

**Caracterización del motor de inducción como generador auto-excitado, para abastecer pequeñas cargas**

*Characterization of the induction motor as a self-excited generator, to supply small loads*

Dennis Bayardo Vásquez-Barba<sup>1</sup>, Carolina Alexandra Vásquez-Barba<sup>2</sup>, Franklin Hernán Vásquez-Teneda<sup>3</sup>

DOI: <https://doi.org/10.61236/ciya.v9i1.1067>

**RESUMEN:**

Se utiliza el motor de inducción como generador auto-excitado hoy en día, en lugares donde la demanda de energía eléctrica es remota y a veces imposible, proporciona electricidad sin necesidad de conectarse a un red eléctrica o alimentar algún tipo de combustible no renovable, ha ido creciendo desde hace muchos años con varios experimentos para la control de los diferentes factores que hacen que esta tecnología no sea totalmente desarrollado, por esa razón, es indispensable comprender y aprender este tipo de tecnología en el uso e implementación de sistemas de generación indiscutiblemente necesarios, particularmente para de difícil acceso.

**Palabras claves:** Motor de inducción, generador auto-excitado, desastres naturales, difícil acceso.

Recibido 17 de septiembre de 2024; revisión aceptada 2 de enero de 2025

**ABSTRACT:**

*The induction motor is used as a self-excited generator today, in places where the demand for electrical energy is remote and sometimes impossible, it provides electricity without the need to connect to an electrical grid or feed some type of non-renewable fuel, it has been growing for many years with several experiments for the control of the different factors that make this technology not fully developed, For this reason, it is essential to understand and learn this type of technology in the use and implementation of generation systems that are indisputably necessary, particularly for those that are difficult to access.*

**Keywords:** Induction motor, self-excited generator, natural disasters, difficult access.

---

<sup>1</sup> Empresa Eléctrica Quito, Quito, Pichincha, Ecuador, [dvasquez@eeq.com.ec](mailto:dvasquez@eeq.com.ec)

<sup>2</sup> Empresa Eléctrica Quito, Quito, Pichincha, Ecuador, Ecuador, [cavasquez@eeq.com.ec](mailto:cavasquez@eeq.com.ec)

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, [franklin.vasquez@utc.edu.ec](mailto:franklin.vasquez@utc.edu.ec)

## **1. INTRODUCCIÓN**

El motor de inducción como generador auto-excitado, se utiliza hoy en día en lugares donde la demanda de energía es remota y a veces imposible, ofrece energía eléctrica sin la necesidad de conectarse a una red eléctrica o alimentarse con algún tipo de combustible no renovable, ha venido en crecimiento desde muchos años atrás con varios experimentos para el control de diferentes factores que hacen que esta tecnología no se desarrolle por completo, por tal motivo, le motivamos a usted a informarse de tal tecnología y que se atreva a usarla aplicando ciertos efectos que son indiscutiblemente necesarios [1].

Para entender el funcionamiento básico de un generador auto excitado es la interacción entre una turbina, la máquina de inducción y una carga, esta relativa mente baja ya que podremos manejar hasta ciertos rangos porque se hace difícil el control de velocidad y por ende el voltaje además el control de su frecuencia para alimentar a cargas no-lineales que van a estar en constante oscilación [2]. Para el control de estos parámetros se han impuesto un sinnúmero de elementos que ofrecen un control directo de las formas de onda de corriente y voltaje, pero como algunos de estos elementos son electrónicos pensamos que deterioran la forma de onda de salida de generación lo que no es bueno en un sistema [3].

Para el control nos incursionaremos en el llamado hueco de aire, y realizando diferentes metodologías para entregar una forma de onda sin distorsiones, y manteniéndonos dentro de los rangos de inductancia al fin de precautelar los materiales y maquinarias que se utilicen en la generación tales como la inductancia, capacitancia, y velocidades exageradas.

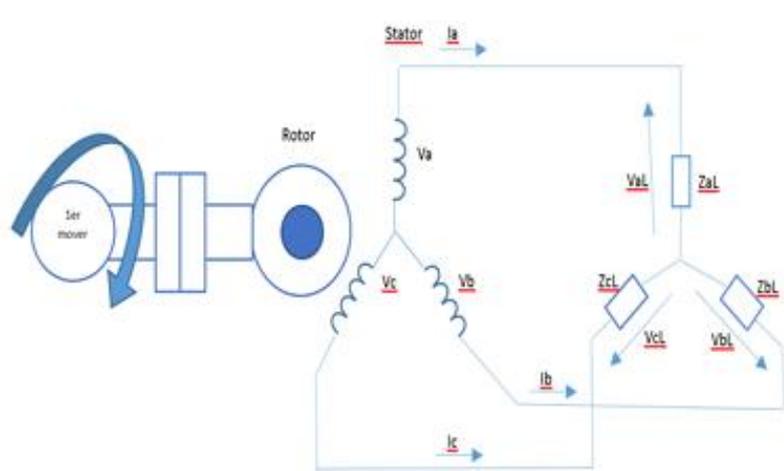
El control de la frecuencia y de la velocidad son las variables primordiales para que el embalamiento de la máquina sea controlado o amortiguado en algo, el uso de arreglos mediante capacitores en diferentes configuraciones que permitirán tener un control directo de los reactivos en la entrega al consumidor. Así mismo tenemos el control con topologías en estrella para alimentar a cargas monofásicas pequeñas, tomando en cuenta que para el correcto funcionamiento hay que tener un sincronismo entre la fuente de energía primaria, la maquina a utilizarse y el arreglo de los condensadores.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Ensayo del modelo de un motor auto excitado**

La transformación de energía eléctrica mediante una fuente primaria que es el viento, al paso de Antes de hacer el arreglo correspondiente mediante capacitores es importante conocer cómo se comporta el generador autoexcitado, acoplado a él cargas no lineales, es decir desde la salida del estator circularían corrientes para alimentar a la carga, esto se conoce como la caída de

voltaje desde el punto de generación hasta llegar a la carga misma, aquí podremos visualizar las respectivas componentes que hacen imprescindibles las caídas de voltaje.



**Figura 1.** Pérdidas entre el rotor y estator al alimentar una carga.

$$Pm = \frac{1}{2} \rho \pi R^2 Cp (\beta, \lambda) \quad (1)$$

El principal objetivo de esta investigación es, suministrar potencia y voltaje constante para el consumidor con diferentes cargas, con una conexión de banco de condensadores conectados en estrella para minimizar pérdidas. Sabiendo que existen perdidas eléctricas entre el inductor y el inducido por los que podemos deducir que en cada bobinado lo representaríamos de la siguiente manera. [4]

$$Z_{aL} = \frac{(R_{aL} + jX_{aL})(-jX_{ca})}{(R_{aL} + jX_{aL}) - jX_{ca}} \quad (2)$$

$$Z_{bL} = \frac{(R_{bL} + jX_{bL})(-jX_{cb})}{(R_{bL} + jX_{bL}) - jX_{cb}} \quad (3)$$

$$Z_{cL} = \frac{(R_{cL} + jX_{cL})(-jX_{cc})}{(R_{cL} + jX_{cL}) - jX_{cc}} \quad (4)$$

Donde:

Z: es la impedancia en cada bobina.

R: es la reactancia en cada bobina.

La singularidad, para realizar los arreglos se basa en la utilización de elementos capacitivos como ya lo habíamos mencionado en tal virtud han sido reemplazados con [5].

$$Z_{ca}; Z_{cb}; Z_{cc}$$

Entonces podremos calcular las caídas de voltaje en cada línea quedándonos de la siguiente manera.

$$V_a - V_b = I_a Z_{aL} + I_b Z_{bL} \quad (5)$$

$$V_b - V_c = I_b Z_{bL} + I_c Z_{cL} \quad (6)$$

$$V_c - V_a = I_c Z_{cL} + I_a Z_{aL} \quad (7)$$

Donde se dice que tenemos un sistema equilibrado, es decir, la suma de las corrientes por Kirchhoff va a ser igual a 0, y solo hay secuencia positiva 1, a, a<sup>2</sup>; en relación antihoraria.

Sin la secuencia cero los nuevos voltajes y corrientes se escriben de la siguiente manera [6].

Corrientes

$$I_a = I_1 + I_2 \quad (8)$$

$$I_b = a^2 I_1 + a I_2 \quad (9)$$

$$I_c = a I_1 + a^2 I_2 \quad (10)$$

Voltajes

$$V_a = V_1 + V_2 \quad (11)$$

$$V_b = a^2 V_1 + a V_2 \quad (12)$$

$$V_c = a V_1 + a^2 V_2 \quad (13)$$

Voltajes en la carga

$$V_{aL} = I_a Z_{aL} = (I_1 + I_2) Z_{aL} \quad (14)$$

$$V_{bL} = I_b Z_{bL} = (a^2 I_1 + a I_2) Z_{bL} \quad (15)$$

$$V_{cL} = I_c Z_{cL} = (a I_1 + a^2 I_2) Z_{cL} \quad (16)$$

Para finalmente obtener las caídas de voltaje resultantes en la carga de la siguiente manera. La ecuación (17) es la fundamental especialmente para sistemas conectados en estrella ya que define el estado en virtud de la auto-excitación para el estado externo determinado de condensadores, carga, velocidad y parámetros del circuito equivalente de la máquina en condiciones de saturación [7].

$$3Z_1 Z_2 + (Z_1 + Z_2) (Z_{aL} + Z_{bL} + Z_{cL}) + (Z_{aL} Z_{bL} + Z_{bL} Z_{cL} + Z_{cL} Z_{aL}) = 0 \quad (17)$$

se encontrarán mediante una prueba de velocidad síncrona. Por lo tanto, tendremos la siguiente ecuación.

$$I_1 = \frac{V_g}{jFX_m} = \frac{V_g}{\frac{FR_r}{F-v} + jFX_1} \quad (18)$$

$$V_1 = V_g (R_s + jFX_1) \cdot I_1 \quad (19)$$

$$V_2 = KV_1 \quad (20)$$

$$I_2 = \frac{V_2}{Z_2} \quad (21)$$

Aquí encontraremos la impedancia de la reluctancia para finalmente obtener una matriz de orden.

$$Z_{aL} = \frac{(R_{aL} + jX_{aL})(-jFX_{ca})}{(R_{aL} + jX_{aL}) - jFX_{ca}} \quad (22)$$

$$Z_{bL} = \frac{(R_{bL} + jX_{bL})(-jFX_{cb})}{(R_{bL} + jX_{bL}) - jFX_{cb}} \quad (23)$$

$$Z_{cL} = \frac{(R_{cL} + jX_{cL})(-jFX_{cc})}{(R_{cL} + jX_{cL}) - jFX_{cc}} \quad (24)$$

$$V_{aL} = I_a Z_{aL} \quad (25)$$

$$V_{bL} = I_b Z_{bL} \quad (26)$$

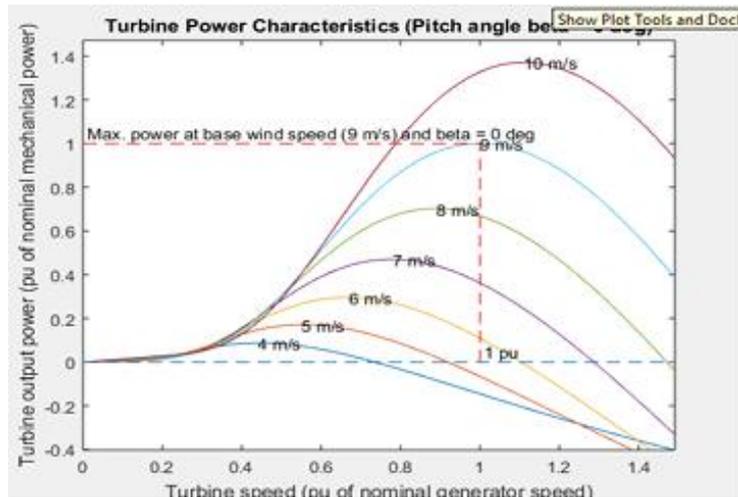
$$V_{cL} = I_c Z_{cL} \quad (27)$$

$$P = \text{real} (V_{aL} \cdot I_{aL} + V_{bL} \cdot I_{bL} + V_{cL} \cdot I_{cL}) \quad (28)$$

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

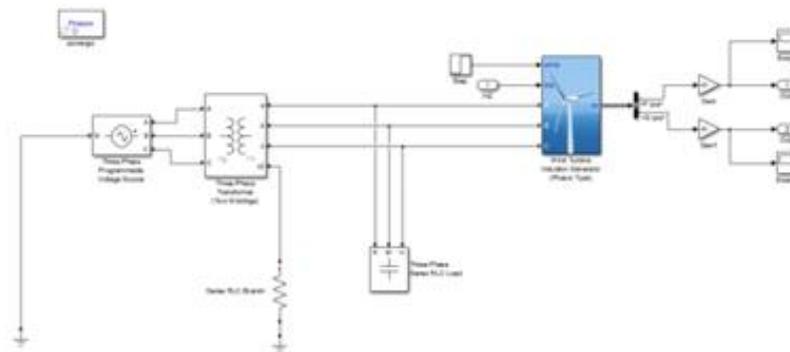
#### 3.1. Caracterización de la potencia en Simulink

En la simulación podemos observar las potencias que se pueden generar para diferentes velocidades, de acuerdo con su poder mecánico. Aquí verificamos el comportamiento tanto de velocidades, voltajes, y corrientes y por último manteniendo estos valores reales podremos calcular la potencia de generación es decir los kW.



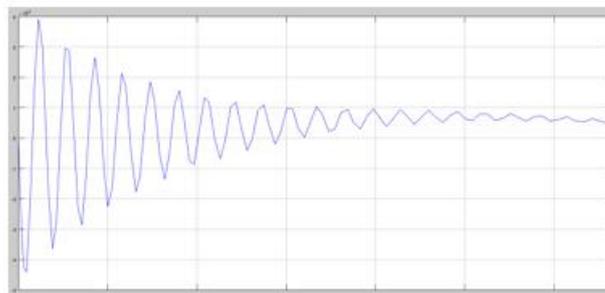
**Figura 2.** Curvas de potencia y rapidez de la turbina, relacionada a la fuerza hidráulica.

A continuación, se presenta la simulación del esquema de una pequeña central generadora que abastece a una carga pequeña, con el arreglo de capacitores en delta y mediante impulsos de entrada pudiendo ser esta agua, aire o cualquier fuente externa natural.



**Figura 3.** Curvas de potencia activa y reactiva.

Las gráficas correspondientes a potencia activa y reactiva se muestran a continuación.



**Figura 4.** Potencia Activa del Sistema, auto-excitado

Esta gráfica representa el tiempo en el cual el sistema se estabiliza, hasta llegara la potencia requerida y expuesta en nuestra simulación que es 4MW. Ahora se muestra la potencia reactiva del sistema auto excitado.

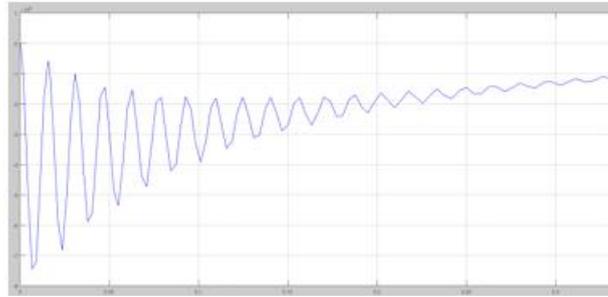


Figura 5. Potencia Reactiva del Sistema, auto-excitado

La potencia reactiva, es absorbida por el SEIG en los primeros ciclos hasta que es compensado por el banco de capacitores conectados en delta.

#### 4. CONCLUSIONES

- Los datos entregados en este artículo muestran que es totalmente práctico para construir un pequeño generador auto-excitado para fuente de alimentación aislada que iniciar y operar los motores industriales de gran tamaño, así como prever una carga pequeña de calefacción e iluminación, y que tal generador no requiere ningún tipo de excitación o de partes móviles en el sistema de regulación.
- Por otra parte, el sistema propuesto es capaz de controlar el voltaje y la frecuencia de entrada, por lo que encontraremos una estabilidad en el sistema.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Singh, S. S. Murthy, R. R. Chilipi, S. Madishetti, and G. Bhuvaneswari, “Static synchronous compensator-variable frequency drive for voltage and frequency control of small-hydro driven self-excited induction generators system,” *Gener. Transm. Distrib. IET*, vol. 8, no. 9, pp. 1528–1538, 2014.
- [2] Varin, “Emulator of Wind Turbine Generator Using Dual Inverter Controlled Squirrel Cage Induction Motor Varin Vongmanee,” *IEEE Int. Conf. Power Electron. Drive Syst.*, pp. 1313–1316, 2009.
- [3] L. Wang, “Dynamic eigenvalue analysis of a self excited induction generator feeding an induction motor,” vol. 00, no. C, pp. 1393–1397, 2001.
- [4] M. Aiee, “Self-Excitation oi Induction Motors,” pp. 47–51.

[5] I. Trans and T. Trans, “Single- Ozr,” no. 1, 1987.

[6] P. L. Alger and F. I. R. S. Barton, “A Self-Excited Synchronous Generator for Isolated Power Supply,” no. October 1964.

[7] A. I. Alolah, “Analysis of Three Phase Self-Excited Induction Generator Under Static and Dynamic Loads FRrcF-u,” pp. 1783–1786, 2007.

[8] S. Kulandhaivelu, P. Jyothi, S. Jayachitra, and V. N. Rao, “Self-Excite The Induction Motor Operating As Generator in Wind Energy Conversion,” pp. 133–140, 2011.