

**XIV ENCUENTRO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE SOBRE PEQUEÑOS  
APROVECHAMIENTOS HIDROENERGETICOS ELPAH - SAN SALVADOR – EL SALVADOR -  
2012**

**DETECTOR DE TENSION GENERADA PARA GENERACION ASINCRONICA.**

V́ctor H. KURTZ

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE MISIONES**  
Facultad de Ingenieŕa - Dpto. de Electrónica  
Juan Manuel de Rosas 324  
OBERA - MISIONES - ARGENTINA  
TE: 54-3755-422169 (Int. 151) - FAX:54-3755- 422170  
E-Mails: [kurtzvh@fio.unam.edu.ar](mailto:kurtzvh@fio.unam.edu.ar); [kurtzvh@gmail.com](mailto:kurtzvh@gmail.com)

**Palabras Claves (Key Words):** Microturbinas hidroeléctricas, Picoturbinas hidroeléctricas, Generación Asíncrona. Energía Renovable. Automatismo. Generación Eléctrica.

**RESUMEN**

En este trabajo se presenta un sencillo circuito electrónico, destinado a detectar la tensión o voltaje generado por un motor a inducción, del tipo rotor en cortocircuito o “jaula de ardilla”, funcionando como alternador asíncrono.

El circuito electrónico presentado en este caso, permite que se complete el proceso interactivo, propio de la generación asíncrona, conectando automáticamente la carga cuando exista tensión generada.

El diseño de este detector de tensión generada (DTG), está orientado a **Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH)** o **Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos (PAH)**, de baja potencia y por ende con bajo presupuesto.

Atento a lo dicho anteriormente: Para el diseño de este sistema se tuvo en cuenta: El costo, la sencillez de implementación y puesta a punto. Así como la accesibilidad a los componentes electrónicos utilizados.

**INTRODUCCION**

**Motor Asíncrono como Generador**

Para que un motor asíncrono tipo jaula de ardilla (motor común), funcione como generador, es necesario conectar capacitores (condensadores) en paralelo a los bornes del motor.

Para lograr la generación, se debe llevar al motor a una velocidad superior a la sincrónica (velocidad de hipersincrónica), con los capacitores conectados en paralelo a los bornes de salida, pero sin carga.

Si la carga (consumo útil) se encuentra conectado a la salida del motor que se pretende usar como alternador, la excitación no se produce. Dicho de otra manera, para que un motor a inducción funcione como generador, se debe iniciar la generación con solo el o los capacitores conectados, sin carga. Recién una vez que se obtiene tensión generada, se conecta la carga o consumo.

En las figuras 1 y 2, se muestran los esquemas básicos de generación asíncrona.

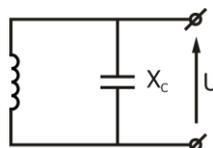
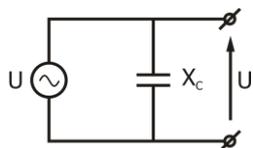


Fig. 1: Motor como generador y capacitor de excitación.

Fig. 2: Circuito esquemático del generador.

La conexión de los capacitores, en un circuito trifásico pueden ser en estrella “Y” o en triángulo “Δ”, ver Fig. 3.

En la generación asincrónica, la conexión en triángulo (delta) es más conveniente que en estrella, Kurtz et al 2009.

$$C_{\Delta} = \frac{C_Y}{3} \quad (1)$$

Las capacidades conectadas en triángulo “Δ”, son tres veces más pequeñas que las conectadas en estrella “Y”. Pero la tensión de servicio de los capacitores debe ser  $\sqrt{3}$  veces mayor.

La generación asincrónica se produce como resultado, de la interacción evolutiva entre la reactancia inductiva del motor y reactancia capacitiva del capacitor (condensador) de excitación conectado en paralelo.

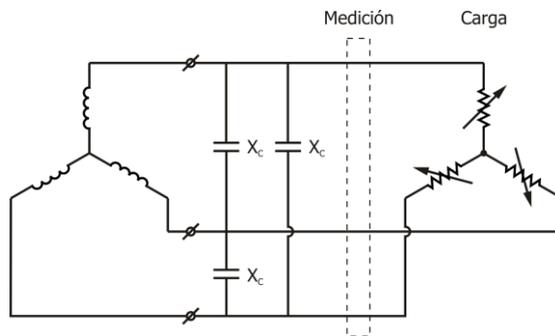


Fig. 3: Circuito de un motor como generador

Este estado oscilatorio, que lleva a la excitación del sistema, solo se produce cuando se encuentra conectada la inductancia y la capacitancia en paralelo, sin carga.

Una forma simple de conectar automáticamente la carga a un generador asincrónico, se muestra en la fig 4, donde para el caso de generación trifásica (380/220Vac), se usa un contactor con bobina de 380V(o la correspondiente tensión compuesta). Que al alcanzar una determinada tensión, cierra los contactos que alimentan la carga o consumo.

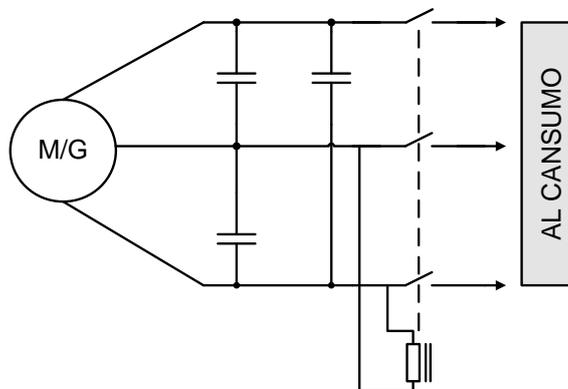


Fig. 4. Conexión tradicional

El circuito de la Fig. 4, presenta el siguiente inconveniente: Cuando la tensión generada alcanza un determinado valor, acciona la armadura del contactor, cerrando los contactos que alimentan la carga. Pero debido a que la tensión de accionamiento de un relevador del tipo contactor es menor que la tensión nominal, el circuito magnético del mismo, actúa con un voltaje menor. Esto hace, que la carga se conecte antes que se alcance la tensión nominal de generación, lo que produce una disminución de la tensión generada.

Por efecto de la disminución de tensión, el contactor se libra, abriendo los contactos que alimentan la carga. Al desconectarse la carga, aumenta la tensión nuevamente, lo que hace que se reconecte el contactor y la carga, que baja nuevamente la tensión.

Este hecho produce una oscilación que se manifiesta en una sucesión de conexión y desconexión del contactor (comúnmente denominada “tableteo” o “cacareo”) que compromete la vida útil de los contactos del contactor y la integridad de carga conectada al sistema generador.

El circuito presentado en esta oportunidad, evita que se produzca la indecisión descrita en el párrafo anterior.

En la fig. 5, se muestra el esquema unificar, donde se ilustra la zona del circuito de generación donde se instala el detector de tensión generada DTG.

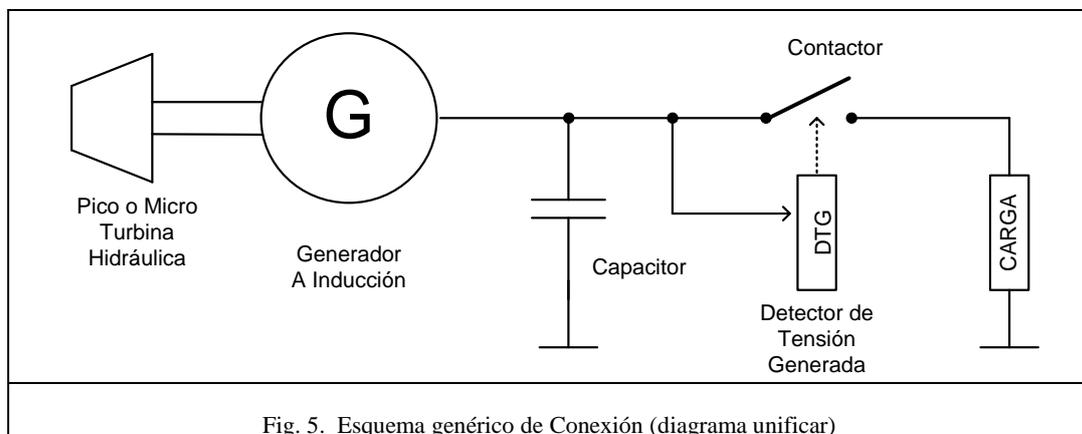


Fig. 5. Esquema genérico de Conexión (diagrama unificar)

## IMPLEMENTACION DEL CIRCUITO DTG

El detector utiliza como elemento de control (llave electrónica), un tiristor (RCS – *Rectificador Controlado de Silicio*) tipo C106 o TIC106, que opera con una corriente de disparo muy baja, del orden de los microamperios, lo que hace que el circuito detector y de disparo esté compuesto por elementos de baja potencia. Lo que se traduce en: Menor costo, menor tamaño, menor consumo, facilidad de encontrar los elementos, en el mercado local.

El tiristor utilizado puede controlar una corriente de hasta 3 A, más que suficiente para comandar la mayoría de las bobinas de los contactores, comerciales.

El tiristor presenta la ventaja que cuando se alcanza la corriente de disparo, entra a conducir prácticamente sin indecisión. Pero tiene el inconveniente que es unidireccional en corriente y tensión, lo que le hace impropio para manejar circuitos eléctricos en corriente alterna, como es el caso de la bobina del contactor que pretendemos usar para conectar la carga.

Para poder comandar una carga en corriente alterna, con un elemento unidireccional, se incluyó el RCS, en un puente rectificador a diodos tipo Graetz, el cual alimenta también el circuito de comando.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

En el circuito implementado se puede dividir en partes, a) Circuito rectificador, b) Elemento semiconductor de control o llave electrónica, c) Protección del tiristor, d) Sistema detector de tensión, e) Circuito de disparo. Tal como se puede apreciar en el diagrama en bloques de la figura 6.

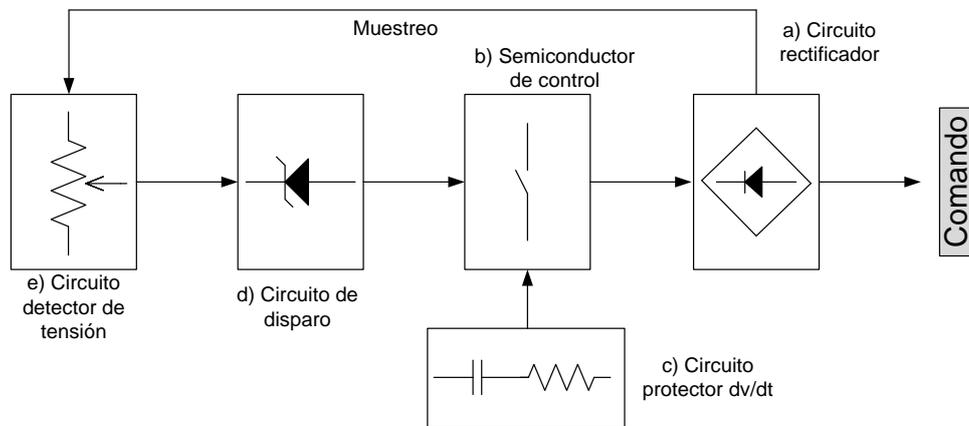


Fig. 6. Diagrama en bloque, del detector de tensión generada (DTG).

El circuito divisor de tensión formado por  $R_1$  y  $P$ , actúa como sistema de muestreo indirecto de la tensión generada.  $R_2$  limita la corriente de disparo de  $TH_1$ . El diodo  $D_5$  permite el paso de la corriente de disparo en un solo sentido, se utiliza como protección. El diodo Zener  $D_{Z5}$ , actúa como generador de umbral de disparo. El capacitor  $C_2$ , filtra la ondulación residual del sistema, asegurando un disparo confiable.

La llave electrónica formada por el tiristor (RCS)  $TH_1$ , se encarga de comandar la etapa de potencia. Los diodos  $D_1$  a  $D_4$ , forman un puente rectificador tipo Graetz, que permite controlar la bobina del contactor en corriente alterna, utilizando un interruptor unidireccional. La red formada por  $C_1$  y  $R_3$ , protege contra disparos indeseados en tiristor, producto de la variación de tensión respecto al tiempo ( $dv/dt$ ), debido al comando de una carga fuertemente inductiva (en este caso, circuito electromagnético del contactor).

El potenciómetro  $P$ , permite fijar el valor de tensión al cual se pretende que se accione el contactor que alimenta el consumo.

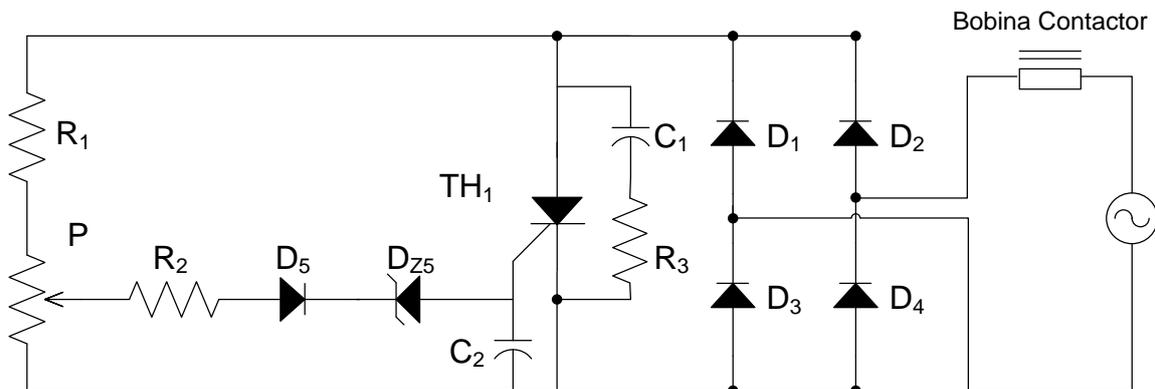


Fig. 6. Diagrama en bloque del detector de tensión generada (DTG).

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

El DTG, fue ensayado con éxito, utilizando distintas marca y tipo de contactores, capaces de comandar cargas tipo AC3, hasta 10kW.

Accionando el potenciómetro  $P$ , que se utilizó uno tipo de preajuste (timpot o preset), se logró distintos punto de conmutación. El más representativo o mas utilizado, conecto el sistema en 191Vac y desconectó a 125Vac, para un sistema de generación en 220Vac de tensión de fase.

Es posible calibrar el DTG de dos formas: Una en el laboratorio, alimentando el circuito DTG y contactor desde un autotransformador variable (tipo Variac) y con la ayuda de un voltímetro, fijar el valor de tensión que se pretende que actúe el detector, y a continuación girar en uno u otro sentido el potenciómetro “P” hasta que el contactor entre en acción. Otra en campo, actuando sobre la máquina primaria hasta obtener la tensión deseada, actuar sobre el resistor variable “P”, hasta que se conecte la carga.

## CONCLUSIONES

- La implementación de este detector no presenta inconveniente para su montaje, basta mínimos conocimientos electrónicos. Los componentes son de bajo costo y de fácil adquisición.
- Todo el sistema se puede montar en un pequeño gabinete plástico, de no más de 50x50mm y 25mm de alto, que se puede alojar junto al contactor.
- El bajo costo, permite disponer de equipos de repuesto en el aprovechamiento.
- El DTG, puede ser utilizado en otros sistemas generadores que utilicen fuerza motriz distinta de la hidráulica, como ser eólica, entre otras.
- El circuito presentado, también puede funcionar para generación asincrónica monofásica, en la configuración conocida como C-2C.
- Es posible utilizar el DTG, en circuitos de regulación de frecuencia autoalimentados por la tensión generada, o donde sea necesario que el controlador “asuma” el comando de la generación, solo cuando haya tensión generada.

## DEDICATORIA

Con el permiso del lector, me gustaría dedicar este circuito un amigo: Al Ing. Sebastián Gortari, quien una vez cuando realice una pasantía el Centro Atómico Bariloche, al preguntarle en que podía colaborar (a modo de retribución por su excelente atención en mi estadía), me comentó de la necesidad de un sistema simple y económico para la conexión automática de generadores a inducción.

## REFERENCIAS

Kurtz V.H; Marchegiani A, Audisio; O. A. y Botterón F. “Ensayo de una Pico-turbina Pelton Compacta de Fabricación Local”, XIII Encuentro Latinoamericano y del Caribe Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos Elpah – Cajamarca – Perú – 2009.-

Chapallaz J.M. et al, “Manual on Induction Motors Used as Generators”, GATE –GTZ – Vol., 10 Germany Vieweg 1992.-

Victor H. Kurtz y Fernando Botterón, “Alternativa para el Control de Cargas Balasto”, Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH, noviembre 2005, <http://www.mec.utfsm.cl/elpahchile/es/index.php>.

Victor H. Kurtz y Fernando Botterón, “Cargador de Acumuladores con Generador a Inducción”, XII Encuentro Latinoamericano y del Caribe Sobre Pequeños Aprovechamientos Hidroenergéticos Elpah – XII ELPAH - 26 de Octubre de 2007 - Quito – Ecuador

On Semiconductor. C106 Series Data Sheets. <http://www.onsemi.com>

Victor H. Kurtz y Héctor R. Anocibar, “Sistema mixto para el control de la generación en micro centrales hidroeléctricas”, Anales del XI encuentro latinoamericano en pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, XI ELPAH, noviembre 2005, <http://www.mec.utfsm.cl/elpahchile/es/index.php>.