



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Titulo del Trabajo: Reparación en la aislación de los Generadores en CHY. U16 y U18.

Autor/es:

Nombre y Apellido: **Ing. Luis Aguirre García, Ing. Carlos Acosta Olmedo, Ing. Richart Pintar.**

Sector Mantenimiento

Área: **Eléctrica**

Entidad Binacional Yacyretá CHY

Dirección de empresa o para contacto

Teléfono: (021) 325-3672

Fax: (021) 325-3668

E-mail: luis.aguirre@eby.gov.py;

carlos.acosta@eby.gov.py; rpintar@eby.org.ar

Resumen:

El objeto de este informe es presentar un panorama general de la Intervención realizada en los Generadores de la Central Hidroeléctrica Yacyreta (CHY), en las Unidades N° 16 y N°18, Mantenimiento correctivo por deterioro de la Aislación.

En el mismo se detallarán los problemas encontrados, en las barras de aislación de los generadores al realizar la inspección, instrumentación de la máquina, los diferentes ensayos realizados, las diferentes mediciones realizadas (temperatura en diferentes puntos, DP), los diferentes gráficos así como también serán incluidas la solución adoptada y las posibles soluciones para mejorar las condiciones de trabajo de los Generadores de la Central Hidroeléctrica Yacyreta.

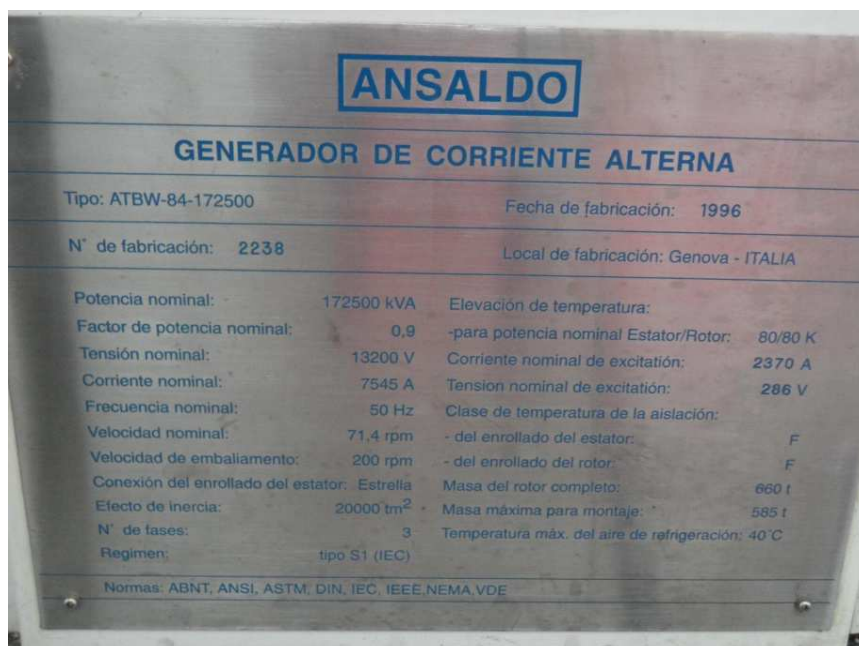
PALABRAS CLAVES

CHY (Central Hidroeléctrica Yacyreta), DP (Descargas Parciales), Aislación, Temperatura Rotor, Corriente excitación.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

1 CONSIDERACIONES GENERALES.

Presentamos un informe sobre las mediciones de temperatura y fluidos realizados en el hidro-generador de eje vertical tipo ATBW-84-172500-71,4-13200 instalado en la Central de Yacyreta realizado a raíz del sobrecalentamiento observado en las barras de los generadores de la U16 y U18. En dichas unidades se observaron signos de sobrecalentamiento en las barras colectoras de los generadores principales.



The image shows a metal nameplate for an ANSALDO generator. The text is as follows:

ANSALDO	
GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA	
Tipo: ATBW-84-172500	Fecha de fabricación: 1996
N° de fabricación: 2238	Local de fabricación: Genova - ITALIA
Potencia nominal: 172500 kVA	Elevación de temperatura:
Factor de potencia nominal: 0.9	-para potencia nominal Estator/Rotor: 80/80 K
Tensión nominal: 13200 V	Corriente nominal de excitación: 2370 A
Corriente nominal: 7545 A	Tensión nominal de excitación: 286 V
Frecuencia nominal: 50 Hz	Clase de temperatura de la aislación:
Velocidad nominal: 71.4 rpm	- del enrollado del estator: F
Velocidad de embaliamiento: 200 rpm	- del enrollado del rotor: F
Conexión del enrollado del estator: Estrella	Masa del rotor completo: 660 t
Efecto de inercia: 20000 tm ²	Masa máxima para montaje: 585 t
N° de fases: 3	Temperatura máx. del aire de refrigeración: 40°C
Regimen: tipo S1 (IEC)	
Normas: ABNT, ANSI, ASTM, DIN, IEC, IEEE, NEMA, VDE	

Figura 1 Características Generador U16.

La inspección visual en la Unidad 16 ha demostrado un envejecimiento del material aislante de las barras conexiones tras una temperatura elevada y efecto combinado de vibraciones mecánicas y descargas parciales de las barras con valor pleno de tensión de salida (polvo blanco) cerca de los soportes. La inclinación de los álabes de los

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

ventiladores del rotor es según el diseño, es decir a 13° . Se ha notado la presencia de aristas vivas (no redondeadas) de algunos tramos curvos de las barras conexiones y en sus cercanías se ha visto, en algunas zonas, una marcada disminución del aislante.

1.1 Mediciones realizadas en puesta en marcha. (Año 1996)

El caudal nominal de proyecto durante la puesta en marcha inicial fue de $80\text{m}^3/\text{seg.}$, con ventiladores equipados con paletas inclinadas con un ángulo de 16° y los agujeros para el enfriamiento adicional del cabezal y las conexiones del devanado estático completamente cerrados.

Los ventiladores del generador en cuestión, al igual que los tipos utilizados en otros proyectos similares, son de tipo axial con un ángulo de inclinación variable de las paletas para poder regular el caudal durante la puesta en marcha.

Dichos ventiladores, caracterizados por velocidades periféricas medio-bajas y de gran diámetro, con juegos de montaje de las guías de aire que no son siempre fáciles de controlar, pueden llegar a trabajar en la zona de inestabilidad característica, necesitando como consecuencia la regulación experimental del circuito de fluidos.

Si los ventiladores trabajan en la zona estable característica, el aumento del ángulo de inclinación de las paletas tendrá como resultado un aumento del caudal.

Pero si los ventiladores trabajan en la zona inestable se obtiene el mismo efecto generalmente disminuyendo el ángulo (la zona de inestabilidad aumenta con el ángulo).

Los agujeros para una ventilación adicional de las partes terminales del devanado tienen la función de regular el flujo de aire y, por lo tanto, el enfriamiento de una zona caracterizada por geometrías particularmente complejas y espacios amplios, cuando la liberación del calor de los cabezales al aire libre turbulento por sí solo ya no es suficiente.

Inicialmente el generador se encuentra con todos los agujeros cerrados, con el objetivo de obtener refrigeración máxima en la ranura, donde las barras se encuentran amarradas al paquete estático, con menor caudal de ventilación total (pérdida de ventilación menor).

En estas condiciones se detectó durante las pruebas de rotación en marcha mecánica un volumen de aire inferior al valor de proyecto equivalente a aproximadamente $55\text{m}^3/\text{s}$ (Unidad 14 y 16).



X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

Las mediciones contemporáneas de presión diferencial entre aspiración y descarga (cámara cabezales) de los ventiladores evidenciaron un funcionamiento inestable.

Por este motivo, se decidió disminuir el ángulo de inclinación de las paletas a 13°, reduciendo así el área de inestabilidad.

De este modo, el caudal de ventilación medido en la Unicidad 18 resultó aproximarse al valor nominal, es decir, aproximadamente 74 m³/s.

El exceso de temperatura media del devanado estático en la ranura para RTD, extrapolada a la carga nominal (sobreposición de los efectos entre pruebas de corto circuito, de vacío y de marcha mecánica) en estas condiciones, resultó ser igual a 53K, con una reducción de casi 15K respecto a la disposición con ángulo de 16° de los ventiladores.

La modificación del ángulo de inclinación de las paletas a 13° luego se realizó en todas las Unidades.

El funcionamiento con carga reducida no evidenció problemas de naturaleza térmica en la zona de los cabezales y las conexiones por lo tanto los generadores mantuvieron la disposición con los agujeros de ventilación en los cabezales cerrados.

1.2 Medición con potencia nominal (realizada en el 2011).

Luego de haber alcanzado la potencia nominal, surgieron dudas sobre el “recalentamiento” en algunas zonas de las conexiones de los devanados estáticos; en la ranura, por otro lado, la temperatura del devanado estaba dentro de los límites normales de funcionamiento, ya que era de aproximadamente 90°C.

Posteriormente se adjuntan los resultados de los análisis realizados en las muestras del aislamiento tomadas en las conexiones que habían cambiado color (posible recalentamiento).

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

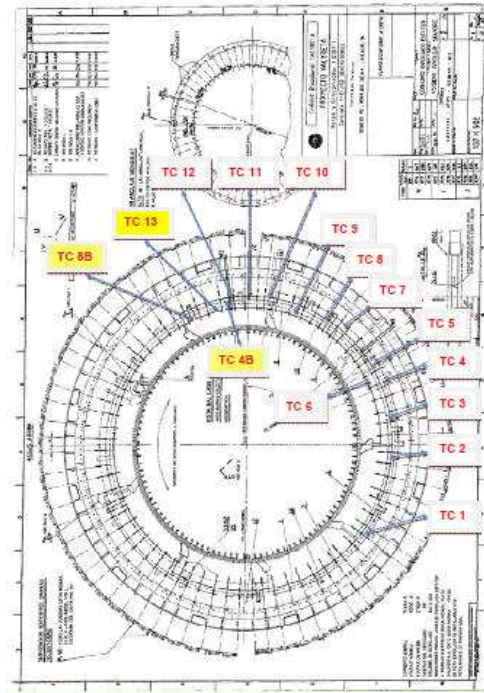


Figura 2. Plano ubicación termocuplas en el Generador.

Para aumentar la eficacia del intercambio térmico en las conexiones se procedió a abrir parcialmente y totalmente los agujeros presentes en el frente de la carcasa, realizando al mismo tiempo mediciones de temperatura y fluidos. El ángulo de las paletas era de 13° . En la disposición con todos los agujeros abiertos, el caudal total de ventilación resultó ser de aproximadamente $96 \text{ m}^3/\text{s}$ (valor mínimo entre aquellos medidos para las Unidades 12, 14 y 16).

Cabe destacar que todas las pruebas y ensayos fueron realizadas en la Unidad 16, ya que la Unidad 18 se encontraba en ese momento parada por Mantenimiento Preventivo.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

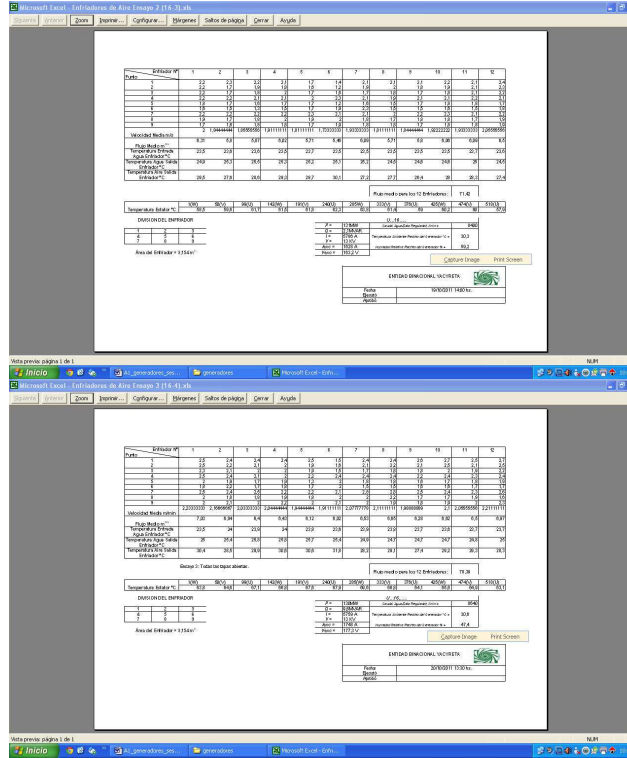


Gráfico 2: Pruebas flujo de aire de los enfriadores, con 100% de tapas cerradas, 50% de tapas cerradas, 100% de tapas abiertas.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012

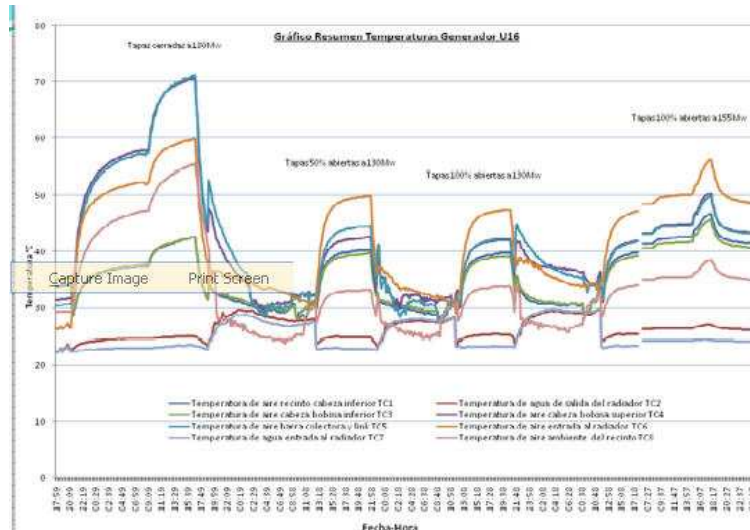


Gráfico 3. Resumen de temperaturas en las 3 etapas de prueba.

Con una corriente nominal del estator, el exceso máximo de temperatura detectado en las conexiones resultó ser de aproximadamente 82K, con un exceso de temperatura media del devanado en la ranura de aproximadamente 69K.

El lugar de pasaje de aire en los agujeros, paralelo a los canales de ventilación, no penaliza el enfriamiento del paquete estatórico, gracias al aumento del caudal total.

La inspección visual en la unidad 18 ha demostrado problemas de deterioro de las propiedades aislantes de los dieléctricos, superiores que los de la unidad 16 (por otra parte, ya reparada por EBY y actualmente en funcionamiento).

Es especialmente evidente el aflojamiento de algunos casquillos de apriete de las conexiones.

El ángulo de los álabes de los ventiladores es según el diseño, es decir de 13°.

2 DESCARGAS PARCIALES.

Descargas Parciales realizadas inmediatamente después de detectada la falla el 26/08/2011 Fase U,V y W.

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ 19, 20 y 21 de setiembre de 2012

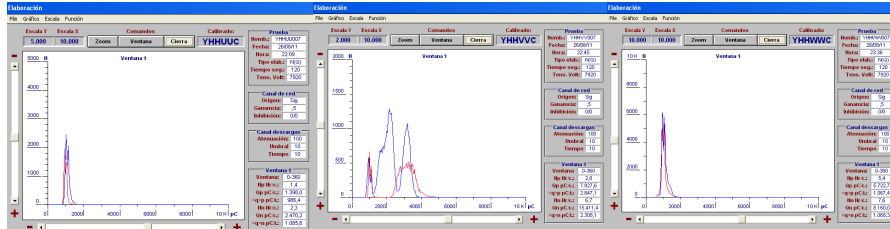


Grafico 4. DP U16 Previa a reparación.

Descargas Parciales realizadas después de la reparación, 20/12/2011. Fases U,V y W.

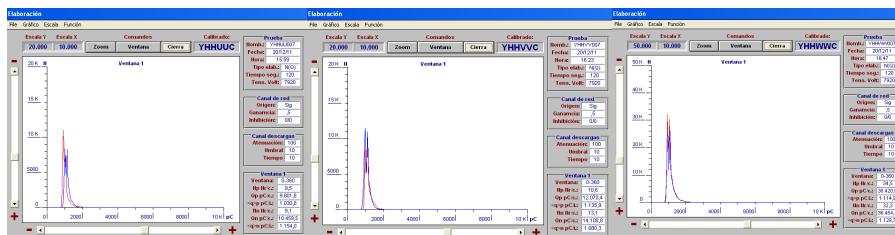


Grafico 5. DP U16 posterior a reparación.

3 SOLUCIONES ADOPTADAS.

Se confirma de este modo que la disposición de la máquina con los agujeros completamente abiertos permite garantizar un funcionamiento regular del generador con carga nominal, dentro de los límites de temperatura requeridos para la clase de aislamiento relativo (F) y el ΔT garantizado. Solución adoptada en las Unidades U11 a U20.

Se repararon las aislaciones de las barras dañadas en su totalidad según las normas del fabricante previa limpieza general, se ajustaron las juntas mecánicas dentro del generador, se adicionaron termo-papers (medidores de temperatura) para su posterior control en las barras reparadas. Al revisar una semana después de la puesta en servicio, los resultados fueron satisfactorios. Se realizaron ensayos de tensión aplicada según manual del fabricante, obteniendo resultados satisfactorios, índice de polarización.



4 CONCLUSIÓN.

En base a todo lo expuesto anteriormente, se pueden realizar las siguientes observaciones:

- el generador está de acuerdo con las condiciones técnicas impuestas, aún con máxima potencia y abriendo todos los agujeros de ventilación de los cabezales (LC y LOC).
- ulteriores mejoras de temperatura con igual potencia o bien de potencia con igual temperatura están siendo evaluadas.

Se elaborará a continuación una propuesta detallada y conciernen las siguientes actividades que podrán servir para el mejoramiento y funcionamiento de los segundos generadores de CHY. Actualmente en estudio.

- reemplazo de refrigerantes;
- posible variación del ángulo de las paletas ventiladores;
- introducción de intercambiador intermedio agua de río-agua refrigerante para evitar la obstrucción provocada por larvas;
- en cuanto a las conexiones del devanado del estator es posible realizar otro aislamiento con un material de clase térmica superior con respecto al utilizado originalmente (de clase F a clase H).

Bibliografía.

- [1] Manual de Operación y Mantenimiento. Generador. ANSALDO ENERGIA S.p.a.
- [2] Material archivo Mantenimiento Eléctrico Central Hidroeléctrica Yacyretá.
- [3] Planos conforme a Obra Contrato YE1-G2. ANSALDO.



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

X SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ
19, 20 y 21 de setiembre de 2012
