

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE SEGUIMIENTO DE LA TRAYECTORIA SOLAR

Guillermo Santillán, Gabriel Blanco, Marcelo Spina
Grupo de Investigación ADQDAT

Departamento de Ingeniería Electromecánica, Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires
Av. Del Valle 5737, (7400)- Olavarría - Pcia. de Buenos Aires
Teléfono: 0284-51055/56 - Fax: 0284-50628

E-mail: gsantill@fio.unicen.edu.ar / gblanco@fio.unicen.edu.ar / mospina@fio.unicen.edu.ar

RESUMEN

Se presenta en este trabajo los aspectos técnicos más relevantes de un dispositivo electromecánico de bajo consumo y bajo costo para el seguimiento de la trayectoria solar, desarrollado en el Departamento de Ingeniería Electromecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, y los resultados de las primeras experiencias realizadas con módulos fotovoltaicos. Se analizan los valores obtenidos en la ciudad de Olavarría comparando la energía eléctrica producida por un módulo fotovoltaico fijo con la energía generada por otro conducido por el dispositivo seguidor. Se observó como resultado una ganancia promedio del 15,5 % diario a favor del módulo móvil durante los meses de invierno en que se hicieron las mediciones. Por último se muestran los valores obtenidos de las mediciones de consumo energético del dispositivo donde puede observarse el bajo nivel del mismo, demostrando la factibilidad de su utilización en sistemas de muy baja potencia.

INTRODUCCIÓN

Este desarrollo tiene como objetivo brindar un aporte a la reducción del costo de la energía solar en general, y de la producida por medio de módulos fotovoltaicos en particular. Para ello hemos desarrollado en esta primera etapa un dispositivo electromecánico de muy bajo consumo para el seguimiento de la trayectoria solar aplicado a sistemas fotovoltaicos. Además de intentar resolver el problema clave en este tipo de dispositivos, a saber la relación entre la energía adicional generada y la energía consumida para el seguimiento, nos propusimos desarrollar un sistema confiable de muy bajo costo inicial y mantenimiento posterior. Las primeras experiencias han sido alentadoras, como puede observarse en los gráficos adjuntos donde se vuelcan las mediciones realizadas en los meses de julio y agosto del corriente año. Queda, por supuesto, realizar y analizar mediciones a lo largo de todo el año y probar sistemas de transmisión alternativos con el fin de optimizar el mecanismo de mando del dispositivo para llegar a conclusiones más precisas sobre la factibilidad técnico-económica del dispositivo.

Para este trabajo utilizamos una de las posibles soluciones para el mecanismo de mando que transmite movimiento a los módulos, pero entendemos que cada aplicación requiere de un estudio particular del dispositivo mecánico. No ocurre lo mismo con la componente electrónica del seguidor, que tal como ha sido desarrollada permite el ajuste de una serie de parámetros que la hacen adaptable a cualquier caso.

ASPECTOS TECNICOS RELEVANTES DEL DISPOSITIVO

El dispositivo funciona a partir de detectar la diferencia en el nivel de radiación que se produce sobre dos fotosensores cuando se sombrea uno de ellos debido al movimiento aparente del sol. A partir de allí el circuito electrónico asociado genera la señal correspondiente para alimentar al motor de 12 V de corriente continua que hace girar el array de módulos enfrentándolo de nuevo al sol, de modo tal que ambos fotosensores vuelvan a recibir la misma radiación. Una vez en esta posición el motor deja de recibir tensión y espera una nueva diferencia en el nivel de radiación sobre los sensores, la cual se producirá después de que el sol haya recorrido un ángulo de azimut de unos 5° aproximadamente. Cuando el nivel de luz sobre ambos sensores es demasiado bajo, como cuando anochece, el circuito envía una señal que activa un relé que invierte el sentido de giro del motor. El motor recibe tensión y gira de "oeste a este" hasta posicionar al array de módulos de modo que quede listo para recibir la radiación solar a la mañana siguiente.

Para la alimentación de potencia del motor es necesario contar con un banco de baterías que permita brindar la corriente necesaria que toma el motor en cada uno de los arranques. Como veremos la capacidad de almacenamiento necesaria de este banco es mínima y puede utilizarse eventualmente el mismo banco de baterías del sistema fotovoltaico si se trata de un sistema autónomo. El circuito electrónico asociado, cuyo consumo es despreciable aun frente al consumo del motor, se alimenta de esa misma fuente.

El dispositivo permite cierta flexibilidad en el ajuste de algunos parámetros que pueden hacer mejorar su performance de acuerdo a la situación en que se requiera su uso. Este "seteo" de variables permite por un lado controlar el grado de sensibilidad del sistema al movimiento aparente del sol. Esto es la cantidad de veces que el array de módulos se pondrá en movimiento durante el día. En un estudio posterior se analizará la ganancia adicional de energía obtenida por un

seguimiento más ajustado de la trayectoria solar frente al mayor consumo de la energía consumida por el motor en ese caso, ya que éste deberá arrancar una mayor cantidad de veces.

El otro valor "seteable" es el nivel de radiación para el cual queremos que el array gire en sentido inverso hasta ubicarse en la posición correcta para recibir la radiación solar al día siguiente. Esta posibilidad resulta interesante, en principio, sólo con fines experimentales, aunque podría ser de utilidad para el usuario en algún caso particular.

Como mecanismo para la transmisión de movimiento se utilizó un sistema de poleas y correa con una velocidad de salida de 0.3 rev/min, que resultó efectivo para el movimiento de un solo panel y con velocidades de viento de hasta 25 km/h aproximadamente. Para la transmisión de potencias superiores, mayor número de módulos y vientos más fuertes, se deberá desarrollar otro sistema de transmisión. En la segunda etapa del desarrollo del dispositivo seguidor se trabajará con una transmisión sinfin y corona diseñada para mover hasta 8 módulos en un eje inclinado.

MEDICIONES REALIZADAS

Las mediciones de corriente eléctrica generada por el módulo fotovoltaico fijo y por el conducido por el dispositivo de seguimiento se realizaron con la ayuda de una placa adquisidora de datos y el software correspondiente para su interpretación, ambos desarrollados por el Grupo de Investigación y Desarrollo ADQDAT del Departamento de Ingeniería Electromecánica. Esta placa permitió monitorear on-line los valores de intensidad de corriente generada por los dos módulos y además grabarlos en un archivo a intervalos regulares de tiempo. Este intervalo se estableció en 60 segundos, lo que permitió contar con unos 600 valores de intensidad de corriente por módulo y por día. Estos valores permitieron construir las curvas que se muestran más abajo e integrarlas con mucha precisión.

La medición de la corriente consumida por el motor del dispositivo tuvo que realizarse de una manera completamente diferente, ya que el tiempo de funcionamiento del motor en cada uno de sus movimientos a lo largo del día era del orden del segundo. De utilizarse la placa adquisidora de datos implicaba registrar la información a intervalos mucho menores al segundo, lo que hubiera generado una cantidad de datos demasiado grande. En su lugar se midió con un osciloscopio TEKTRONIX TDS210 el consumo de corriente para un movimiento del motor de manera muy precisa, determinando la curva de intensidad de corriente en función del tiempo. Luego, utilizando un contador electrónico, se registró la cantidad de veces que el motor arrancaba en un día. Con ambos datos se obtuvo el consumo total del motor en Ah/día.

RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

A continuación se muestran las curvas obtenidas con los valores medios diarios de intensidad de corriente generada por dos módulos fotovoltaicos, uno fijo y otro siguiendo la trayectoria aparente del sol, durante los meses de julio y agosto de 1998. Para la obtención del valor de energía obtenida por uno y otro módulo se integraron las curvas Intensidad vs Hora del Día de forma discreta teniendo en cuenta el intervalo establecido entre mediciones, que en todos los casos fue de 60 segundos. Para una mejor interpretación y análisis de los resultados obtenidos se agruparon los datos en tres "zonas" de acuerdo al nivel de radiación medio diario:

1. Días de radiación baja: hasta 10 Ah/día sobre superficie inclinada a 52° respecto de la horizontal, azimut 0°
2. Días de radiación media: desde 10 Ah/día hasta 20 Ah/día sobre superficie inclinada a 52° respecto de la horizontal, azimut 0°
3. Días de radiación alta: más de 20 Ah/día sobre superficie inclinada a 52° respecto de la horizontal, azimut 0°

Para cada una de estas "zonas" se promediaron los valores de corriente obtenidos por cada módulo y se calcularon las ganancias de energía del módulo móvil respecto del fijo.

La intensidad de corriente consumida por el motor del dispositivo, en Ah/día, ha sido calculada como sigue:

Corriente media consumida en cada movimiento: 1.81 A

Duración del movimiento: 204 mseg

Número de veces promedio que arrancó el motor: 31

Energía promedio consumida por el motor en un día: $1.81 \text{ A} \times 0.204 \text{ seg} \times 31 / 3600 \text{ seg/h} = 0.0032 \text{ Ah/día}$

Datos de las mediciones:

Localidad: Olavarría, Pcia de Bs.As; Latitud: S 36.28°

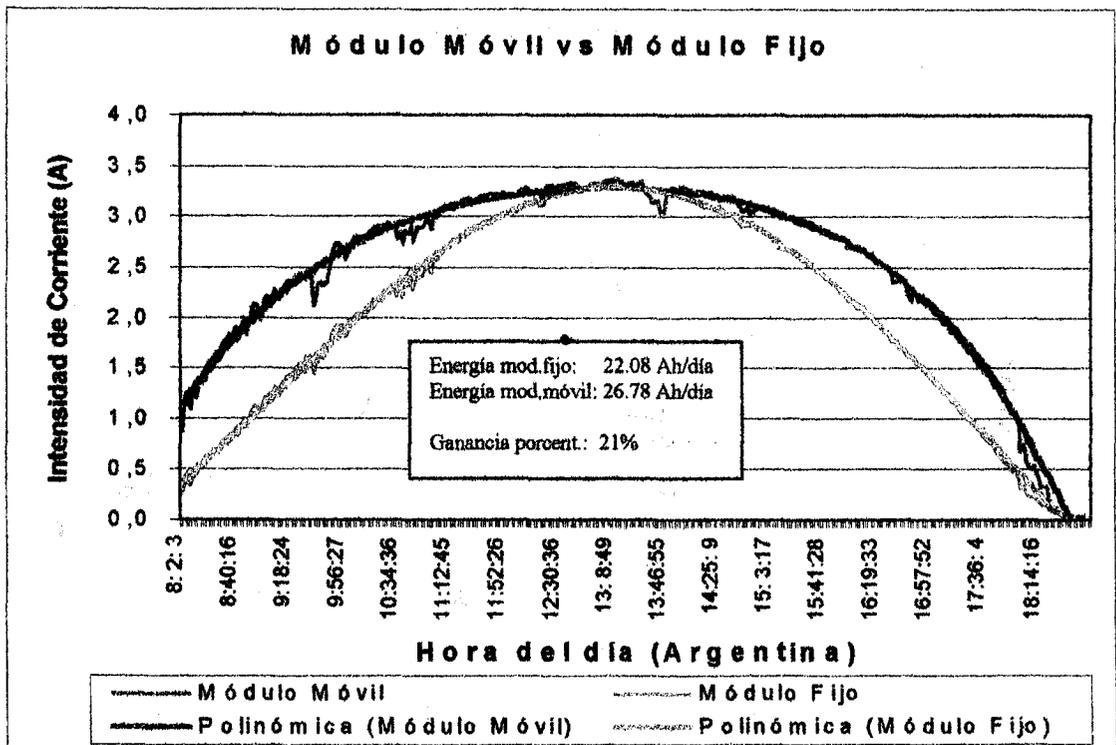
Módulos Fotovoltaicos: SOLARTEC (Siemens) M-75

Módulo fijo: Tensión nominal: 12 V; Corriente de cortocircuito: 3.35 A; Tensión de circuito abierto: 19.8 V
Angulo respecto de un plano horizontal (ángulo óptimo para la latitud y los meses del año considerados): 52°; Azimut: 0°

Módulo móvil: Angulo respecto de un plano horizontal (ángulo óptimo para la latitud y los meses del año considerados): 52°; Azimut: variable, siguiendo la trayectoria aparente del sol en la bóveda celeste con eje vertical.

Motor de arrastre: Tensión nominal: 12 VCC; Potencia nominal: 30 W

Gráfico 3: Producción de energía del Módulo Fijo vs. Producción de energía del Módulo Móvil para radiación alta.



CONCLUSIONES

Se observa que para los días nublados o parcialmente nublados la influencia del seguimiento de la trayectoria solar disminuye considerablemente. A pesar de la importante diferencia en la cantidad de energía generada por ambos módulos durante estos días, la incidencia de las nubes produce una radiación más homogénea desde toda la bóveda celeste provocando el efecto mencionado.

En los días de sol, en cambio la incidencia del seguimiento es mucho más notable, como era de esperar, aunque una ganancia del 21% del módulo móvil respecto del fijo como la obtenida para estos días (ver *Gráfico 3*) supera el cálculo teórico que se había realizado para los meses de invierno, julio y agosto, en Olavarría. De cualquier modo habrá que completar las mediciones por lo menos a lo largo de un año para obtener valores más exactos de la ganancia energética. Se estima que cuando se incluyan los meses de verano a las mediciones la ganancia energética promedio será aun mayor.

Por último se debe destacar la muy baja relación *consumo promedio del motor / energía promedio adicional generada*: 0.13 %. Este valor, sumado al bajo costo y a la confiabilidad electromecánica del dispositivo, justifican la realización de un análisis de factibilidad técnico-económica para su aplicación a sistemas fotovoltaicos de muy baja potencia, estudio que realizaremos en próximas etapas de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Ing. Juan Pablo Pendones e Ing. Roberto de la Vega por su participación en la adaptación, calibración y puesta en marcha de la placa adquisidora de datos.

Sr. Carlos Dalceggio por su buena predisposición y permanente colaboración en todas las tareas vinculadas a este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso García M.C. (1995) *Modelado de Componentes de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos*. División Solar, Instituto de Energías Renovables CIEMAT, Madrid.

LeBel P.G. (1982) *Energy Economics and Technology*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Millman J. (1993) *Microelectrónica, Circuitos y Sistemas Analógicos y Digitales*. Hispano Europea, Madrid.