de SFCR, con la cual se obtuvieron los parámetros que componen el modelo equivalente eléctrico de la planta montada en la fachada de la universidad y la potencia nominal del arreglo.

Se verificó a través de análisis estadístico que los desvíos del método de monitoreo utilizado resulta adecuado para su implementación en monitoreo de SFCR.

Se observó la utilidad del método de monitoreo al aplicarlo a las observaciones realizadas.

El algoritmo de monitoreo propuesto detectó eficazmente anomalías en la generación como ser un sombreado parcial sobre los módulos FV que componen el arreglo y este algoritmo puede ser implementado para determinar anomalías en la generación en tiempo real.

El desvío en la determinación de R_s hallada por la metodología con respecto a los datos obtenidos del modelo equivalente eléctrico obtenidos por curva I-V es mayor al 10%, aun así se consiguió estimar la potencia nominal del arreglo FV ensayado con una desviación estándar de 1,6 %.

Este estudio puede continuarse con el estudio de la detección, en base al análisis de los datos obtenidos, del tipo de anomalía que produce una disminución en la potencia generada.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por parte del consorcio IRESUD a través de su Director el Dr. Julio Duran para la realización de este artículo, así como al apoyo financiero recibido por parte de la ANPCyT.

REFERENCIAS

- Bello C. Jiménez V. Toranzos V. Busso A. Vera L. Cadena C. 2009. Relevador portátil de curvas I-V de paneles fotovoltaicos como herramienta de diagnóstico in situ de sistemas de generación fotovoltaica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 13. ISSN 0329-5184.
- Cavallaro C. Raciti A. Torrisi A. 2002. Reliability improvement of photo voltaic power conversion systems by an optimal remote-management controller. *Fourth IEEE International Caracas Conference on Devices, Circuits and Systems*.
- Celik, A. y Acikgoz, N. 2007. Modelling and experimental verification of the operating current of mono-crystalline photovoltaic modules using four- and five-parameter models - *Applied Energy* 84 1–15.
- Chouder A. Silvestre S. 2010. Automatic supervision and fault detection of PV systems based on power losses analysis. *Energy Conversion and Management* 51, pag; 1929–1937.
- Chouder, A. Silvestre, S. Sadaoui, N. Rahmani, L. 2012. Modeling and simulation of a grid connected PV system based on the evaluation of main PV module parameters. *Simulation Modelling Practice and Theory* 20 46–58.
- Couture, T. Gagnon Y. 2010. An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. *Energy Policy* 38 955–965.
- Cristaldi L. Faifer M. Ferrero A. Nechifor A. 2010. On-line monitoring of the efficiency of Photo-Voltaic panels for optimizing maintenance scheduling. *IEEE, I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference*.
- de Keizer A. van Sark W. Stettler S. Toggweiler P. Lorenz E. Drews A. Heinemann D. Heilscher G. Schneider M. Wiemken E. Heydenreich W. Beyer, H. 2006. PVSAT-2: Results of field test of the satellite-based PV system performance check. *21st European Photovoltaic Solar Energy Conference*.
- Firman, A. Toranzos, V. Busso, A. Cadena, C. Vera, L. 2010. Sistema híbrido para la caracterización eléctrica de arreglos fotovoltaicos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 14, ISSN 0329-5184.
- Firman, A. Toranzos, V. Busso, A. Cadena, C. Vera, L. 2011. Determinación del punto de trabajo de sistemas fotovoltaicos conectados a red: método simplificado de traslación punto a punto a condiciones estándar de medida *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 15, ISSN 0329-5184.
- Forero, N. Hernández, J. Gordillo G. 2006. Development of a monitoring system for a PV solar plant. *Energy Conversion and Management* 47. Pag; 2329–2336.
- Gargiulo M. Guerriero P. Daliento S. Irace A. d’Alessandro V. Crisci M. Smarrelli A. Smarrelli M. 2010. A Novel Wireless Self-powered Microcontroller-based Monitoring Circuit for Photovoltaic Panels in Grid-connected Systems. *SPEEDAM 2010 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*.
- Kaplanis, S. Kaplani, E. 2011. Energy performance and degradation over 20 years performance of BP c-Si PV modules. *Simulation Modelling Practice and Theory* 19 1201–1211.

- Kim, S. Jeon, J. Cho, C. Kim, E. Ahn J. 2009. Modeling and simulation of a grid-connected PV generation system for electromagnetic transient analysis. *Solar Energy* 83 664–678.
- King, D. 1997. Photovoltaic Module and Array Performance Characterization Methods for All System Operating Conditions. NREL/SNL Photovoltaics Program Review Meeting, November 18-22,1996, Lakewood, CO, AIP Press, New York.
- Liu, Y. Huang, J., 2011. A fast and low cost analog maximum power point tracking method for low power photovoltaic systems - *Solar Energy* 85 2771–2780.
- Luque, A. y Hegedus, S. 2003. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. John Wiley & Sons, ISBN 0-471-49196-9, pag: 949-953.
- Muñoz J. y Lorenzo E. 2005. Diseño de una carga capacitiva para medir generadores fotovoltaicos. *Era solar: Energías renovables*, ISSN 0212-4157, N°. 127, pp. 38-49.
- Othman N. Damanhuri N. Ibrahim I. Radzali R. Mohd, M. 2010. Automated Monitoring System for Small Scale Dual-Tariff Solar PV plant in UiTM Pulau Pinang. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol II*.
- Singh, V. y Singh, R. 1982. A method for the measurement solar cell series resistance. *IOP*.

MONITORING AND CHARACTERIZATION OF GRID CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Abstract. *To determine the operating condition of grid connected photovoltaic systems (GCPS) continuously is necessary to have a methodology capable of determining the power delivery system without interfering with its operation, and compared with the actual value provided. In this paper we evaluate an algorithm to determine abnormalities in the generation of GCPS through monitoring of the power generated. Results of continuous monitoring of the system are contrasted with values obtained in the characterization, performed through the use of an IV curve tracer based on a capacitive load. The results obtained indicate that it is possible to adequately characterize the maximum power point of grid connected photovoltaic systems with deviations below 2% using partial data from the IV curve. Thus, it becomes a tool to assess conditions SFCR generation without interfering with its operation.*

Key words: *Solar energy, grid connected photovoltaic system, IV curve.*