Cambios en sistema de Regulación de velocidad en CHY

Ing. Alfredo Daniel Arce Gómez; Ing. Gabriel Walantus; Ing. Juan López;

Ing. Alberto Leguizamón; Ing. Ricardo Abraham.

ENTIDAD BINACIONAL YACYRETA

PARAGUAY - ARGENTINA

1.1 Resumen

Durante la operación desde ya hace muchos años se observó que el sistema de regulación presento algunos inconvenientes que provenían principalmente del sistema de indicación de posición de álabes.

El indicador original tenía un sistema de indicación no lineal, con componentes móviles que generaban desgastes y huelgos en la trasmisión de movimientos. Estos desgastes propios del sistema ocasionaron fallas, debido a que generaban señales erróneas en el sistema; estas a su vez ocasionaban movimientos innecesarios de los álabes del rodete de turbina.

En primera instancia se desarrolló un diseño con un transductor lineal, por personal propio de la EBY y en una segunda instancia se recurre a un proyecto más completo que incluye sensores que monitorean y comandan tanto los álabes del rodete de turbina como las paletas del distribuidor.

Este diseño, que es provisto por el fabricante, está actualmente en proceso de implementación en las 20 Unidades Hidrogeneradoras de la Central hidroeléctrica Yacyreta

Este trabajo pretende mostrar un comparativo de la evolución y las consecuencias, en el Regulador de Velocidad del parque generador de la Central Hidroeléctrica Yacyreta.

1.2 Palabras clave

Regulador de velocidad; Rodete de turbina; Alabe, Distribuidor;

1.3 Historial de fallas

Luego de algunos años de Generación, empezaron a aparecer algunas fallas que se notaban en la puesta en marcha de algunas Unidades Generadoras que dejaron de cumplir las tolerancias en la señal recibida de la medición del indicador de posición de álabes del rodete.

Esta falla consistía en un “juego” o “huelgo” de origen mecánico que originaba un salto en la señal eléctrica que no permitía que se complete el chequeo de señales antes del arranque.

1.4 Indicador de posición de álabes del rodete de turbina original

1.4.1 Diseño

El sistema Kaplan de las Unidades de la CHY tiene un caño dentro del eje que es solidario al rodete y se mueve junto con el sistema hidráulico de movimiento de álabes del rodete.

El indicador de posición de álabes se apoya en esa pieza para tener la señal y ubicar en tiempo real la posición del mismo. En el proyecto original, tiene un brazo trasmisor de movimiento, cuyo diseño es asimétrico, visto que en una punta tiene una horquilla en “U” y en la otra un orificio con guía de chaveta.

Por lo tanto la lectura no es lineal, ya que utiliza este brazo para mover un eje que por un lado da una indicación mecánica a través de la lectura que se puede hacer con una aguja y una escala y por otro lado tiene un transductor que toma una señal de 4 a 20 mA para alimentar el ESCADA

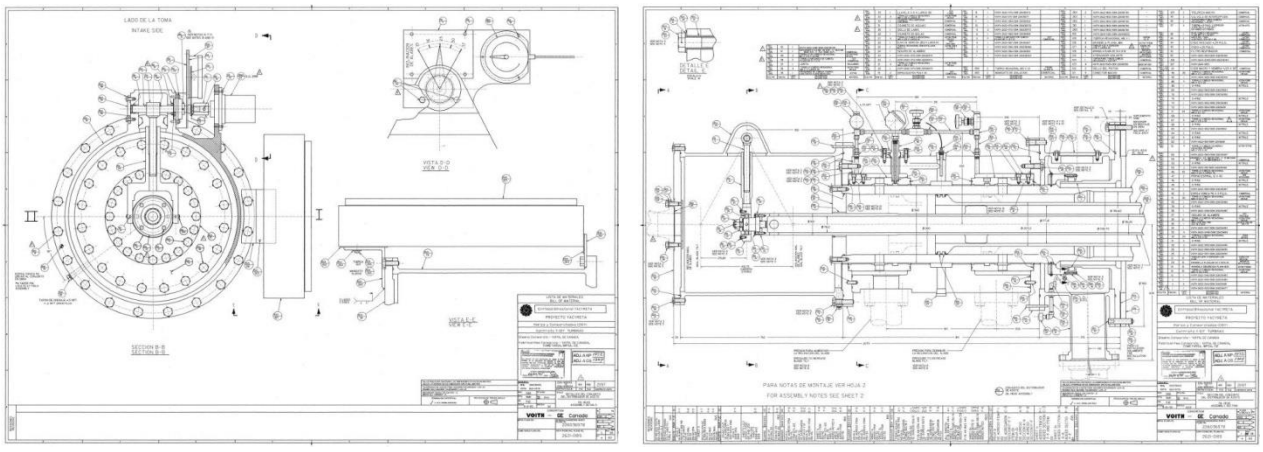

Figura 1: Planos del dispositivo original montado en la 20 Unidades de la central

1.4.2 Descripción del mecanismo

Del lado de la horquilla el brazo está apoyado en la punta de un caño solidario al sistema de movimiento de los álabes y que gira junto con el eje de la turbina, a través de un rodamiento alojado en una caja porta rodamiento en la punta de ese caño. La horquilla del brazo de trasmisión de movimiento se une a esa caja de rodamiento, por medio de pernos de sujeción. Mientras que en la otra punta este brazo abraza un eje que tiene una aguja indicadora en un extremo y está apoyado en un rodamiento de agujas del otro, y está unido por una chaveta al mismo. Al girar solidario con el brazo describe el ángulo que se está moviendo el álabe. Este movimiento a través de un transductor envía una señal que indica al sistema de control la posición instantánea de los álabes de la Unidad

1.4.3 Descripción de la falla

La falla es decurrente de los desgastes producidos por los movimientos naturales del sistema, ya que durante muchos años la CHY ha participado de la regulación primaria y secundaria de frecuencia a pedido de los sistemas (clientes), lo que genera movimientos constantes de los álabes del rodete y de las paletas del distribuidor.

Los desgastes se acentúan en las partes móviles del sistema, y producen huelgos en los movimientos que son sentidos principalmente en la inversión de sentido.

1.4.4 Efecto de la falla

El principal efecto de la falla es hacer que el movimiento de los álabes no sea el deseado, en realidad una cadena de movimientos pues se realimenta con el movimiento hecho en vano, ya que el huelgo genera una información falsa. Pasa a haber movimientos que no son necesarios para mantener la consigna solicitada por el Operador.

1.4.5 Acciones tomadas

Las primeras acciones fueron en consecuencia de los desgastes encontrados, se modificaron algunos diseños de perno y se utilizaron materiales distintos a los originales para retardar los desgastes.

En una segunda instancia Mantenimiento ha desarrollado un sistema que tenga una lectura directa, lineal, desechando el brazo de trasmisión, para lo cual se diseñó un sistema de soporte que pueda acompañar el movimiento vertical (subida y bajada) del caño así como el giro de la unidad, este consistió básicamente en una caja de rodamiento acoplada a un plato y una guía que soportaba un juego de imanes para emitir la señal.

1.5 Indicador de posición de álabes del rodete de turbina modificado

1.5.1 Diseño

En una segunda etapa ya con presencia del fabricante en la Central por motivo del cambio de anillos de descarga se les manifestó el problema y este sugirió una solución más integral y acorde a la tecnología actual. En este trabajo abordaremos solamente lo referente al indicador de posición y su influencia.

Este sistema de indicador propuesto esta básicamente parecido al diseñado por EBY, pero incluye dos guías con sistema de imanes para asegurar que la señal esté presente aunque falle uno de los lectores, pero, además incluye un sistema de indicador de posición de las paletas del distribuidor, para asegurar que los movimientos sean los más precisos y principalmente sigan estrictamente la curva on-cam de modo a asegurar la eficiencia del sistema.

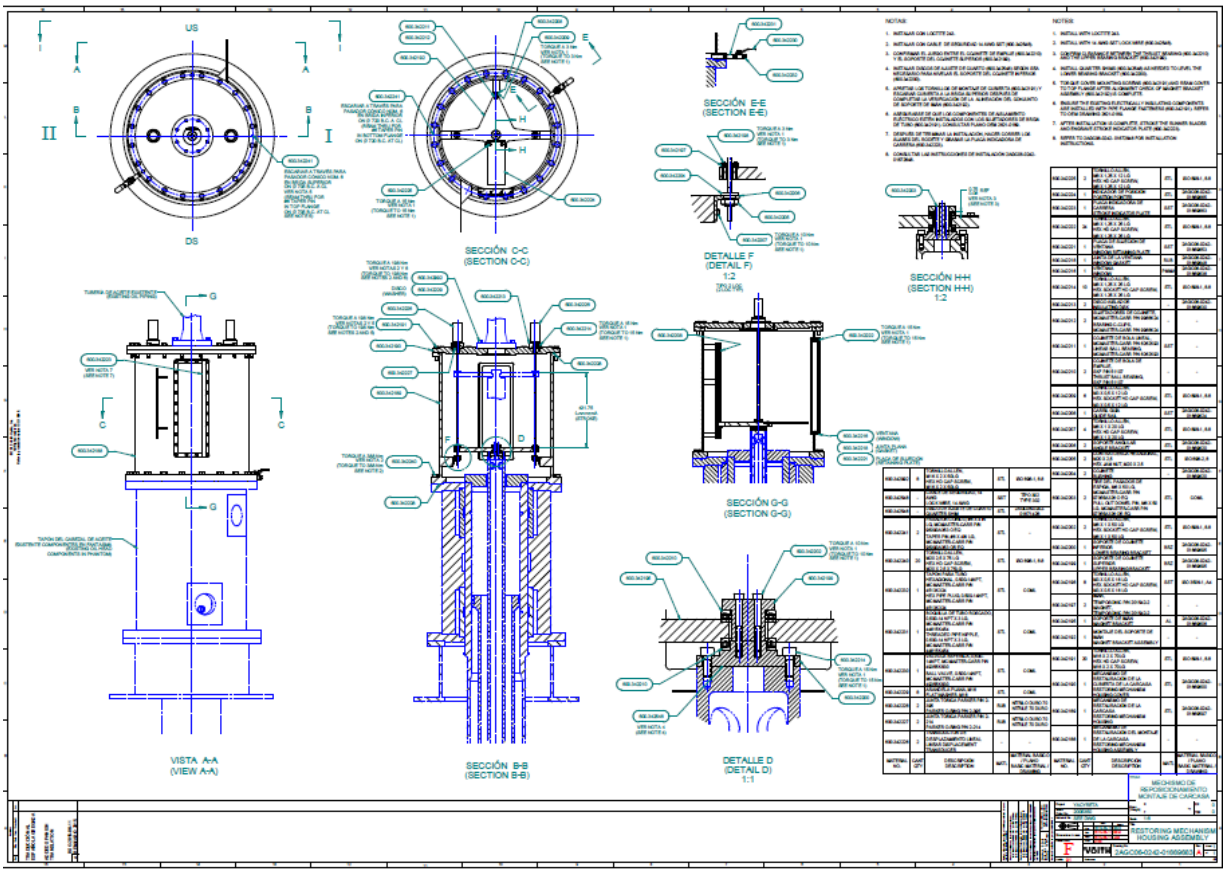

Figura 2: Planos del dispositivo actualmente instalado en 16 Unidades

1.6 Mediciones de posición de álabes y Potencia generada con ambos indicadores

Se presentan los gráficos con lecturas de la medición de potencia y posición de álabes de modo a comparar el efecto del cambio de indicador de posición. Para el efecto se toman mediciones de dos unidades. La U03 que tiene indicador de posición original y la U18 con indicador de posición ya actualizado.
Se Toma el cuidado de tomar datos en condiciones similares de potencia y salto neto, ya que los datos tomados para la comparación son de mediciones hechas de manera rutinaria, que están en los archivos del Área Regulación del Sector Mantenimiento

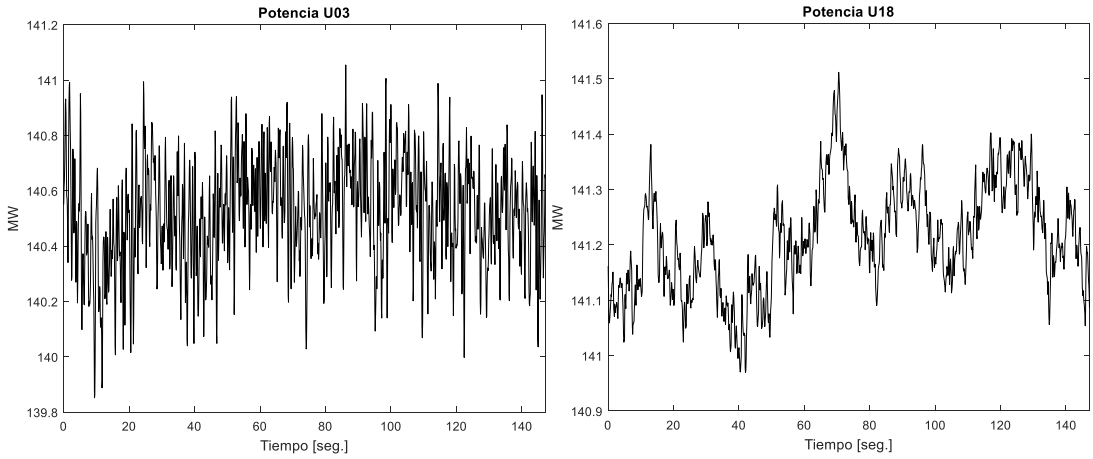

Figura 3: Medición de Potencia en U03 y U18

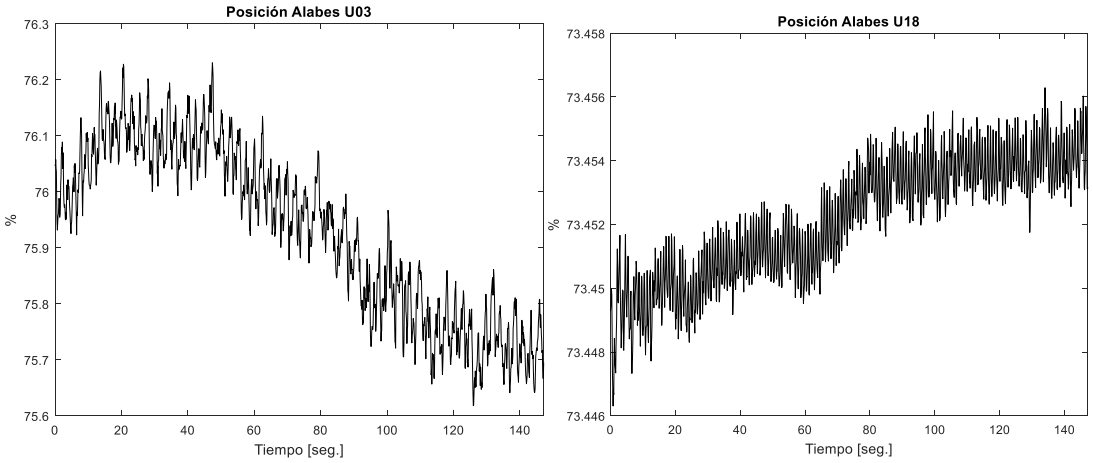

Figura 4: Posición de álabes en medición de potencia en U03 y U18

1.7 Análisis de las Mediciones de posición de álabes y Potencia generada con ambos indicadores

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis frecuencial de la señal de posición de alabes las unidades U03 y U18. Para ello se utiliza el algoritmo denominado FFT (Fast Fourier Transform) con el cual posible calcular la transformada de Fourier, herramienta que permite transformar una señal del dominio del tiempo al de la frecuencia, pudiéndose así verificar las frecuencias que intervienen en la señal [1].

Para el análisis, de las señales provenientes del PLC de cada unidad cuya tasa de muestreo es de 10Hz, se recortó su longitud de datos para que corresponda a 175 rotaciones de la máquina, con lo cual se busca darle una condición de periodicidad a la señal y además mejorar la resolución en frecuencia. También, se sustrajo la media de las señales para evitar la aparición de la componente de continua en el espectro.

En la **Figura 4** se presenta la potencia eléctrica generada por las unidades durante la adquisición de los datos, donde se observa prácticamente el mismo nivel para ambas.

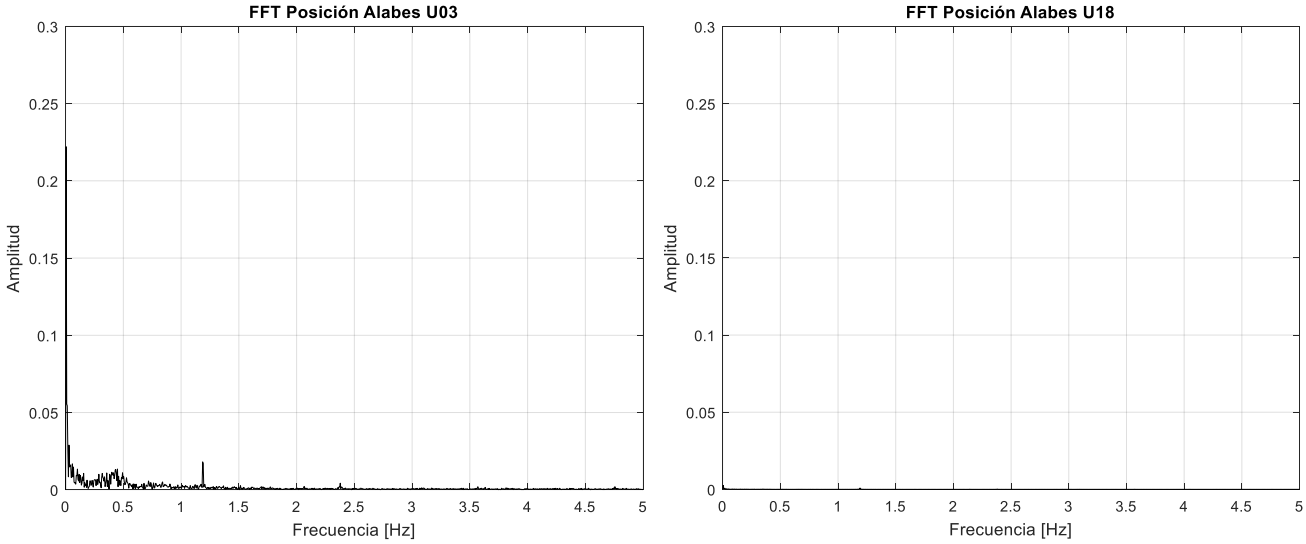

Figura 4: FFT de la Potencia eléctrica generada U03 y U18

La **Figura 5**, corresponde a un acercamiento (zoom) de la **Figura 4** para poder visualizar las componentes de su espectro, donde se observa la componente de interés de 1,19Hz correspondiente a la frecuencia de giro de la máquina, cuya amplitud corresponde a un 5% respecto de la unidad 3.

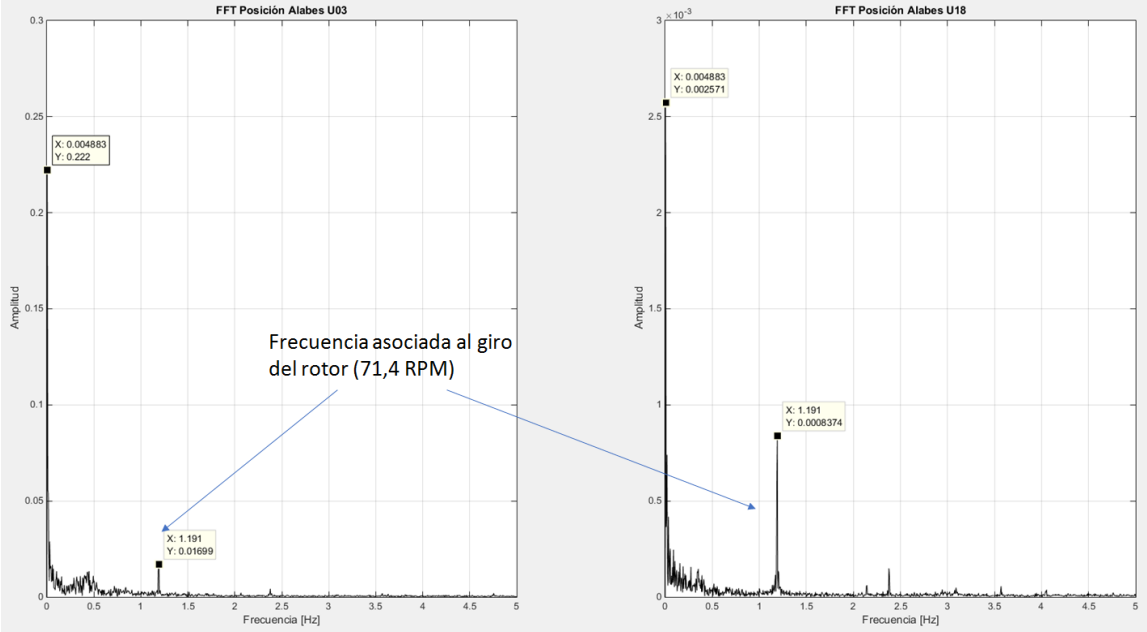

Figura 5 – Zoom sobre el eje Y de la FFT de la señal de posición de alabes. (a) Unidad 03, (b) Unidad 18.

En el espectro de la Unidad 03 también se observa una componente por debajo de 1,19Hz, que corresponde al movimiento oscilante visible en la **Figura 3** (U03).

A partir del análisis aquí realizado queda en evidencia la atenuación de la señal asociada con la rotación de la máquina (71,4 RPM) correspondiente a 1,19 Hz. Este resultado se muestra favorable a la reducción en la cantidad y magnitud de operaciones que debe ejecutarse sobre la cadena cinemática de tal manera de la amplitud de los esfuerzos cíclicos asociados también a la operación de la cadena cinemática, reducen la carga sobre los componentes de la misma, lo que en principio acusaría una prolongación en la vida útil de los componentes [2].

1.8 Conclusiones

El análisis deja en evidencia que la cantidad de movimientos de los álabes del rodete, para mantener la misma consigna de Potencia se han reducido de manera considerable con el nuevo sistema.

Esto se entiende como una mayor estabilidad, en relación a mantener la posición de los álabes inclusive afecta a la transición por el cambio de consigna de potencia (que al ser más estable se desarrolla de manera más suave).

Al reducir la cantidad de movimientos de álabes del rodete, se reduce la cantidad de esfuerzos cíclicos que debe hacer el sistema kaplan en general y sabiendo la magnitud de los esfuerzos que son generados y trasmitidos desde el servomotor principal para vencer la inercia, los rozamientos y la fuerza asociada al flujo del agua que cae sobre los álabes (aprox. 800 m^3/s), y al reducir la amplitud de los esfuerzos cíclicos, se tiende a proteger los componentes y de esa manera también se genera la tendencia a aumentar la vida útil de los componentes de toda la cadena cinemática necesaria para el movimiento de álabes y distribuidor de las turbinas de la Central Hidroeléctrica Yacyreta, es decir al reducir los ciclos de esfuerzo se está reduciendo o al menos atrasando el efecto de fatiga en los componentes.

BIBLIOGRAFIA

[1] Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky & S. Hamib Nawab, *Señales y Sistemas*. Pearson Educación, 1998.

[2] Trabajo realizado por: Ing. Nicolás Schuster e Ing. Facundo Gonzalez
Centro de Estudios de Energía para el Desarrollo (CEED – EBY) 2.018