

SIMULADOR DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Ricardo Ashur^{*}, Carlos Cadena^{**} y Luis Saravia^o

INENCO[#], Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

1. Resumen

Debido al alto costo actual de los sistemas fotovoltaicos, como herramienta de ensayo surge la opción de dispositivos simuladores de las características tensión-corriente de estos sistemas.

Existen estudios que proponen prototipos con diversos principios de funcionamiento. Entre otros: variación de resistencia con la tensión (varistancias), saturación de núcleos magnéticos, etc.

Es posible, aprovechando las características tensión colector-emisor vs. corriente de colector, simular la respuesta de un arreglo fotovoltaico. En el presente trabajo se describe un sistema, que basado en este último método, se controla por un microordenador.

El dispositivo simula un arreglo de paneles considerando radiación incidente y temperatura del lugar, calculando las características tensión-corriente para esas condiciones. Con estos valores calculados entra en una etapa de control durante un tiempo estipulado. De esta etapa, el sistema controla la corriente en la carga mediante una realimentación de tensión. Cumplido el período de tiempo el sistema actualiza las características Tensión-Corriente para nuevos valores de radiación y temperatura.

El simulador permite el trabajo con temperatura y radiación programables por el usuario. Esto, sumado a la posibilidad de simular distintos tipos de paneles, permite analizar el comportamiento de diversas configuraciones de sistemas fotovoltaicos sometidos a situaciones diferentes.

* Becario CONICET
** Profesional del CONICET
o Investigador del CONICET
Instituto UNSa.-CONICET

2. Principio de funcionamiento

Se prevén dos modos de funcionamiento:

a) El dispositivo simula un arreglo de paneles considerando la radiación incidente y temperatura del lugar. El microcomputador lee, Fig. 1, por medio de un conversor análogo-digital, temperatura ambiente y radiación. En base a estos parámetros y con el modelo de panel ya validado (1) se calculan las características tensión-corriente para esas condiciones. Luego se procesan acondicionándose en forma de tabla. Aquí el sistema, durante un tiempo estipulado (3-5 minutos), pasa a la etapa de control. Esto es: el microprocesador, lee (conversor análogo-digital) la tensión en bornes de salida ("bornes del panel"), acondiciona la señal para entrar en la tabla confeccionada y salir con el valor de la corriente a fijar (conversor digital-análogo, limitador de corriente). Nótese que la realimentación del sistema se realiza a través del microprocesador. Una vez cumplido el período de tiempo mencionado, se vuelve a elaborar una nueva tabla con valores actualizados de radiación y temperatura.

b) La simulación se realiza considerando valores de radiación y temperatura dados por el usuario. El principio de funcionamiento, es similar salvo que, en vez de medirse, los parámetros son programables por el usuario.

3. El simulador

3.1 Microcomputador

El microcomputador usado es un sistema de desarrollo AIM65, cuyas características son:

-32 kbyte de memoria RAM
-20 kbyte de memoria ROM, que incluye: Monitor, Editor, Assembler y Basic interpretativo
-Interfase de entrada-salida serie-paralelo

to A de la VIA ingresa a los registros tampon CI1 y CI2, que están controlados por la señal EN a través de la salida PB6. El convertor digital-analógico de 8 bits (DAC0808) demuestra en su salida E una señal analógica proporcional al valor del byte presente en su entrada. El circuito CI4, realiza la adaptación de impedancia proporcionando una tensión de referencia a CI6. Este dispositivo, un regulador LM 723 compara y corrige esta tensión de referencia, permite regular la amplitud de salida por medio del potenciómetro P2.

La etapa de potencia (sumidero de corriente) la conforman CI7 (LM358), el transistor T y la resistencia R. Esta etapa funciona limitando la corriente a un valor igual al de la tensión presente en el terminal 3 de CI17 expresada en Amperes. En realidad en la Fig. 2 el transistor T se esquematizó para simplificar el circuito. El transistor T corresponde a una configuración Darlington con transistores de salida en paralelo.

3.3. Convertor Analógico-Digital

La Fig. 3 corresponde al circuito de la tarjeta análoga-digital. En razón de que las señales correspondientes a los parámetros a ser sensados (radiación, temperatura, tensión en bornes) presentan rangos diferentes, éstos se acondicionan previamente. Esta es la

función de los blocks 1, 2 y 3.

La señal del solarímetro (Kipp-Zonnen, $4.72 \mu\text{v}/\text{w}/\text{m}^2$) es amplificada 1000 veces (block 1). El sensor de temperatura AD590 y su circuito asociado (block 2) proveen $50 \text{ mV}/^\circ\text{C}$. Por último, la tensión de salida del simulador debe ser atenuada en un valor variable según sea el arreglo de paneles elegidos (block 3) antes de ser tomada por el convertor A/D.

Estas señales entran a un multiplexor diferencial (CD4052). El canal es seccionado por el microcomputadora a través de las líneas PB0 y PB1. El mismo ingresa a un convertor Analógico-Digital de 8 bits (ADC800). El convertor posee una tensión de referencia de 5 v (Ad 584), valor al que se limitan las señales a medir. Mediante las líneas CB2, CB1 y PB3 se controlan las líneas WR (convertir), INT (fin de conversión) y RD (lectura) respectivamente. Los datos a la salida sólo se encuentran disponibles mediante RD (LATCH interno) que facilita el uso del port A de la VIA como entrada-salida.

3.4. El Control

Los programas de control del simulador se pueden dividir en dos partes. El diagrama general se observa en la Fig. 4.

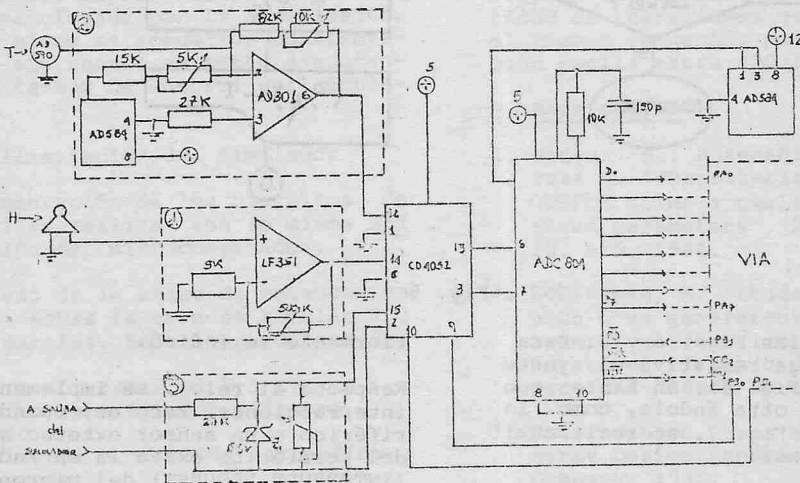


Fig. 3

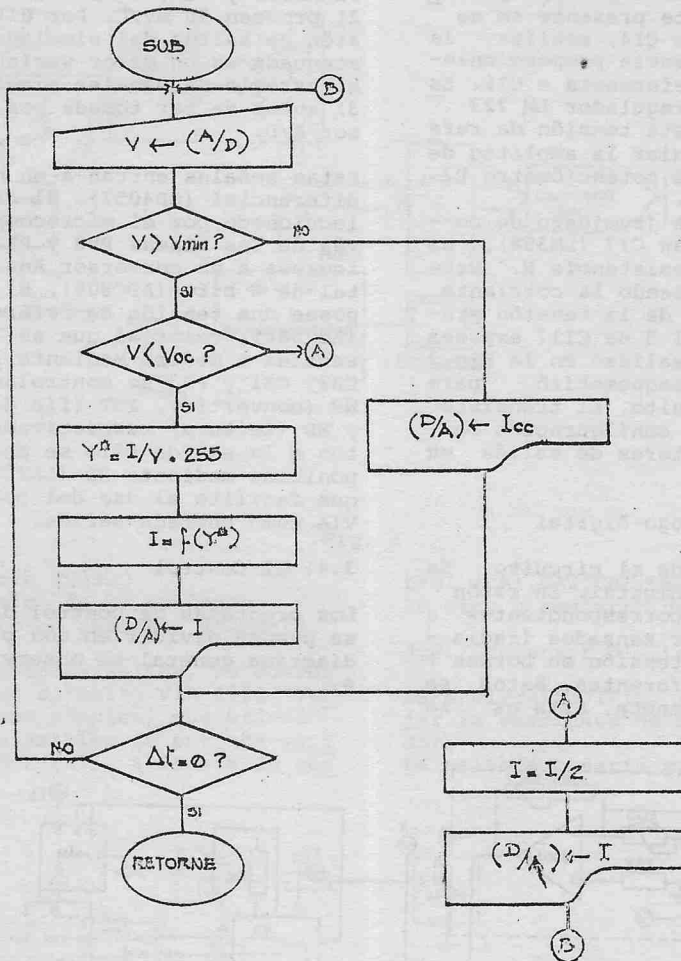


Fig. 5

se observa en las Figs. 6 y 7. Para el caso de carga resistiva el ajuste es inmediato (Fig. 6), en tanto que para cargas de otra índole, como la mostrada en la Fig. 7, se realizan algunas iteraciones.

En el caso de que la tensión leída, es mayor a la tensión de vacío correspondiente, el programa salta a una rutina que divide la corriente que está imponiendo. Esto, que no es otra cosa que el principio de autorango, permite entrar en el intervalo (V_{min} , V_{oc}) y proceder como ante-

riormente se indicó.

Respecto al reloj, se implementó con interrupciones. Esto es, cuando el periférico o un sensor externo a través del periférico exita la entrada IRQ (INTERRUPT REQUEST) del microprocesador, éste ejecuta una rutina previamente especificada.

En nuestro caso, estas interrupciones las proveen los contadores internos de la interfase VIA6522. Los contadores realizan una cuenta determinada generando una interrupción, cuando la

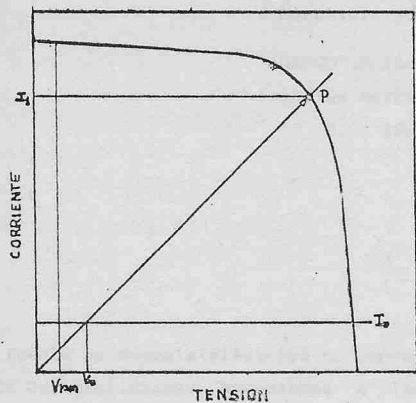


Fig. 6

completa. Aquí el microprocesador salva los registros en que está operando y atiende una rutina de actualización del reloj y chequeo del intervalo deseado. Esto se realiza cada 50 mseg. Finalizada esta rutina el P recupera los registros salvados y sigue operando. Las instrucciones finales de esta rutina de interrupción disponen los contadores para una nueva cuenta.

El reloj se implementó de la manera antes mencionada por la necesidad de que el mismo se actualice constantemente, aún cuando se están ejecutando las tareas de control del simulador.

3.5. Alimentación del Simulador

La alimentación de los circuitos de control se realiza con la misma alimentación del microcomputador.

El diseño de la etapa de potencia se realiza sobre la base de simular 400 Wp de paneles. Esta etapa cuenta de:

- Autotransformador de 5.5 KVA
- Circuito rectificador y filtro (150000 uF).
- Circuito de protección (encendido y sobrecarga).

4. Resultados

Se han realizado los primeros ensayos con potencias reducidas. El ajuste obtenido frente a las características del modelo ha sido satisfactorio. Para los casos ensayados

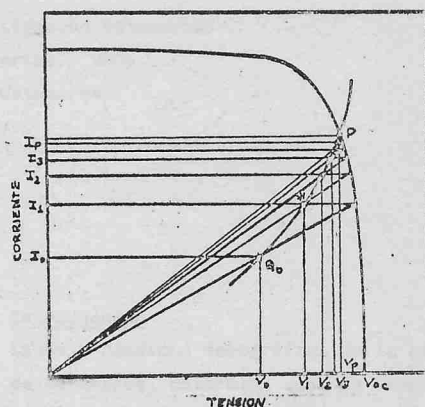


Fig. 7

se encontró que el error max. frente a las características del modelo es de aproximadamente $(4 \cdot I_{max}/256)$, con I_{max} = corriente con el convertor D/A a plena escala. Esto se debe a errores de linealidad de los conversores y del limitador de corriente, como así también a la naturaleza discreta de la simulación.

Si bien la respuesta en frecuencia del sistema es variable de acuerdo a la cantidad de iteraciones que deba realizar el tiempo requerido para cada iteración oscila entre 900 1200 useg.

5. Referencias

1. Singer, S., Rozenshtein, B. and Surazi S. "Characterization of PV ARRAY OUTPUT using a small number of measured parameters". Solar Energy, Vol. 32, n°5, 1984.
2. Schiffman, M. "Etude de la simulation d'un generateur photovoltaïque asservi en flux lumineux et en temperature". Trabajo de Maestría, Universidad Claude Bernard-Lyon I, 1980.
3. Rauschenbach, Hans S. "Solar Cell Array Design Handbook". VN. Reinold Company, 1980.