

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

**GENERACIÓN ASINCRÓNICA EN PROTOTIPO DE PEQUEÑA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA A SER INSTALADA EN ZONA NATURAL PROTEGIDA¹
ASYNCHRONOUS GENERATION PROTOTYPE OF SMALL
HYDROELECTRIC POWER PLANT TO BE INSTALLED IN A PROTECTED
NATURAL AREA**

Cristian Flores², Leandro Javier Corrado³, Jorge Alberto Olsson⁴, Víctor Hugo Kurtz⁵, Marcelo Adrián Juárez⁶

¹ Proyecto de Desarrollo Tecnológico financiado por el Programa Consejo de la Demanda de Actores Sociales (PROCODAS) del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MINCyT). Desarrollado por la Facultad de Ingeniería (UNaM) y el Depto de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas (UNLaM)

² Profesor Ingeniero en Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, cristianfloresfio@gmail.com

³ Profesor Ingeniero en Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, leandrojavier.corrado@gmail.com

⁴ Profesor Ingeniero en Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, jorgealbertoolsson@gmail.com

⁵ Profesor Ingeniero en Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, kurtzvh@gmail.com.

⁶ Profesor Licenciado en Administración del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de la Matanza, mjuarez@unlam.edu.ar

1. Introducción

El presente proyecto surge de la necesidad de resolver el problema de la distribución de la energía eléctrica en la zona de influencia de la reserva de Biosfera Yabotí, para esto se propuso el armado de un prototipo de generación a partir del aprovechamiento de la energía hidráulica. Dada las características del proyecto y su tamaño el sistema de generación asíncrona es el más eficiente desde el punto de vista técnico-económico [1], el diseño y armado de dicho sistema se llevó a cabo en varias etapas que se detallarán mas adelante.

2. Metodología

Inicialmente se procedió al cálculo y conexionado del sistema de generación eléctrica y luego al ensayo del generador, con el fin de obtener los parámetros de funcionamiento del sistema.

Cálculo y conexión del sistema de excitación y generación:

Para que el generador entregue una tensión monofásica al sistema el mismo estará conectado a un

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

banco de capacitores según la configuración en triangulo C-2C [2] que se muestra en la figura 1. Para el cálculo del banco de capacitores del sistema de excitación del generador nos valemos de los datos de placa y ensayo proporcionados por el fabricante, siendo los mismos:

- Corriente nominal: $I_n = 15,7 \text{ A}$.
- Corriente de vacío: $I_0 = 8,73 \text{ A}$.
- Tensión nominal: $U = 220 \text{ V}$.
- Potencia nominal: $5,5 \text{ Hp} = 4,1 \text{ KW}$.

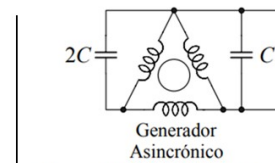


Figura 1. Conexión banco de capacitores.

Potencia nominal que entregaría el generador:

Un motor a inducción conectado como generador, proporciona menor potencia, que la que consume como motor [3].

Para determinar la potencia máxima, que puede generar un motor conectado como generador se utiliza el método de la diferencia de corriente [4], esto es; la diferencia de corriente que toma el generador como motor en vacío, respecto a la que toma a plena carga por fase. Inicialmente calculamos la potencia por fase que consumiría como motor:

$$I_{GEN} = I_N - I_0 = 15,7A - 8,73 A = 6,97A \quad (1)$$

Donde:

- I_{GEN} = Máxima corriente que puede generar.
- I_N = Corriente nominal consumida como motor, (valor tomado de la placa de características del motor)
- I_0 = Corriente en vacío, que toma la máquina a inducción, conectado como motor (magnitud medida).

La potencia útil que entregaría como generador será:

$$P_{GEN} = 3U_f \cdot I_{GENf} \cdot \cos \varphi = 220V \cdot 6,97A \cdot 0.80 = 1,23 \text{ KW} \quad (2)$$

Banco de capacitores:

Para la determinación del valor del capacitor conectado al motor como generador, se puede determinar recurriendo al siguiente razonamiento [4].

Conociendo la intensidad de la corriente que toma el generador conectado como motor, sin carga I. Se elige un capacitor que consuma igual o menor corriente por fase. Para el cálculo de la capacidad tomamos los datos de placa mencionados anteriormente llegando a lo siguiente:

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

$$C = \frac{I_o}{U \cdot 2\pi \cdot f} = \frac{8,73}{220 \cdot 2\pi \cdot 50} = 126,3 \mu F \quad (3)$$

Armado del tablero del sistema de excitación y protección del generador:

Realizados los cálculos se procedió al armado del tablero, para esta etapa se adquirieron siguientes dispositivos:

- Gabinete de PVC de 200x300x175
- Gabinete de PVC 150x200x100
- Llave termomagnética de 25 A.
- Llave diferencial de 40 A/30 mA.
- Contactor de 5,5 kW.
- 12 capacitores permanentes de 20 uF.
- Detector de tensión generada más interruptor de by pass.
- Luz de led indicadora de tensión generada.
- Cables según los colores correspondientes.
- Voltímetro de 400 V.
- Amperímetro de 10 A.
- Detector de sobre-tensión.

En el gabinete de mayor tamaño se ubicaron los elementos de medición como ser el amperímetro y voltímetro, los elementos de protección (llave termomagnética, diferencial y el detector de sobre-tensión) y los elementos de mando y control semi-automático (Detector de Tensión Generada “DTG” y contactor). En el gabinete más pequeño se ubicó el banco de capacitores con el fin, de que en caso de una falla, la misma se dará fuera de los demás dispositivos.

Objetivos de los dispositivos de protección: el objetivo de la llave termomagnética será de proteger al sistema en caso de que exista una sobrecarga y cortocircuito del lado de la carga (aguas abajo). En cambio, la llave diferencial será el dispositivo de mando que estará acoplado al detector de sobretensión el cual se activará en caso de exista una descarga atmosférica.

Objetivos de los dispositivos de mando y control: el DTG censará la tensión de salida y una vez que esta llegue a 190 V enviará una señal al contactor y este acoplará el sistema monofásico a la red de carga. En caso de que la tensión generada baje del nivel mencionado desacoplará la carga.

Objetivos de los elementos de medición: el voltímetro y el amperímetro serán los elementos que tendrá el operador de la micro turbina para controlar el nivel de carga, también le será de gran ayuda en caso de que el DTG falle, es decir con el interruptor de by pass podrá activar el contactor de manera directa, y este último alimentará las cargas requeridas.

3. Resultados y Discusión

Ensayo del generador:

Para el ensayo del generador se utilizó el banco de ensayo del laboratorio de electrónica, el cual consta de un motor impulsor, que simula la turbina, un banco de capacitores y un regulador de

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

frecuencia (velocidad del motor). Para iniciar el ensayo se realizaron trabajos de alienación del motor impulsor con respecto al generador, luego se verificó la capacidad del banco de capacitores para su posterior conexión. Una vez verificada la capacidad del banco se realizó la conexión en el generador y la carga. Esta última consta de un tablero con cargas puramente resistivas, las cuales se lograron por medio de focos incandescentes. Acoplada la carga luego se procedió al conexonado del regulador de frecuencia el cual tiene como objetivo simular la variación del caudal de agua que ingresa a la turbina por medio de la variación de la velocidad del motor impulsor. Para las mediciones se utilizaron, un multímetro marca UNI-T, un tacómetro marca CEM y un analizador de redes marca FLUKE.

En el inicio del ensayo se ensayó el generador sin carga obteniéndose los siguientes resultados:

Parámetros	V _{RMS} (Voltaje eficaz)	V _{PK} (Voltaje pico)	Frecuencia	I _{RMS} (Corriente eficaz)	I _{PK} (Corriente pico)
Valores	261,2 V	368,5 V	53,7 Hz	0,2 A	0,3 A

Tabla N° 1. Medición de Tensión, Corriente y frecuencia con analizador de redes. Valores en vacío.

Como se observa en la tabla n° 1, para lograr una tensión de 262 V la frecuencia es de 53,7 Hz, esta sobretensión se compensará a medida que se va acoplando la carga. Luego se ensayó el sistema colocando la carga de manera gradual hasta máxima potencia que el sistema de generación puede entregar, según la capacidad del banco de capacitores utilizado. A continuación, se muestran los resultados:

Parámetros	VRMS (Voltaje eficaz)	VPK (Voltaje pico)	Frecuencia	IRMS (Corriente eficaz)	IPK (Corriente pico)
Valores	209,3 V	297,4 V	53,4 Hz	7,8 A	11,2 A

Tabla N°2. Medición de Tensión, Corriente y frecuencia con analizador de redes. Valores en máximos dados según el tamaño del banco de ensayo.

Parámetros	VRMS (Voltaje eficaz)	IRMS (Corriente eficaz)	Potencia Activa	Potencia Reactiva	Potencia Aparente	Factor de potencia
Valores	210,7 V	7,8 A	1,64 KW	0,05 KVAR	1,64 KVA	1,00

Tabla N°3. Medición de potencia activa, reactiva, aparente y factor de potencia. Valores en máximos dados según el tamaño del banco de ensayo.

4. Conclusiones y recomendaciones

En el acople de cargas, aparte de utilizar iluminación incandescente, se utilizaron otros tipos de cargas como ser: cargadores de baterías y motores de baja potencia. Con esto se comprobó que se podrán alimentar herramientas eléctricas como ser: perforadoras de mano, perforadoras de banco (de baja potencia) y amoladoras. Todas estas cargas utilizan motores universales por lo que no consumen excesiva potencia en su arranque, en cambio para motores de mayor potencia (compresores, sierras de banco, sinfín, etc.) el generador no resistirá ya que sus corrientes de arranques son elevadas lo cual causara una caída de tensión brusca y desexcitará el mismo. Para

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: VIII Seminário de Inovação e Tecnologia - Participante ESTRANGEIRO

esto deberá instalarse un sistema de control para compensar estas cargas lo cual elevará el costo y la complejidad del sistema, debe tenerse en cuenta que las cargas de mayor potencia podrán ser utilizadas de manera individual o en conjunto mientras tanto no supere la capacidad máxima del generador y exista energía de entrada (desde la turbina) que compense la misma.

Trabajos futuros:

Se pretende acoplar al generador un sistema de estabilización de tensión por medio de una carga balasto [4] y un sistema de estabilización de frecuencia por medio del control de flujo de agua de la turbina.

También surge la necesidad de medir el comportamiento eléctrico del generador asíncrono ante cargas que generan un elevado índice de armónicos, como ser: lámparas fluorescentes compactas, lámparas leds, cargadores de baterías, etc.

Además, se pretende medir la eficiencia mecánica de la turbina con el fin de ajustar la potencia eléctrica real que se obtendrá en el generador. Este ensayo se realizará acoplando un motor de arrastre a la turbina, donde se medirán sus parámetros eléctricos para determinar el consumo y así la eficiencia del sistema mecánico de la micro-turbina.

5. Referencias

[1] CORTELA N; VARELA P; ANTONELLI J; RAMOSKA A. (2006). "Desarrollo de pico turbinas hidráulicas de reducido costo para la generación eléctrica aislada". ASADES. ISSN 0329-5184.

[2] KURTZ V; BOTERON F. "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>.

[3] BIKIVICH, Juan - Tecnología del Generador de Energía Asíncrono, Un Aporte para la Promoción Energética en el País - Preg. Misionero 1986.

[4] KURTZ V; MARCHEGANI, A; AUDISIO O; BOTERON F. "Metodología y Ensayo de una Picoturbina Pelton Compacta". Universidad Nacional De Misiones - Facultad de Ingeniería - Dpto. de Electrónica Juan Manuel de Rosas 325.