

SISTEMA DE MEDIDA AUTOMATIZADO Y DE BAJO COSTO PARA CARACTERIZACIÓN DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Hoyos, D; Montero, M; Bárcena¹, H; Cadena, C; Farfán, R
Facultad de Ciencias Exactas – Universidad Nacional de Salta
INENCO (Instituto de Energía no Convencional) CIUNSA(Consejo Investigación UNSa)
Tel. 0387-4921463 e-mail: hoyosd@unsa.edu.ar

RESUMEN: En este trabajo se presenta un sistema automático de medida que permite caracterizar un módulo fotovoltaico. Este sistema automático de medidas, puede ser usado ya sea a cielo abierto o bien en un banco de pruebas, el mismo está compuesto por una computadora, un software elaborado específicamente para tal fin, un sistema de toma de datos y control, y un circuito eléctrico que tiene como carga para el panel un banco de capacitores y controlado electrónicamente por dos FET (transistores de efecto de campo).

La característica fundamental del sistema, es que a través del circuito de carga capacitiva, el panel pasa por todos los estados posibles de carga y lo hace en un tiempo relativamente corto de tal forma que con esto se logra que no haya cambios en las condiciones a la que se encuentra sometido. Por otra parte, la toma de datos está construida de tal forma que se dispone de muchos puntos para mejorar el trazado de la curva tensión-corriente (I-V) y encontrar con una mayor precisión el punto de máxima potencia.

Palabras clave: energía solar, instrumentación, fotovoltaico, carga capacitiva

INTRODUCCION

La caracterización de módulos fotovoltaicos es un tema importante tanto para la investigación, como para el diseñador o el control de calidad de una empresa. Por lo tanto un sistema automatizado de toma de datos para poder caracterizar los módulos en forma rápida, de manera que las condiciones a la que se encuentra sometido el panel durante el ensayo no cambien, y de bajo costo, permite disponer de una herramienta importante por su confiabilidad y sensibilidad.



Figura 1: Fotografía del sistema manual de toma de datos con carga resistiva

Para poder realizar la caracterización de un módulo fotovoltaico, se deben medir tensión y corriente para diferentes estados de carga del módulo, arrancando desde el estado de mínima tensión y máxima corriente (corto circuito), pasando por diversos estados de carga hasta alcanzar el estado de máxima tensión y mínima corriente (circuito abierto) del panel. Normalmente el ensayo, según normas, se debe realizar bajo condiciones normalizadas, es decir con una radiación de 1000 W/m^2 y una

¹ Docente de la Universidad Católica de Salta y de la Universidad Nacional de Salta

temperatura de celda de 25°C (Norma IRAM 210013-2), o en el caso de no disponer de estas condiciones se debe medir la radiación disponible, la temperatura ambiente y la temperatura de celda. A partir de estas medidas se pueden aplicar factores de corrección para las distintas variables medidas.

Disponer de un banco de pruebas y de un sistema de medida que pueda verificar el funcionamiento del sistema in situ es muy importante, por lo tanto se desarrolló un sistema portátil de medición de variables eléctricas para paneles fotovoltaicos que se puede utilizar tanto en un banco de pruebas como en el lugar donde se encuentra instalado el panel, o un sistema de paneles fotovoltaicos.

ANTECEDENTES

Originalmente, en trabajos anteriores se desarrolló un circuito eléctrico que tenía como carga para el módulo, una carga resistiva electrónica con un banco de toma de datos manual, donde se debía variar la carga obteniendo los datos de tensión y corriente para graficar la curva I-V. Los mismos se tomaban en forma manual, resultando muy tedioso y si las condiciones ambientales variaban como ser radiación, temperatura, viento etc. en el tiempo en que se realiza el ensayo, los resultados no serían satisfactorio. Este sistema de toma de datos se muestra en la figura 1. La carga electrónica era muy sencilla pero tenía algunos inconvenientes. En el circuito de toma de datos de tensión y corriente, la carga electrónica estaba compuesta por transistores, los cuales estaban muy solicitados produciéndose fallas en el punto de máxima potencia.



Figura 2: carga resistiva esquema eléctrico

El sistema de medida estaba compuesto por un amperímetro, un voltímetro, dos medidores de temperatura (uno media temperatura ambiente y el otro media temperatura de celda) y un medidor de radiación. Este sistema permitía realizar el ensayo de un panel fotovoltaico en un tiempo aproximado entre cinco y diez minutos, provocando por un lado un aumento de temperatura en el panel desde el comienzo hasta el final del ensayo, y por otro lado un cambio de poca consideración en el nivel de radiación, si el ensayo se realiza a cielo abierto, por lo que las características eléctricas sufrían variaciones. Por lo que para poder efectuar la medida de las características del panel, se lo dejaba calentar hasta que se estabilice la temperatura y luego se media, a estos valores se les debía aplicar los factores de corrección correspondientes, incrementándose de esta manera el tiempo del ensayo.

En este sentido lo que se trata es de disminuir el tiempo de medida entre un panel y otro. Con este fin se analizó la posibilidad de realizar esta con carga capacitiva, acelerando así el tiempo en que se mide un módulo fotovoltaico.

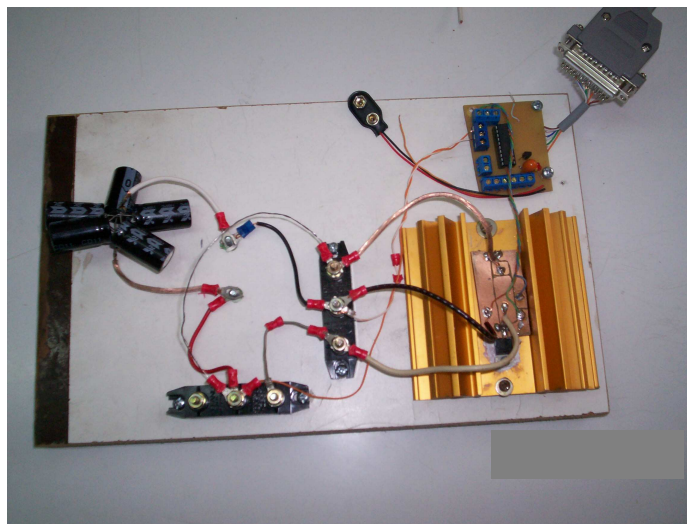


Figura 3: implementación de una carga capacitiva

CARGA CAPACITIVA

La carga capacitiva se basa en suponer que el panel es una fuente de corriente constante, entonces el capacitor se carga y el panel pasa por todos sus posibles estados de carga, desde el estado de corto circuito hasta llegar al estado de circuito abierto. Se debe determinar el valor de la capacidad para disminuir el tiempo de medida de forma que el panel no cambie de temperatura por el calentamiento. La ecuación del sistema suponiendo corriente constante (Caamaño et.al, 1999) es:

$$V_p = \frac{I \times t}{C} \quad (1)$$

En donde:

V_p : tensión del panel a circuito abierto

t : tiempo de carga del capacitor

C : capacidad

De la ecuación (1) se obtiene que la capacidad será:

$$C = \frac{I \times t}{V_p}$$

Para el cálculo del valor de C se supuso el peor de los casos donde la corriente es menor y por lo tanto el tiempo de descarga es mayor, trabajando con un panel de 50 W y suponiendo el tiempo de carga del capacitor en 0,1 s, se determinó que la capacidad debe ser de aproximadamente 18000 μF . El mayor capacitor electrolítico disponible en el mercado en cuanto a la capacidad y la tensión admisible es de 4700 μF y 35 V; por ello se utilizaron 4 condensadores de estas características conectados en paralelo para llegar a la capacidad requerida.

Debido al poco tiempo de exposición se debe disponer de un sistema de adquisición de datos relativamente rápido. Se toman al menos 100 medidas en 0,1 s por cada canal, lo que determina que el ciclo de medida de todos los canales debe ser de 1 ms, por lo que el sistema de adquisición debe medir cada canal en 0,2 ms. Se seleccionó como adquisidor el integrado ADC0838, el cual es un convertor A/D de 8 bits y su velocidad de toma de datos es de 100000 datos por segundo, lo cual cumple satisfactoriamente con los requerimientos impuestos por la experiencia. Para comenzar la experiencia no se puede disparar manualmente, ya que el tiempo total de exposición está muy cerca del tiempo de reacción humana (0,2 s), por lo tanto, se utilizó un transistor de efecto campo (FET IRFZ44N) para disparar el sistema. Una vez terminado el ensayo se debe descargar el banco de capacitores, para ello se incluyó un segundo FET de las mismas características que el anterior, que conecta una resistencia de descarga de valor 1 Ω que disipa una potencia instantánea de hasta 150W entre los bornes del condensador.

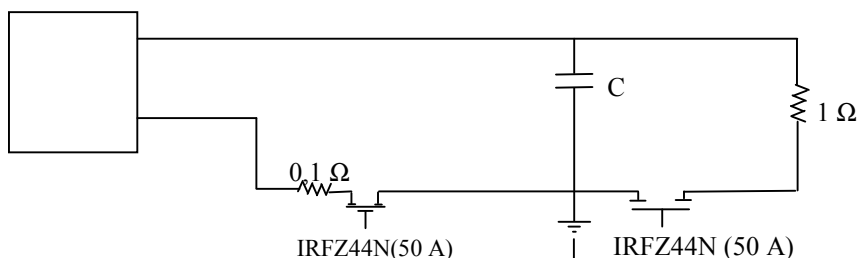


Figura 4: esquema del circuito con carga capacitiva

MEDICIÓN DE TENSIÓN Y CORRIENTE

El ADC0838 utiliza una tensión de referencia de 5V lo que implica que su sensibilidad es de 19 mV y la máxima tensión a medir es de 5V, por esta razón para medir la tensión teniendo en cuenta que la tensión de circuito abierto es de 22 V se atenuó la medida 5 veces mediante un divisor resistivo, por lo que la sensibilidad del instrumento es de 0,1V. La medición de corriente se realiza a través de una resistencia de constantán de 0,1 Ω lo que determina que la sensibilidad del instrumento es de 190 mA.

MEDICIÓN DE TEMPERATURA

Para medir temperatura se utiliza un sensor LM35 que tiene una sensibilidad de 10mV/ $^{\circ}\text{C}$. Se utilizaron dos sensores uno para medir temperatura ambiente y el otro para medir temperatura en la cara posterior del módulo. La señal fue amplificada 5 veces para lograr una mayor precisión.

Se debe recordar que no se puede medir directamente la temperatura de celda, sino que se debe colocar el sensor en la parte posterior para luego realizar una aproximación a esta.

Como se sabe la temperatura de la celda depende exclusivamente de la irradiancia y de la temperatura ambiente, según la siguiente ecuación lineal:

$$T_c - T_a = C_2 G$$

Donde C_2 es una constante cuyo valor es:

$$C_2 = \frac{TONC(^{\circ}C) - 20}{80mW/cm^2}$$

Donde TONC es la temperatura de operación nominal de la celda.

El valor de TONC de los módulos que constituyen el mercado actual, oscila entre 42 y 46 °C, con lo cual C_2 toma valores que oscilan entre 0,27 y 0,32 °C/(mW/cm²). Una aproximación razonable, cuando no se conoce el valor de TONC, es suponer $C_2 = 0,3$ °C/(mWcm²).

MEDICIÓN DE RADIACIÓN.

Para los ensayos normalizados se recomienda utilizar una celda normalizada. En el caso de este sistema se utilizó un sensor de radiación LICOR fotovoltaico. Lo que implica que se debe amplificar esta señal en un orden de 5 veces.

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema de adquisición, figura 5, se construyó en base al integrado ADC0838 el cual tiene una interfase serie síncrona. Utiliza cuatro líneas de control: cs, clock, din, dout. El error del sistema depende de la tensión de referencia, de las variaciones de tensión de alimentación del integrado, de las tensiones de alterna espúreas presente en el sistema 50Hz de la red de alimentación, variaciones de tensión en la masa de la computadora. Para disminuir el error no se conecta el integrado a red, se utiliza como tensión de alimentación una batería de 9 V. La masa de la computadora se conecta a un único punto del circuito, por lo tanto el integrado flota sobre las modificaciones de la masa y no recibe los 50 Hz de la línea lo que mejora el desempeño del sistema acoplándolo al puerto paralelo de la computadora.

Se desarrollo un software en Visual Basic para su operación. Este programa presenta como resultado en pantalla la curva I-V, la temperatura ambiente, la temperatura en la parte posterior de la celda, el valor de la irradiancia y calcula el punto de máxima potencia. El visual Basic no tiene instrucciones para conectarse con los puertos de la computadora, por lo tanto se buscó una herramienta de tercero que permita esta conexión. La idea de este sistema es que sea móvil por lo tanto debe poder ser utilizado en una computadora portátil, pero en este momento las computadoras portátiles no traen puerto paralelo, pero existen interfases entre puerto USB y puerto paralelo que permiten esta conexión

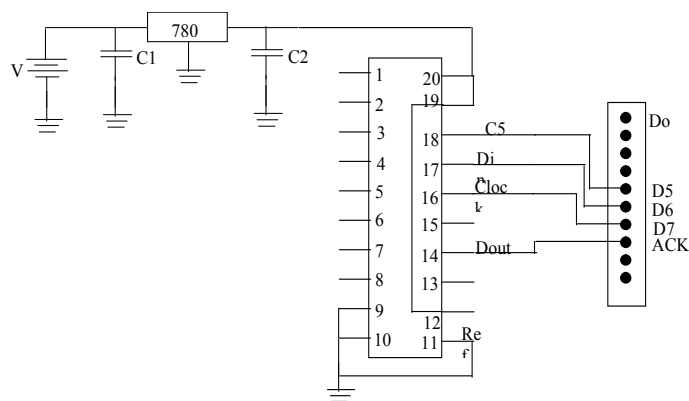


Figura 5: Sistema de toma de datos y control

CONCLUSIONES

Este sistema de adquisición de datos es de muy bajo costo y su confiabilidad es buena. La sensibilidad de este dispositivo es relativamente baja comparada con un instrumento de laboratorio especialmente en la medida de la corriente. Se prevee mejorar el sistema de lectura de la tensión en la de resistencia (0,1 Ω) en la cual se hace la conversión para la medida de la corriente ya sea utilizando un instrumento de mayor precisión o amplificando la tensión medida sobre la misma.

El tiempo del ensayo disminuyó sensiblemente con respecto al ensayo manual. La exactitud de la medida de máxima potencia aumentó dado que se dispone de mayor cantidad de puntos para la construcción de la grafica I-V.

En este momento se está desarrollando un algoritmo que interpole una curva y de esa forma aumentar la precisión en la determinación de máxima potencia.

Este sistema se pensó originalmente para ser utilizado en un banco de prueba pero hasta poner este a punto los ensayos se realizan a cielo abierto.

Cómo puede verse es un sistema de adquisición de datos muy versátil, de bajo costo, confiable y fácilmente transportable.

REFERENCIAS

- ZANESCO, I., MOEHLECKE, A. e SALVADORETTI, J.L. *Construção e Teste de um Simulador Solar para Caracterização de Módulos Fotovoltaicos*. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC, (1):p73 - 74, Porto Alegre RS, 1990.
- ASTM E 927 – 91 Standard Specification for Solar Simulation for Terrestrial Photovoltaic Test, pág. 459-460
- E. Caamaño E. Lorenzo and R. Zilles Quality Control of Wide Collections of PV Modules: Lessons Learned from the IES Experience PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS, Prog. Photovolt: Res. Appl. 7, 137±149 (1999)
- ADC0838 National Datasheet
- LORENZO, EDUARDO Electricidad Solar. Ingeniería de los Sistemas Fotovoltaicos. Progesa 1994 primera edición

ABSTRACT

In this work one presents an automatic system of measure that allows to characterize a photovoltaic module. This automatic system of measure, can be used already be to sky opened or in a test bench, the same one it is composed by a computer, a software elaborated specifically for such an end; a system of capture of information and control, and an electrical circuit that takes a bank as a load for the panel of capacitors and controlled electrically for two FET (transistors of field effect). The fundamental characteristic of the system, is that across the circuit of load capacity, the panel happens for all the possible conditions of load and does it in a relatively short time in such a way that with this it achieves that there are no changes in the conditions the one that is submitted. Also on the other hand, the capture this of information constructed in such a way that it prepares of many points to improve the tracing of the curve and also to find the point of maxim promotes.

Keywords: solar energy, photovoltaic instrumentation