EPRI ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

Steam Turbine-Generator Notes

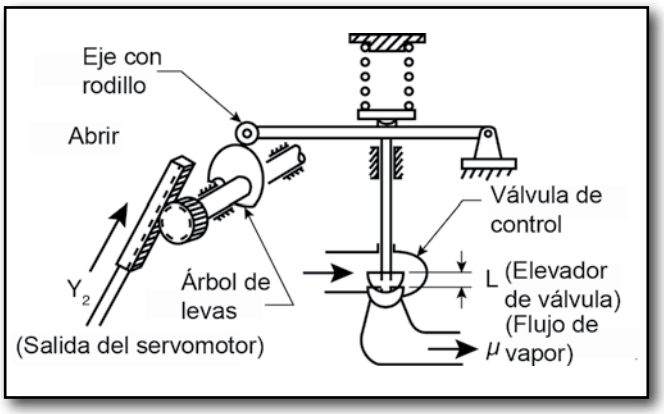
Julio de 2008 **Grupos turbo-generadores de vapor de instalaciones de combustible fósil y nuclear**

Contenido

Actualización de la guía para pruebas en línea y monitorización de generadores a turbina 2
Protección de apagado de turbina de vapor mediante aire deshumedecido 3
Proyecto avanzado de sello de laberinto 3
Adiciones a las directrices para reducir el tiempo y coste de las reconstrucciones de mantenimiento e inspecciones de los generadores a turbina 4
EPRI y su Programa de generadores a turbina realiza el Taller 2007 de generadores de turbina a vapor, exposición de proveedores y reunión de verano de 2007 del grupo de usuarios 6
El Grupo de usuarios de generadores de turbina de EPRI realiza su taller y reunión de invierno de 2008 en San Diego 6
Culmina el proyecto de aplicación del sistema de medición de coordenadas con láser rastreador 7
Proyecto fin de vida del rotor de turbinas de bombas de alimentación de calderas o reactores 7
El efecto de materias orgánicas y aminas en el rendimiento de las turbinas 7
Taller del Grupo de interés del cumplimiento de turbinas y generadores con las normas NERC 8
Valoración de los revestimientos del estator de las turbinas de baja presión para reducir la erosión en las paletas del rotor 8
Libro de consulta para los productos de los generadores de turbina a vapor 8
Guía de instalación del buje de alto voltaje del generador 9
Métodos no invasivos para validar las normas NERC: Respuesta de frecuencia de las turbinas a vapor (MOD-027) 10
Criterios de inspección para rotores de generador sujetos a corrientes de secuencia negativa anormales 10
Nuevos proyectos de generadores de turbina distribuidos en 2007 11
Quinto taller de transferencia de tecnología de generadores de turbina de EPRI y reunión de verano de 2008 del grupo TGUG 12
Reseñas a cargo de expertos en mejora de productividad, 2008 12
Mejora del riesgo financiero de una serie de generadores de turbina antiguos 12
Guía de valoración de la condición del accionador de válvulas de las turbinas a vapor 13
Guías de metalurgia de válvulas para turbinas, EE.UU. e internacionales 14
Adiciones a la base de datos de mantenimiento preventivo de los generadores de turbina 15
Valoración del líquido del control electrohidráulico 15
Guía de mantenimiento de pernos de turbinas a vapor 16
Hacia el futuro: Programa 65 y NSTI 17
Se realizará un taller sobre agrietamiento por corrosión debida a tensión y fatiga por corrosión 18
Taller y reunión del TGUG europeo, 2009 18
Taller sobre caldera y turbina de bomba de alimentación de reactor (B/RFPT), 2008 18
Proyectos complementarios para generadores de turbina 19
Demostración del rendimiento NDE del acoplamiento de la paleta del disco de entrada axial 21
Determinación de b Parámetros para paletas de turbinas con 12% Cr utilizando tecnología de sensores de fatiga 21
Guía para la inspección de paletas de turbina de baja presión 22
Optimización de la medición con sensor de fatiga para superficies de paletas curvas 22
Próximos eventos 23
Plantilla del programa 23
Guía de análisis de causa principal de falla de las paletas de las turbinas a vapor 23

Guía de mantenimiento de sistemas de control mecánico e hidráulico en curso

Los sistemas de control mecánico e hidráulico de turbinas (MHC, por sus siglas en inglés) continúan utilizándose ampliamente en la actualidad en equipos de entre 30 y 50 años de antigüedad. Estos sistemas de control son intrínsicamente fiables, pero requieren un conocimiento de las características de desgaste previstas de los componentes mecánicos y de los procedimientos de instalación de los sistemas. Las plantillas de las centrales cambian y los proveedores de equipos han reducido el nivel de conocimiento experto que puede aplicarse para mantener e identifcar y solucionar adecuadamente problemas en los sistemas MHC. En respuesta a esta situación, a comienzos del año se comenzó la elaboración de una guía de mantenimiento de sistemas MHC. El informe estará listo antes de marzo de 2009.



Controles comunes de un sistema MHC por eje de levas/rodillos

Dicho informe técnico incluirá información sobre la operación básica de los sistemas MHC, su inspección, instalación, identificación y resolución de problemas y mantenimiento. Asimismo, ayudará a los nuevos ingenieros de sistemas a familiarizarse con los problemas y las medidas correctoras necesarias para reducir indisponibilidad de los sistemas MHC. El objetivo del informe es abordar los dispositivos MHC para aplicaciones de válvulas de turbinas de vapor de General Electric (GE) y Westinghouse de instalaciones de combustibles fósiles.

Debido al hecho de que sólo quedan en el mundo seis unidades nucleares en las que se emplean este tipo de sistemas de control de turbinas (frente a otros sistemas de control electrohidráulicos más modernos), el informe inicial incluirá únicamente información

continúa en la página 2

continúa desde la página 1

limitada acerca de unidades nucleares. A medida que el proyecto avance, estudiaremos la posibilidad de incorporar más información sobre sistemas MHC nucleares al informe final. La inclusión de dicha información ampliaría considerablemente el alcance original del proyecto.

El esquema actual de la mayor parte de la información que se incluirá en el informe es el siguiente:

1. **Descripción técnica.** En esta sección se incluirá una descripción general de los sistemas MHC de GE, 300# de Westinghouse y 150# Westinghouse, prestando especial atención a los componentes frontales estándar (soporte), a los componentes del tanque de lubricación de aceite específicamente relacionados con las funciones de control (a excepción del propio sistema de lubricación), a los componentes de la cabina de válvulas hidráulicas y a los componentes de medio estándar. Los componentes incluidos son los siguientes:
   a. Para las unidades GE: cambiador de velocidad y carga, limitador de carga, regulador de velocidad, relé secundario de velocidad, relé de aceleración, válvula piloto secundaria, conexiones, regulador del disyuntor, regulador de presión inicial, controlador de la válvula de baipás de la válvula de parada, regulador de velocidad de la válvula de aislamiento (IV, por sus siglas en inglés), conexión de disrupción del amotiguador de la IV, interruptor de disparo por sobrevelocidad, interruptor de disparo por sobrevelocidad de apoyo, dispositivos de válvula de cierre principal y válvula de cierre del recalentador, anticipador de disparo, dispositivos de prueba, interruptor de disparo de vacío, dispositivo de disparo del cojinete de empuje, interfaz de disparo eléctrico, regulador del sello de vapor, bomba de aceite del eje principal y rotor de control (engranaje en algunas unidades).
   b. Para las unidades Westinghouse (150# y 300#): cambiador de velocidad y carga, regulador auxiliar, válvula limitadora de carga, impulsador de aceite, regulador de la presión de admisión, válvula de disparo de emergencia del regulador, controlador de la válvula de admisión, servomotor de la válvula de admisión, válvula de disparo por sobrevelocidad, colector de disparo, bomba de aceite principal, servomotor de la válvula de control (CV, por sus siglas en inglés), servomotor de la IV, orificios múltiples y válvula de retención, y rotor de control.
2. **Inspección.** En esta sección se incluirán criterios de inspección para los dispositivos de control de turbinas GE y Westinghouse. Asimismo, se incluirán copias de las fichas técnicas utilizadas para documentar las medidas y condiciones. Se proporcionarán los criterios para la inspección del sistema de controles. También se incluirán ajustes comunes tales como la configuración (medición) de la regulación, el punto de agrietamiento de las CV y los puntos de tarado de sobrevelocidad.
3. **Mantenimiento.** En la sección de mantenimiento se incluirán tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para dispositivos de control de turbinas GE y Westinghouse. También se incluirán procedimientos de aplicación para el desmontaje, reparación y montaje de los componentes y se detallarán todas las herramientas especiales. Se proporcionarán las consideraciones de seguridad necesarias para trabajar en los dispositivos de control. Se incluirán referencias a las actualizaciones o modificaciones parciales rutinarias que se hayan realizado.
4. **Puesta en servicio tras el mantenimiento.** En esta sección se describirán las actividades necesarias para establecer y realizar comprobaciones preoperacionales del sistema de controles antes de arrancar la unidad tras una parada significativa, ya se hayan realizado o no trabajos de gran envergadura en dicho sistema.
5. **Identificación y resolución de problemas.** Esta sección incluirá una guía para la identificación y resolución de problemas operacionales. Entre ellos podrán encontrarse problemas operacionales, síntomas, causas y soluciones comunes.

Para obtener más información acerca de este proyecto, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Actualización de la guía para pruebas en línea y monitorización de grupos turbo-generadores

El informe del EPRI *Guide for On-Line Testing and Monitoring of Turbine Generators (Guía para puebas en línea y monitorización de grupos turbo-generadores)* (1006861), publicado en 2002, contiene información acerca de los mecanismos de fallo de los principales fabricantes de generadores e identifica los sistemas de detección en línea más adecuados.

Los objetivos de este proyecto son añadir directrices para pruebas fuera de línea y perfeccionar la asignación de mecanismos de fallo apropiados incluyendo la antigüedad y el ciclo de utilización del generador. El informe estará disponible antes del 31 de diciembre de 2008.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Notas sobre grupos turbo-generadores de vapor

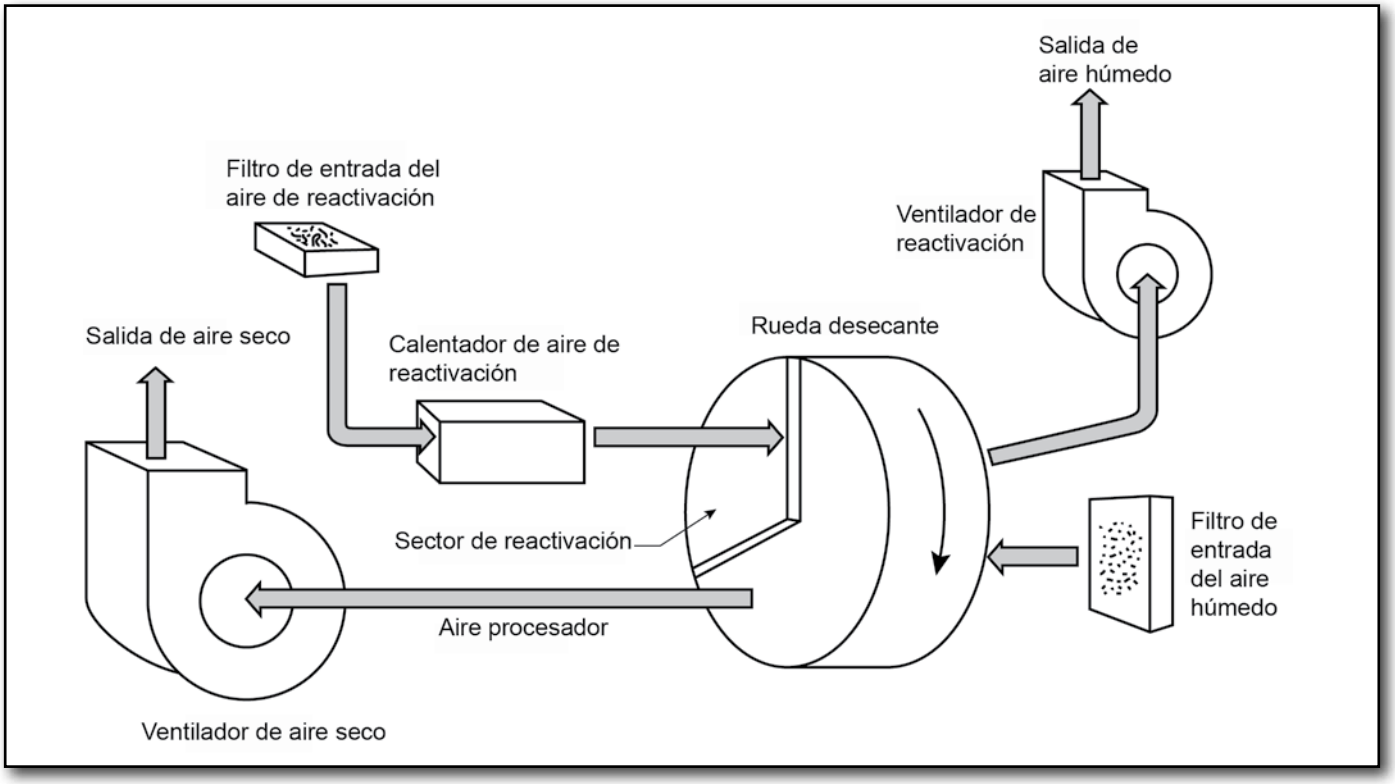
es una publicación del EPRI dentro del **Programa de grupos turbo-generadores de vapor de instalaciones de combustible fósil y nuclear**

1300 W.T. Harris Blvd., Charlotte, NC 28262, fax 704.595.2867 ***NSTI/Programa 65. Contacte con:*** *Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com*

Protección de turbinas de vapor durante la parada mediante aire deshumidificado

El Programa 88 (Generadores de vapor con recuperación de calor), el Programa 64 (Vapor de turbina y caldera y química del ciclo), el Programa 65 (Turbinas de vapor, generadores y sistemas del secundario) y la Iniciativa de grupos turbo-generadores de vapor nucleares del EPRI publicaron un informe sobre la utilización de aire deshumidificado en la protección de turbinas de vapor durante la parada. El informe, publicado en marzo de 2008, lleva por título *Shutdown Protection of Steam Turbines Using Dehumidified Air (Protección de turbinas de vapor durante la parada mediante aire deshumidificado)* (1014195).

Este informe de orientación propone una metodología mediante la cual los trabajadores de centrales de combustibles fósiles y nucleares pueden evaluar la utilización de aire deshumidificado para la protección de turbinas de vapor durante la parada tanto en unidades nuevas como en otras antiguas. De conformidad con los principios orientativos del EPRI sobre protección durante la parada, su enfoque exhaustivo también contempla requisitos de protección durante la parada para otros componentes.



Sistema deshumidificador

Para obtener más información acerca de este proyecto, puede ponerse en contacto con Jim Mathews, 704.595.2044, jmathews@epri.com, o Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Proyecto avanzado de sello de laberinto

El objetivo general de investigación de este proyecto es definir una configuración del sello de laberinto (forma de cuchillo, espaciado, características de la superficie del rotor, materiales, etc.) que pueda limitar con fiabilidad el flujo de fugas durante un período prolongado y tolere las amplitudes habituales de vibración lateral del eje central. El conocimiento adquirido gracias a esta investigación incluye información detallada sobre el efecto de diversas combinaciones de parámetros de diseño de laberinto sobre el comportamiento de las fugas. Además, se probará y documentará una metodología de análisis avanzado. En la actualidad existen dos factores de impulso principales para el sector de la generación energética: 1) el incremento de la fiabilidad/la reducción de la inoperatividad, y 2) el incremento del rendimiento térmico. Ambos factores se verán beneficiados gracias a este proyecto.

Para obtener información adicional acerca del proyecto, puede ponerse en contacto con Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.

Adiciones a las directrices para reducir la duración y el coste de las revisones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores

Durante más de siete años, el EPRI y su Programa de grupos turbo-generadores (TG, por sus siglas en inglés) han recopilado información que puede ayudar a empresas y centrales eléctricas en el mantenimiento de los TGs. La información se recopila en la serie de siete volúmenes *Guidelines for Reducing the Time and Cost of Turbine-Generator Maintenance Overhauls (Directrices para reducir la duración y el coste de las revisiones de mantenimiento de grupos turbo-generadores)*. En 2007, se añadió material nuevo al Volumen 2, *Repair Procedures (Procedimientos de reparación),* y al Volumen 4, *Blade and Rotor Procurement Specifications (Especificaciones de adquisición de álabes y rotores)*.

Toda empresa que actualmente mantenga un compromiso contractual por varios años (al menos tres) con el Programa 65, puede solicitar la colección completa de siete volúmenes en cuatro CDs. Si usted cumple este requisito, puede solicitar el producto 1014134 de 2007 del EPRI. Estos cuatro CDs están también disponibles para los fundadores de la Iniciativa de turbinas de vapor nucleares.

Aquellas empresas que anualmente contribuyan a la financiación del Programa de TGs (independientemente del número de años que hayan contribuido) no pueden solicitar el producto 1014134. No obstante, las adiciones de 2007 han sido recopiladas en un documento adicional único, el Informe 1016387 del EPRI, que sí podrán solicitar. Este suplemento, junto con la serie de siete volúmenes de 2006, constituyen la colección completa y actualizada de las directrices.

El contenido general de cada volumen es el siguiente:

- CD 1

  Volumen 1: Prácticas generales

  – El primer volumen presenta las prácticas generales de cada una de las actividades fundamentales de mantenimiento que normalmente se asocian a una parada: Evaluación de la condición del TG (en servicio), planificación y licitación previas a la parada, procedimientos de parada de la unidad, desmontaje y documentación de descargos, información del proceso de exclusión de materiales extraños (FME, por sus siglas en inglés), evaluación de la condición del TG (fuera de línea), lavado de aceite, alineación y equilibrado del rotor, comprobaciones previas al arranque y actividades posteriores a la parada. El volumen 1 también contiene, en forma de anexos, un modelo de informe de parada de un TG, más de 150 ejemplos de fichas técnicas y un documento de directrices para el proceso o programa de FME para TGs.

  Volumen 2: Procedimientos de reparación

  – El segundo volumen contiene procedimientos de reparación detallados para regular la pre-licitación, la inspección, el desmontaje y la reparación de componentes críticos de la turbina y el generador. Algunos ejemplos de estos procedimientos son: compactación/fundición centrífuga de cojinetes, reparación del diafragma y la partición del pulverizador de toberas, reparación de la espiga del álabe, reparación del sello de hidrógeno, reparación de la carcasa de la junta horizontal, reparación de la tapa de la válvula de cierre del vapor principal, inspección/reparación del sello de hidrógeno del generador, inspección/mantenimiento del Alterrex, inspección/pruebas/reacuñado de los estatores del generador y mantenimiento del aparejo de anillos/cepillos del colector.

  Volumen 3: Especificaciones de equilibrado y alineación

  – El segundo volumen contiene manuales exhaustivos de alineación y equilibrado y procedimientos de equilibrado a alta y baja velocidad de turbinas, generadores y excitatrices.

  Volumen 4: Especificaciones de adquisición de álabes y rotores

  – El cuarto volumen ofrece especificaciones detalladas para la adquisición de paletas de turbina, incluidas pruebas de frecuencia del álabe y directrices de ajuste, rotores de instalaciones de combustibles fósiles de alta presión/media presión/baja presión (HP/IP/LP, por sus siglas en inglés), rotores HP/LP de instalaciones nucleares, rebobinado del rotor del generador, un nuevo rotor del generador, rebobinado del estator del generador, un nuevo estator del generador, sistema de excitación del generador, aislamiento de la turbina, servicios completos de parada de turbina y empernado de la turbina.

  Volumen 5: Directorio y base de datos de turbinas

  – El quinto volumen contiene un directorio y una base de datos con información sobre turbinas grandes (>75 megavatios eléctricos) que operan con paletas de última fase de 23 pulgadas (58 centímetros) de longitud o más. La lista engloba ya a unidades tanto estadounudenses como internacionales. La base de datos incluye a los fabricantes de turbinas originales y sus designaciones para equipos y estados de planta o unidad (de 2001). Con el fin de ofrecer a los usuarios ayuda adicional en la identificación de operadores que pudieran compartir características comunes con sus unidades, los datos se ordenan y se presentan por longitud de paleta L-0 y por la designación de diseño del fabricante (en los casos en que sea posible la identificación). Se incluyen también aquellas plantas o unidades que se han parado o cancelado. Asimismo, se incluye una tabla de unidades norteamericanas e internacionales en las que se han efectuado sustituciones o modificaciones significativas de componentes.

- CD 2

  Volumen 6: Especificaciones de diseño e inspección del álabe/disco de HP/IP

  – El sexto volumen contiene procedimientos de auditoría e inspección de diseño de álabes/discos de HP/IP en turbinas de vapor. Esta información ayuda al personal de mantenimiento de turbinas en la valoración de la erosión por partículas

continúa en la página 5

continúa desde la página 4

sólidas, fatiga de ciclo alto (HCF, por sus siglas en inglés), fatiga de bajo ciclo (LCF, por sus siglas en inglés) y daños por rotura por fluencia en los álabes de HP y IP.

- CD 3

  Volumen 7: Especificaciones de diseño e inspección de los álabes/discos de LP

  – El séptimo volumen contiene los procedimientos de auditoría e inspección de diseño de álabes/discos de LP. Esta información ayuda al personal de mantenimiento de turbinas en la valoración del agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC, por sus siglas en inglés) y daños por HCF y LCF en los álabes de LP.

- CD 4

  Programas informáticos y manuales de usuario de TGAlign y TGAlign-SI

  – El software TGAlign (disponible en versiones con unidades inglesas y unidades SI) es un potente programa informático que determina la alineación óptima de acoplamiento para sistemas de rotores de TG, reduciendo el tiempo de parada de las TGs de vapor.

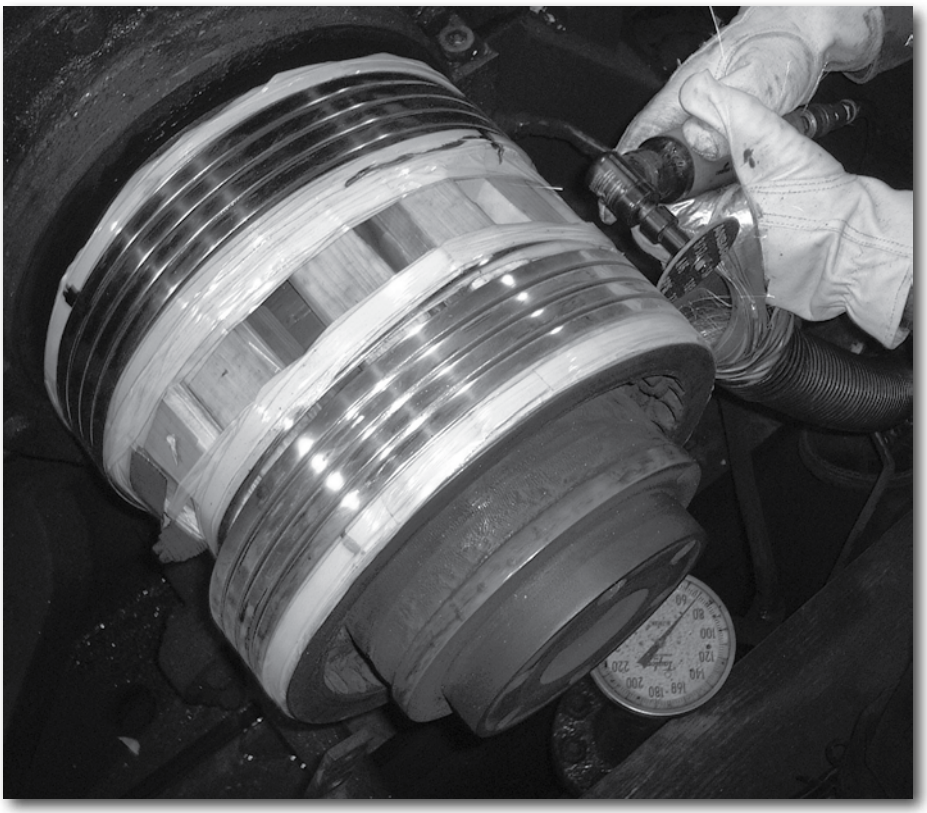
El Grupo de asesoramiento técnico a empresas eléctricas (GAT) se reunió a principios de 2007 mediante un webcast y determinó los contenidos que se añadirían a los CDs de las directrices. En 2007 se han realizado las siguientes adiciones a la serie de siete volúmenes:

- Adición al Volumen 2:
  – "Manual de mantenimiento del aparejo de escobillas y soporte de escobillas, anillo colector y conmutador", que conforma la nueva Sección 8.13.
- Adiciones al Volumen 4:
  – Especificaciones para la adquisición de un sistema de excitación del generador (nueva Sección 10) y un ejemplo de solicitud de presupuesto (RFQ, por sus siglas en inglés) para la adquisición de un sistema de excitación del generador, que añade el nuevo Anexo G.
  – Especificaciones para la adquisición de nuevos empernados para turbinas que dan lugar a la nueva Sección 11 y un ejemplo de solicitud de presupuesto para la adquisición de un empernado para turbina.
  – Un nuevo Anexo K como suplemento a las especificaciones actuales para la adquisición de álabes de turbina que aparecen en la Sección 1, titulada "Directrices para pruebas de frecuencia en álabes y aceptación de ajuste".

El GAT volvió a reunirse mediante webcast en marzo de 2008 para discutir otras posibles adiciones. La siguiente información se añadirá al CD de directrices en 2008 según las restricciones de presupuesto y la disponibilidad de la información:

- Buenas prácticas para la instalación del sello de hidrógeno y el mantenimiento preventivo a largo plazo de sellos de hidrógeno.
- Buenas prácticas para optimizar la alineación del eje del rotor del TG.
- Especificaciones de adquisición y modelo de solicitud de presupuesto para álabes de la turbina de la bomba de alimentación de la caldera/el reactor (B/RFPT, por sus siglas en inglés).
- Análisis paramétrico de vibraciones del TG durante la vida del cojinete.
- Directrices para la adquisición de una unidad de la B/RFPT completo.
- Una lista de boletines de servicio de fabricantes de equipos originales y cartas de información y asesoramiento técnico.
- Un procedimiento de limpieza por chorro de arena.

Para obtener más información sobre las Directrices para reducir la duración y el coste de las revisiones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores, *puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com. También puede dirigirse a él para informarse sobre la forma de convertirse en contribuyente del Programa 65 por varios años o el nivel de participación actual de su empresa.*



Repetición del corte de ranuras helicoidales desgastadas

El Programa de grupos turbo-generadores del EPRI celebra el Taller de grupos turbo-generadores de vapor 2007 y la Exposición de proveedores y Reunión de verano del Grupo de usuarios 2007

X Taller de grupos turbo-generadores de vapor y Exposición de proveedores

El Programa de grupos turbo-generadores de vapor (TG) del EPRI celebró su X Taller de grupos turbo-generadores de vapor y la Exposición de proveedores en el complejo JW Marriott Desert Ridge Resort & Spa de Phoenix, Arizona del 13 al 15 de agosto de 2007. A pesar de que las temperaturas alcanzaron los 110 °F (43 °C) casi todos los días, la reunión fue todo un éxito, con más de 250 asistentes al taller de tres días y 48 proveedores en la exposición, que tuvo lugar las noches del lunes y martes.

El lunes por la mañana se impartieron dos talleres preliminares y otros talleres para la exposición de proveedores. Uno de ellos consistió en una clase orientativa sobre el diseño de turbinas de bombas de alimentación de calderas/reactores, y el segundo versó sobre pruebas del núcleo del generador.

Se realizaron sesiones múltiples paralelas durante los tres días, en las cuales se abordaron los siguientes temas:

- Turbinas de vapor
- Evaluación no destructiva de los TGs
- Monitorización en línea y evaluación de la condición del generador
- Núcleo del generador, puesta a tierra del rotor y monitorización de fugas en el agua de refrigeración
- Mejoras y mantenimiento del generador
- I+D en turbinas de vapor
- Detección de giros del rotor del generador y perturbaciones de la red
- Utilización de los datos de monitorización

Reunión de verano del Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores

La reunión de verano de 2007 del Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores (TGUG, por sus siglas en inglés) se celebró del 16 al 17 de agosto de manera conjunta con el XX Taller de grupos turbo-generadores de vapor en el mismo hotel de Phoenix, Arizona. La noche del jueves, se celebró una sesión adicional. Dicha sesión fue el grupo de trabajo del TGUG de la junta de enroscado del generador, liderado por Tom Phelan de Constellation Energy. La sesión contó con aproximadamente 25 asistentes.

Toda la información compartida durante la reunión y el taller de esta semana puede obtenerse en la página web del EPRI en la siguiente dirección:

http://www.epri.com/tgug/pastmeetings.html.

Para obtener información adicional sobre el Programa de TGs del EPRI o el TGUG y sus actividades, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

El Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores del EPRI celebra su Taller/Reunión de invierno de 2008 en San Diego

La XXVII Reunión del Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores (TGUG) se celebró en San Diego, California, en el hotel Marriott Mission Valley del 23 al 25 de enero de 2008 junto con el taller asociado, que se impartió del 21 al 22 de enero en el mismo lugar.

Más de 250 asistentes y 30 proveedores participaron en la feria de proveedores que tuvo lugar las noches del lunes y martes de esa semana. En el primer día de talleres se mantuvo una sesión combinada de grupos turbo-generadores (TG) titulada "Requisitos, normativas y aspectos de validación corporativa de la fiabilidad eléctrica norteamericana desde la perspectiva de los grupos turbo-generadores". El martes, se celebraron dos sesiones de talleres. El título de la sesión de turbinas fue "Mejoras de los TGs: planificación, adquisición e instalación", y el de la sesión de generadores "Mantenimiento preventivo (revisiones y reacondicionamiento) del estator y la excitatriz del rotor del generador: estrategia frente a retroadaptación o sustitución".

El miércoles, la sesión de la noche supuso la continuación de la sesión de turbinas del martes, "Mejoras de los TGs: asuntos y experiencias". La sesión estuvo presidida por Danny Chlou (Exelon) y Paul Zayicek (EPRI). El jueves por la noche se celebró otra sesión en la cual se reunió el grupo de trabajo del TGUG de la junta de enroscado del generador.

Toda la información compartida durante las reuniones y talleres de esta semana puede obtenerse en la página web del EPRI en la siguiente dirección http://www.epri.com/tgug/pastmeetings.html.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Culmina el Proyecto de aplicación del sistema de medición de coordenadas con rastreador láser

Otro ejemplo de cómo el Programa de grupos turbo-generadores del EPRI continúa explorando la utilización de tecnología de otros sectores es la publicación *Tracking Laser Coordinate Measurement System Application for Turbine Outage Activities (Aplicación del sistema de medición de coordenadas con rastreador láser para actividades en turbinas durante paradas)* (1014136) de diciembre de 2007. Los objetivos de esta investigación eran identificar las tareas de medición en turbinas que pudieran realizarse de forma más eficaz utilizando un sistema de medición de coordenadas con rastreador láser y, al mismo tiempo, describir y demostrar el proceso básico de utilización del sistema.

Se le solicitó a FARO Technologies, Inc. que hiciera una demostración de su sistema de medición láser, que adaptara su sistema de software para la inclusión de varias fichas técnicas de muestra de mediciones en turbinas y que proporcionara instrucciones de operación detalladas para la adopción de medidas utilizando las fichas técnicas seleccionadas.

Este informe incluye una lista de tareas que podrían realizarse con un sistema de medición de coordenadas con rastreador láser, una descripción del proceso básico de utilización del sistema, las ventajas y desventajas del mismo y dos ejemplos de su aplicación.

Para obtener más información acerca de este informe, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Componentes del rastreador láser
Fuente: FARO Technologies, Inc. © 2007 Todos los derechos

Proyecto de fin de vida del rotor de turbinas de bombas de alimentación de calderas/ reactores

A fin de resolver el creciente número de problemas con las turbinas de bombas de alimentación de calderas o reactores (B/RFPTs) del sector energético, el EPRI ha puesto en marcha varias actividades para asistir a sus miembros en su resolución. En 2007, se realizó una encuesta para identificar los problemas predominantes en el sector, cuyos resultados se completarán con otra encuesta. Junto con esta iniciativa, el EPRI ha lanzado dentro del sector un proyecto de fin de vida del rotor de la B/RFPT que abordará los problemas de la vía de caudal que los miembros están experimentando en la actualidad. Le rogamos que dedique un poco de su tiempo a participar en próximas encuestas o que las derive a algún miembro de su empresa que desee completarlas.

Para obtener información adicional sobre este proyecto u otros problemas de B/RFPT, puede ponerse en contacto con Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.

El efecto de la materia orgánica y las aminas en el funcionamiento de las turbinas

Con el aumento de la demanda de energía hasta cotas críticas y la subida del coste de la producción de electricidad, surge también la necesidad de una mayor eficiencia de las turbinas. El Programa 65/NSTI está desarrollando el Proyecto de materia orgánica y aminas (O/As, por sus siglas en inglés) para investigar las mejoras del funcionamiento cuando se introducen O/As en la vía de vapor. El EPRI realizará un estudio sobre las diferencias en la formación de burbujas de vapor tras la inyección de O/As en la vía de vapor: más en particular, se monitorizará el paso del vapor por una tobera convergente/divergente para estudiar las posibles mejoras en el funcionamiento. Los resultados de este proyecto estarán disponibles en marzo de 2009.

Para obtener información adicional acerca del proyecto, puede ponerse en contacto con Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.

Taller del Grupo de interés para el cumplimiento de los estándares del NERC en turbinas y generadores

Un cierto número de estándares aprobados y propuestos por el North American Electric Reliability Council o NERC (Consejo para la Fiabilidad Eléctrica Norteamericana) abordan directamente asuntos sobre turbinas y generadores. Entre ellos se incluyen el MOD-024, Verificación de la capacidad de potencia real bruta y neta de los generadores; el MOD-025, Verificación de la capacidad de potencia reactiva bruta y neta de los generadores; el PRC-019, Coordinación de los controles del regulador de tensión del generador con las capacidades y protección de la unidad; el MOD-026, Verificación de modelos y datos para la función del sistema de excitación del generador; y el MOD-027, Verificación de la respuesta de frecuencia de la unidad del generador. Además, un gran número de estándares abordan el muestreo, la documentación, la conservación y la notificación de datos entre el propietario del generador y el operador del sistema de transmisión. La Ley estadounidense sobre política energética de agosto de 2005 contiene disposiciones que obligan al cumplimiento de los estándares del NERC.

Se está formando un grupo de interés para compartir experiencias relativas al cumplimiento de los mismos. DTE Energy organizará la primera reunión del 21 al 22 de agosto de 2008. El programa, de un día y medio de duración, incluye un curso educativo, estudios de caso e informes.

La participación es gratuita para los miembros del Programa 65 de generación (turbinas de vapor, generadores y sistemas del secundario), el Programa 85 (recursos renovables y generación hidroeléctrica), la Iniciativa de turbinas de vapor nucleares, y el Programa 40, suministro y utilización de energía (planificación de redes) del EPRI. Los demás miebros del EPRI deberán abonar una cuota de participación de 5.000 dólares.

Desde aquí se invita a participar a ingenieros y técnicos que realicen pruebas y validaciones, administradores encargados del cumplimiento de normativas en empresas y responsables de la planificación de los sistemas de transmisión.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con el Centro de Atención al Cliente de EPRI, 800.313.3774, askepri@epri.com. El contacto técnico dentro del EPRI es Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Evaluación de revestimientos en el estator de la turbina de baja presión para reducir la erosión de los álabes del rotor

Este proyecto adicional estudia los posibles beneficios de aplicar revestimientos en la superficie del estator para reducir los daños por erosión producidos por gotas de agua. Este proyecto de investigación, desarrollado por el Instituto Espacial de la Universidad de Tennessee, consiste en la aplicación de revestimientos hidrofóbicos sobre la superficie del estator con el fin de modificar las características del grosor de las gotas de agua descargadas desde el borde posterior del estator.

Ya han sido construidas secciones en cascada y se está instalando la configuración del túnel de viento. Una cámara de alta velocidad captura el tamaño de las gotas de aguas que se desprenden de los bordes posteriores de los álabes del estator. A fin de establecer comparaciones, se ha dispuesto una sección en cascada de referencia junto con otras secciones en cascada equipadas con revestimientos hidrofóbicos.

Para obtener información adicional acerca del proyecto, puede ponerse en contacto con Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.

Libro de referencia para productos de grupos turbo-generadores de vapor

Desde sus comienzos, el Programa de grupos turbo-generadores de vapor del EPRI ha elaborado multitud de informes y otros productos. En el informe del EPRI *Description of Past Research: EPRI Fossil and Nuclear Steam Turbines and Generators—Volume 4* (Descripción de investigaciones previas: generadores y turbinas de vapor de instalaciones de combustibles fósiles y nucleares del EPRI — Volumen 4) (1016900) se incluye una colección de más de 125 resúmenes de productos que describen las investigaciones realizadas por el EPRI en los últimos 20 años. Los resúmenes están ordenados por categorías relativas a generadores, turbinas de vapor, software, informes de innovación tecnológica y otros campos diversos relacionados. Cada resumen de producto incluye una sinopsis, una descripción del objetivo, el enfoque y los resultados del informe, y la perspectiva del EPRI. El informe proporciona referencias útiles para aquellas organizaciones afiliadas al EPRI que busquen informes pasados sobre temas específicos de su interés. El EPRI actualiza este informe anualmente para incluir nuevo software y nuevos informes de investigación.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Guía de instalación de las bornas de alto voltaje del generador

No resulta extraño encontrar bornas con 50 años de servicio. Durante las paradas significativas, las bornas se inspeccionan y, dependiendo de su condición, se reparan o reacondicionan. En algunos casos, podrá ser necesario sustituir las bornas usadas y es esencial que éstas estén correctamente instaladas para una operación segura de la unidad. La conexión empernada entre la caja principal y la brida de las bornas debe ser hermética para evitar escapes de hidrógeno presurizado desde el generador.

El objetivo de este proyecto es confeccionar un informe exhaustivo sobre la instalación de bornas de alto voltaje del generador. El informe abordará los siguientes asuntos:

- Diseño de la conexión empernada, incluidos los siguientes aspectos:
  - Par del perno frente a requisitos de tensión del asiento de la empaquetadura
  - Selección de material del perno frente a requisitos de par del perno
  - Empernado magnético frente a empernado no magnético
  - Impacto de pernos lubricados frente a pernos no lubricados
  - Selección de material de la empaquetadura frente a requisitos de par del perno
  - Material de la placa terminal frente al par del perno y consideraciones sobre el material del perno
  - Impacto de sellantes en el sellado de las empaquetaduras
  - Impacto de la brida de las bornas y el acabado de la superficie de la placa terminal y preparación sobre las características del sellado de las empaquetaduras
  - Consideraciones de diseño del enganche del perno en la interfaz de brida con la placa terminal
  - Métodos de aplicación de par de torsión (herramientas)
  - Métodos de bloqueo de pernos
  - Requisitos de inspección y prueba previos y posteriores a la instalación
  - Manipulación para prevenir la corrosión o el agrietamiento y las roturas accidentales
  - Intervalos e instalación de las comprobaciones de mantenimiento
  - Correcto empernado de las conexiones flexibles a los conductores de la barra de fase aislada
- Fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) y diseño e instalación de los mismos, incluidos los siguientes temas:
  - ABB, General Electric y Siemens/Westinghouse/Haefely
  - Sistemas de refrigeración de las bornas (aire, agua y aceite), diferencias y métodos de montaje y desmontaje
  - Pruebas de presión para las bornas refigeradas por aceite y agua
- Deterioro y posibles métodos de reparación, incluidos los siguientes temas:
  - Porcelana frente a aislantes alternativos
  - Bornas reacondicionadas
  - Métodos de comprobación de fugas
  - Sellantes
  - Lista de cartas, boletines de servicio y notas con información técnica de OEMs
- Extracción e instalación, incluidos los siguientes temas:

  - Preparación del área
  - Salida del área de trabajo
  - Izado y manipulación de las pesas de las bornas, los transformadores de corriente y los armarios de conductos de las barras de fase aislada/neutra
  - Consideraciones para la exclusión de materiales extraños
  - Herramientas y graduación de herramientas
  - Correcta manipulación de las bornas de alto voltaje durante su extracción e instalación
  - Pruebas de campo eléctrico de las bornas de sustitución; pruebas de sobretensión (HiPot)
  - Pruebas de campo mecánico (por ejemplo, presión) de las bornas de sustitución
  - Cantidad de contacto requerido en la conexión entre las bornas y el cable del generador
  - Cobertura de las terminaciones
- Criterios de sustitución y repuestos, incluidos los siguientes temas:
  - Frecuencia y alcance de inspección
  - Criterios de sustitución
  - Consideraciones sobre cuándo almacenar repuestos y cuántos conservar
  - Recomendación para la repetición de inspecciones e intervalos de reapriete de pernos
  - Requisitos de almacenamiento (por ejemplo, almacenamiento vertical)

El informe estará disponible antes del 31 de diciembre de 2008.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Métodos no invasivos para validar estándares del NERC: Respuesta de frecuencia de turbinas de vapor (MOD-027)

El estándar MOD-027 exije que el operador del generador verifique la respuesta de frecuencia de la unidad del generador (es decir, la respuesta de la unidad en megavatios a las desviaciones en la frecuencia del sistema) para su utilización en modelos para estudios de fiabilidad. Cada región del NERC debe contar con procedimientos para la verificación de la respuesta de frecuencia, incluidos lo siguientes aspectos:

- El tiempo de respuesta, que contempla modelos de hasta 30 segundos en unidades de vapor.
- El fabricante autorizado y el tipo de controles del regulador de velocidad de la turbina.
- El modelo verificado para cada control del regulador de velocidad de la turbina con cualquier banda muerta, incrementos, constantes de tiempo o límites asociados.

En 2007, tres empresas eléctricas crearon un proyecto complementario para obtener parámetros del generador, el sistema de excitación y el regulador a partir de pruebas en línea y fuera de línea (consultar el informe 1015241 del EPRI , *Power Plant Modeling and Parameter Derivation for Power System Studies [Modelación y obtención de parámetros de centrales eléctricas para estudios sobre sistemas energéticos]*). El Software de obtención de parámetros de centrales eléctricas (PPPD, por sus siglas en inglés) permite a los ingenieros obtener parámetros para modelos estándar (es decir, de acuerdo con el Institute of Electrical and Electronics Engineers o IEEE [Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos]) de generador y excitatriz, y modelos de regulador de turbinas de combustión.

El objetivo de este proyecto es ampliar el software PPPD para calcular parámetros de turbinas de vapor a partir de pruebas preparadas y perturbaciones del sistema (por ejemplo, la pérdida de un generador principal que ocasione desviaciones de frecuencia del sistema), los cuales se obtienen de forma automática durante la monitorización del entorno. Su principal meta es estudiar y comprobar si la monitorización del entorno puede utilizarse para obtener datos de perturbaciones y emplearlos junto con software automatizado para compatibilizar los parámetros del modelo de regulador de turbina en grandes turbinas de vapor.

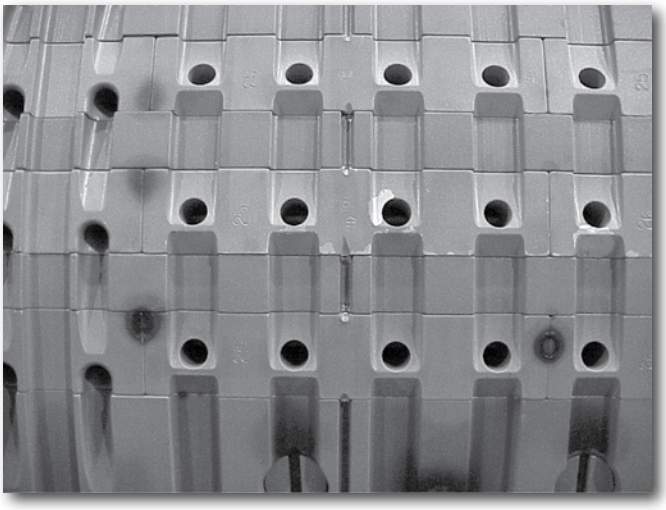
El proyecto incluye las siguientes actividades:

1. Desarrollo del método y el modelo para grandes turbinas de vapor.
2. Prueba preparada para una turbina de vapor grande de una empresa anfitriona.
3. Monitorización del entorno para sucesos del sistema en una empresa anfitriona (en la misma unidad probada en la Actividad 2).
4. Comparación de los modelos desarrollados mediante ambos métodos.
5. Presentación en la Reunión de asesoramiento sobre generación.
6. Publicación del informe final.
7. Entrega del software prototipo al Equipo de ingeniería de software del EPRI.
8. Taller.
9. Publicación del software en 2009.

El informe estará disponible antes del 31 de diciembre de 2008.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Criterios de inspección para rotores de generador sometidos a corrientes de secuencia negativa anormales



El calentamiento del rotor a casusa de secuencias negativas se produce de tres maneras: operación asincrónica del rotor, como por ejemplo funcionamiento a motor; desequilibrio de fase en el bobinado del estator causado por cargas asimétricas o fallos; y corrientes armónicas introducidas en la red mediante, por ejemplo, convertidores de frecuencia estática.

El objetivo de este proyecto de varios años es definir el nivel de corriente de secuencia negativa necesario para la inspección del rotor para detectar daños en el forjado, los anillos de retención y las cuñas del rotor. El informe del EPRI *Negative Sequence Effects on Generator Rotors (Efectos de la secuencia negativa en rotores de generador)* (1014910), publicado en 2007, ofrece modelos sencillos de utilizar para calcular la temperatura de los engranajes y la cuña durante un fallo de secuencia negativa.

En 2008 se continuará trabajando en el cálculo del calentamiento de los engranajes, la superficie polar y el ajuste por contracción del anillo de retención, y en los efectos del calentamiento experimentado durante el funcionamiento a motor del rotor. Toshiba ha acordado validar este trabajo mediante una comparación del mismo con los resultados obtenidos en un análisis completo. También se desarrollarán las fórmulas y los diagramas de flujo necesarios para elaborar el software de criterios de inspección. En 2009 se desarrollará un software fácil de utilizar.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Nuevos proyectos de grupos turbo-generadores publicados en 2007

Guía de reparación del aislamiemto del bobinado del estator
Informe 1014909

En ocasiones el aislamiento del bobinado del estator se daña debido a impactos mecánicos durante su operación. Sin embargo, con mayor frecuencia los daños mecánicos se ocasionan durante el sustitución de la cuña o el rebobinado. En determinadas circunstancias, es posible reparar las barras y las bobinas del estator *in situ* sin necesidad de sustituir las bobinas. Este informe, en formato CD, ofrece directrices sobre las situaciones en las que dicho daño localizado puede repararse con fiabilidad e incluye un resumen sobre la metodología básica de reparación.

Guía de pruebas de sobretensión del bobinado del estator en máquinas rotatorias
Informe 1014908

Las pruebas de resistencia de sobretensión (HiPot), que indican si el aislamiento del bobinado del estator de un generador está listo para el servicio, son pruebas estándar de aceptación en fábrica para máquinas nuevas. Esta misma prueba puede realizarse en un generador existente para evaluar la condición de la máquina. El EPRI realizó una encuesta a todos los propietarios de instalaciones de generación acerca de las pruebas de sobretensión en máquinas existentes. Este informe da respuesta a las preguntas planteadas en la encuesta, incluidas el momento adecuado para realizar la prueba, el tipo de prueba que debe realizarse y la tensión de prueba apropiada.

Pruebas de control del generador para certificar la capacidad de potencia reactiva, las funciones del sistema de excitación, y la respuesta de frecuencia
Informe 1014911

La existencia de modelos de simulación precisos para equipos de sistemas de energía eléctrica beneficia a todos los usuarios de sistemas energéticos: dichos modelos maximizan la disponibilidad de los equipos, minimizan las pérdidas, evitan interrupciones y protegen los equipos. En este informe se resumen varios métodos para la obtención de los datos del modelo y se describen las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Efectos de la secuencia negativa en rotores de generadores
Informe 1014910

Consulte el artículo completo en la pág. 10.

Guía de análisis de causa raíz de fallos en los álabes de turbinas de vapor
Informe 1014137

Consulte el artículo completo en la pág. 23.

Manual del sistema de inspección Boresonic
Informe 1014140

La fiabilidad del rotor de la turbina y la predicción de su vida útil son temas de interés para las empresas eléctricas interesadas en ampliar la vida útil de los componentes y dilatar los intervalos de parada para inspección. El sistema de inspección Boresonic para el área altamente tensionada del diámetro interno del rotor proporciona datos de inspección no destructiva que se encuentran entre las aportaciones utilizadas para determinar la operabilidad del rotor y su vida útil restante. La determinación del funcionamiento del sistema Boresonic es esencial para establecer niveles de confianza para los datos arrojados por el mismo. El informe *Boresonic Inspection Primer (Manual del sistema de inspección Boresonic)* (1014140) del EPRI ofrece directrices para evaluar el funcionamiento de los sistemas de inspección Boresonic y orientación para valorar y seleccionar proveedores de sistemas de inspección Boresonic.

Inspección y evaluación de daños por agrietamiento en la carcasa de la turbina
Informe 1014138

Este informe ofrece directrices para determinar las opciones de funcionamiento, reparación y retirada del servicio de carcasas agrietadas. En él se abordan técnicas de evaluación no destructiva y metalúrgica para la valoración del agrietamiento. Asimismo, se describen consideraciones para decidir cuándo iniciar la reparación de una grieta (los métodos de reparación de grietas en la carcasa de la turbina incluyen métodos mecánicos y de soldadura) y condiciones que impiden la reparación. También se documentan experiencias de las empresas con los métodos de reparación.

Evaluación en línea de la condición de los álabes de turbinas de vapor
Informe 1014143

En este informe se examinan los recursos comerciales disponibles y las nuevas tecnologías para la evaluación en línea de la condición de los álabes de grandes turbinas de vapor prestando especial atención a aquellas tecnologías que pueden detectar cambios en las características vibratorias de los álabes, asociadas con la propagación de grietas. Para evaluar los efectos de la propagación de grietas en las características medibles de álabes L-0, se utilizó un modelo y análisis de elementos finitos en combinación con un análisis de fracturas. En el informe se ofrecen recomendaciones sobre tecnologías de control apropiadas que se basan en los análisis. Asimismo, se incluye la experiencia del sector con las tecnologías de control en línea disponibles en la actualidad.

Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor
Informe 1013341

Consulte el artículo completo en la pág. 16.

V Taller de transferencia de tecnología sobre grupos turbo-generadores del EPRI y Reunión de verano de 2008 del TGUG

El Programa de grupos turbo-generadores (TGs) del EPRI celebrará su V Taller de transferencia de tecnología y la Reunión de verano del Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores (TGUG) la semana del 11 de agosto de 2008, en Concord, Carolina del Norte (cerca de Charlotte, en el mismo estado), en el centro de convenciones del Hotel Embassy Suites.

El taller tendrá lugar entre el lunes y el martes, con tres series de talleres impartidas en paralelo. La serie 1 incluirá las presentaciones "Diseño de turbinas de vapor, 101", "Funcionamiento de turbinas de vapor, 101", "Química de turbinas de vapor,101", "Inducción de agua a turbinas, 101" y "Gestión/Vida restante del ciclo de vida útil de turbinas, 101". La serie 2 es el Congreso sobre mantenimiento predictivo del generador, pruebas de sobretensión del bobinado del estator del generador, y pruebas lineales de sobretensión del generador de CC. La serie 3 incluirá presentaciones sobre las publicaciones recientes *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor)* (1013341), *Shutdown Protection of Steam Turbines Using Dehumidified Air (Protección de turbinas de vapor durante la parada mediante aire deshumidificado)* (1014195), *Steam Turbine Blade Failure Root Cause Analysis Guide (Guía de análisis de causa raíz de fallos en los álabes de turbinas de vapor)* (1014137), *Inspection and Damage Assessment of Turbine Casing Cracks (Inspección y evaluación de daños por agrietamiento en la carcasa de la turbina)*(1014138), y *PM Basis Overview and Improved Steam Path Design Primer Guide (Guía manual de diseño mejorado de la vía de vapor y descripción general de la base de mantenimiento preventivo)* (1014141).

La reunión del TGUG incluirá presentaciones de General Electric, Siemens, Toshiba, Hitachi, Mitsubishi y Alstom, y otras presentaciones sobre temas como la retroadaptación de controles electrohidráulicos, el programa de monitorización en línea de Detroit Edison, y una descripción general del programa de TGs de Electrobrás Termonuclear. En la tarde del jueves, el grupo realizará una visita a las instalaciones de Pioneer Bearing Motor Company y asistirá a una cena organizada por dicha empresa en el circuito de carreras Lowe's Motor Speedway.

Todos los detalles particulares de la reunión pueden encontrarse en la página web del EPRI, en la siguiente dirección: http://guest.cvent.com/EVENTS/info/summary.aspx?e=9fe89618-724b-4828-8cb5-d28d0bffaaac.

Para obtener más información acerca de este próximo taller o de la reunión del TGUG, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, 704.595.2056, agrunsky@epri.com.

Revisiones a cargo de expertos para la mejora de la productividad en 2008

El acceso a la página web de las Revisiones a cargo de expertos para la mejora de la productividad (PIER, por sus siglas en inglés) para el 2008 está limitado a aquellas empresas que participan en este proyecto. El EPRI, su plantilla técnica y sus asesores expertos han desarrollado esta página web para proporcionar información evaluada desde un punto de vista crítico y de gran valor para mejorar la disponibilidad, la eficacia y la rentabilidad de las centrales eléctricas de vapor de combustible fósil.

En los últimos 10 años, esta web se ha convertido en un valioso recurso para las empresas de generación eléctrica al resumir aplicaciones eficaces que han demostrado una utilidad considerable para otras unidades operativas. En las páginas de esta web se documentan cientos de estudios de caso evaluados desde un punto de vista crítico, que han permitido a otras instalaciones repertir estos éxitos. Además, la web realiza un seguimiento de las nuevas ideas creativas encaminadas a generalizar la utilización de centrales eléctricas. Estos temas de interés de máxima actualidad informan a los lectores sobre aquellas tecnologías próximas a materializarse en aplicaciones comerciales.

Durante la evaluación y el debate críticos sobre estos nuevos avances, nos centramos principalmente en la experiencia por encima del futuro. Este enfoque fue la base de lo que más tarde se convertiría en el *Productivity Improvement Handbook (Manual de mejora de la Productividad)* del EPRI. Todas las copias impresas de las tres primeras ediciones del *Productivity Improvement Handbook for Fossil Steam Power Plants (Manual de mejora de la productividad para centrales eléctricas de vapor de combustible fósil)* (TR-11217, TR-114910 y 1006315) del EPRI, se agotaron rápidamente. Puede accederse fácilmente al contenido de la tercera edición a través de la página web.

Además de la página web, existen versiones en papel de los informes anuales resumidos de *Productivity Improvement Case Studies (Estudios de caso sobre la mejora de la productividad)* que ya se utilizan en centrales eléctricas operativas para consultas por parte del personal. Cada año, los miembros del grupo PIER pueden solicitar copias de estos resúmenes anuales para todas sus centrales eléctricas operativas. Además, los miembros han manifestado que las copias en papel suponen un complemento muy útil a las versiones web.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Tony Armor, EPRI Palo Alto, 650.855.2961.

Mejora del riesgo económico planteado por una flota de grupos turbo-generadores envejecidos

Con frecuencia, los problemas económicos hacen que los directivos de centrales eléctricas no presten la atención suficiente a aspectos técnicos críticos debido al hecho de que simplemente no los comprenden o no se ha realizado un planteamiento empresarial adecuado. El objetivo de este proyecto es recopilar material gráfico y escrito para una presentación de diapositivas para directivos (tales como el director de una central nuclear o de combustible fósil, o vicepresidente de generación). El material, que estará disponible antes del 31 de diciembre de 2008, ayudará a formar a los directivos de las empresas eléctricas en los riesgos y las consecuencias económicas o financieras de las decisiones relativas a la operación y el mantenimiento de sus turbinas y generadores. El efecto esperado es que los directivos tomen en cuenta los aspectos técnicos de las turbinas y generadores al tomar decisiones económicas.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Jan Stein, 650.855.2390, jstein@epri.com.

Guía de evaluación de la condición de los actuadores de válvulas en turbinas de vapor

A principios de 2008, se comenzó a trabajar en la elaboración de una guía sobre actuadores de válvulas para complementar el informe del EPRI *Guidelines and Procedures for Turbine Valve Condition Assessments (Directrices y procedimientos para evaluaciones de la condición de válvulas de turbinas)* (1010211) publicado en el 2005. El nuevo informe ofrecerá instrucciones detalladas para la inspección de componentes de válvulas, criterios de evaluación para el desmontaje y especificaciones para descargos adecuados en el remontaje de válvulas. En el informe *Turbine Valve Actuator Condition Assessment (Evaluación de la condición de los actuadores de válvulas en turbinas)* se abordarán aspectos relacionados con los actuadores de válvulas hidráulicas para las válvulas de turbinas tratadas en las *Directrices y procedimientos para evaluaciones de la condición de válvulas de turbinas*.

El informe abordará las siguientes aplicaciones de válvulas de turbinas de vapor:

- Válvulas de instalaciones de combustible fósil General Electric (GE): válvulas de control, cierre principal, cierre del recalentador y aislamiento.
- Válvulas de instalaciones de combustible nuclear GE: válvulas de control, cierre, cierre del recalentador y aislamiento.
- Válvulas de instalaciones de combustible fósil Siemens Westinghouse: válvulas de admisión, reguladoras, de aislamiento y cierre del recalentador.
- Válvulas de instalaciones de combustible nuclear Siemens Westinghouse: válvulas reguladoras y de admisión.

Se formó un Grupo de asesoramiento técnico (GAT) integrado por representantes de centrales de combustibles fósiles y nucleares. Los integrantes del GAT son los siguientes:

- Bob Bjune, South Texas Project
- Tony Khalid, Exelon/Corporate
- Tom Kordick, Ameren/Corporate
- Mark Miller, Duke Energy/Catawba
- Jim Olson, Tennessee Valley Authority, Corporate
- Charlie Seitz, Exelon/Three Mile Island

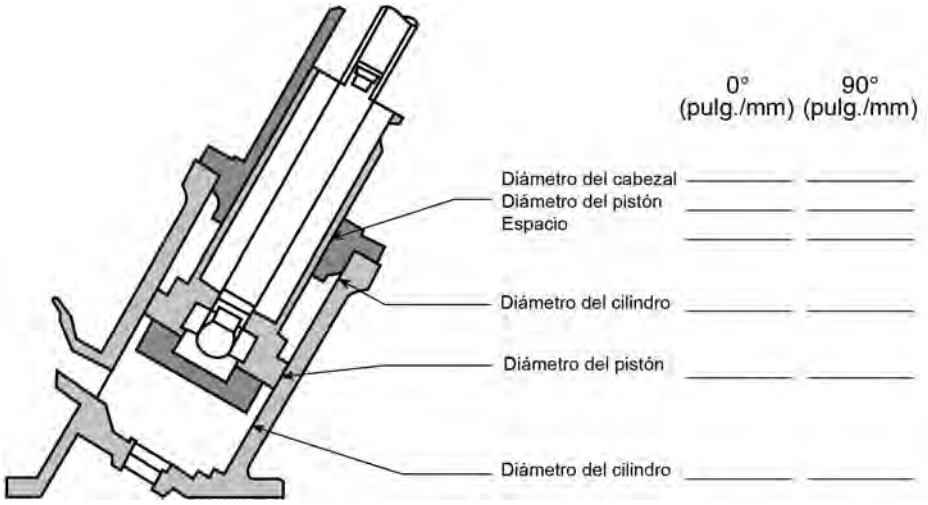
Es posible que se añadan proveedores y fabricantes al grupo. El GAT ofrecerá sus aportaciones y una revisión del informe.

Está previsto que se incluyan las siguientes secciones en el informe técnico:

1. **Introducción.** La introducción incluirá los antecedentes, el método y una explicación de la organización del informe.
2. **Glosario.** El glosario incluirá una lista de la nomenclatura, las siglas y las definiciones utilizadas en el informe.
3. **Descripción técnica.** Está previsto que esta sección incuya una descripción general de los sistemas de control mecánico/hidráulico y electrohidráulico de turbinas con especial atención a la función del accionador hidráulico para válvulas de turbinas de vapor. Se describirán los componentes del cilindro hidráulico y el conjunto del accionador para válvulas de turbinas.
4. **Inspección.** Está previsto que esta sección incluya criterios de inspección para actuadores de válvulas de turbinas GE y Siemens Westinghouse. Se incluirán copias de las fichas técnicas para registrar las mediciones y la condición y se proporcionarán criterios para inspeccionar los actuadores.
5. **Mantenimiento.** La sección de mantenimiento incluirá tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para actuadores de válvulas de turbinas GE y Westinghouse. Se incluirán procedimientos aplicables para el desmontaje, reparación y remontaje de los actuadores. Asimismo, está previsto que la sección incluya una lista de las herramientas especiales y consideraciones de seguridad para trabajar con actuadores de válvulas.

La elaboración del informe comenzó en abril de 2008 y los miembros del GAT mantuvieron una conferencia telefónica el 15 de mayo de 2008. Se envió una encuesta en junio de 2008. La revisión del primer borrador se planeó para julio de 2008, y se espera completar el proyecto a finales de este año.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Sharon Parker, 704.595.2164, sparker@epri.com.



Ejemplo de un cuadro de dimensiones del cilindro hidráulico de una válvula de una turbina

Guías de metalurgia de válvulas para unidades de turbina estadounidenses e internacionales

El informe del EPRI *Guidelines and Procedures for Turbine Valve Condition Assessments (Directrices y procedimientos para evaluaciones de la condición de válvulas de turbinas)* (1010211) se publicó en 2005. Las guías de metalurgia de válvulas estadounidenses e internacionales (en desarrollo) complementarán el informe 1010211 e incluirán materiales alternativos utilizados en válvulas de turbinas de vapor. Las centrales de combustible fósil de la Tennessee Valley Authority (TVA) han obtenido buenos resultados con diferentes materiales para sus componentes de válvulas y es posible que esta información se incluya en el informe.

Otro proyecto de válvulas de turbinas de vapor que el EPRI está planeando dentro de su Programa de reparación y materiales fósiles (P87) aborda el aspecto metalúrgico de los materiales de las válvulas de turbinas. Este proyecto forma parte de una iniciativa mayor para recopilar información metalúrgica para válvulas, carcasas, álabes y componentes estáticos de turbinas de vapor para miembros estadounidenses e internacionales.

Se acordó elaborar un informe completo que abordara los aspectos metalúrgicos de los componentes de las válvulas de turbinas de vapor, incluida la utilización de materiales alternativos, de los miembros estadounidenses, y otro informe que tratase los asuntos de los miembros internacionales. Dichos informes serán financiados por los miembros de los programas del EPRI 65/NSTI y 87.

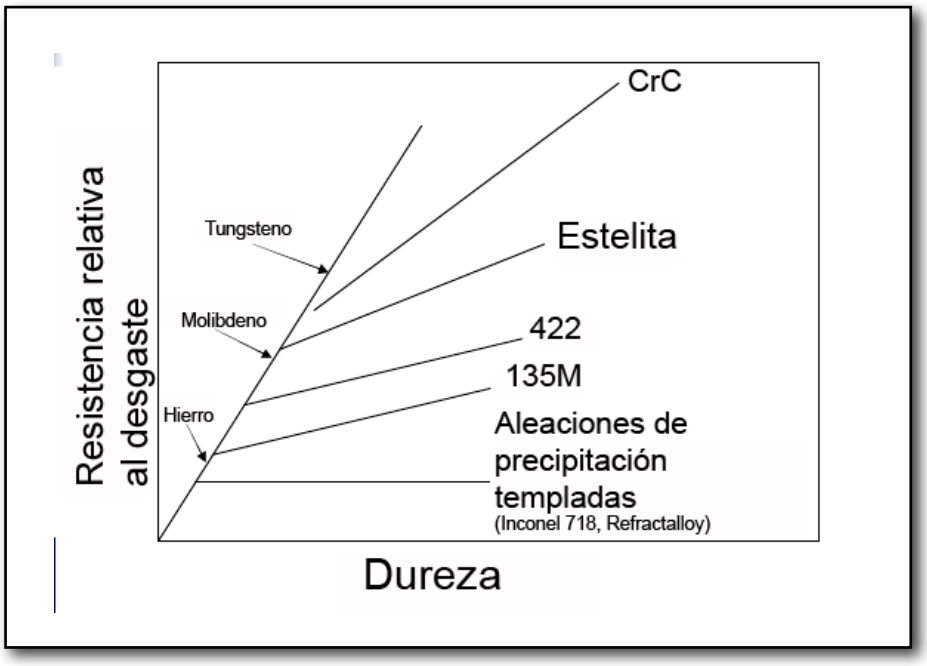
Las válvulas de turbinas de vapor utilizadas en los Estados Unidos se instalan en centrales de combustible fósil y nuclear y son fabricadas por General Electric y Siemens Westinghouse. Entre los fabricantes internacionales de turbinas destacan Alstom, Hitachi, Mitsubishi, Toshiba, Siemens y Allis Chalmers.

Las válvulas de turbinas que se incluirán en los informes son las siguientes:

- Válvulas reguladoras y de cierre principal
- Válvulas de control y admisión
- Válvulas de cierre del recalentador
- Válvulas de aislamiento y combinadas de cierre del recalentador y aislamiento

Entre los componentes de las válvulas de vapor que se incluirán en los informes pueden encontrarse:

- Bornas
- Discos de la válvula principal y de baipás



Resistencia al desgaste frente a dureza de los materiales de las válvulas de turbinas (cortesía de TVA)

- Columnas de sellos de presión
- Asientos
- Vástagos

Los temas metalúrgicos que se abordarán para cada uno de los componentes son los siguientes:

- Estándares/materiales de las aleaciones utilizadas por los diferentes fabricantes, a fin de incluir materiales alternativos
- Composición química
- Propiedades físicas
- Propiedades mecánicas: límite de elasticidad, resistencia a la tracción, dureza, temperatura de transición de aparición de fractura y rotura por fluencia
- Metalurgia: microestructura, tratamiento térmico y revestimientos
- Mecanismos de daños
- Evaluación de la vida útil
- Reparaciones: soldadura, revestimientos y tratamiento térmico

Será necesario realizar una amplia investigación sobre los materiales de válvulas utilizados en los componentes de válvulas de turbinas de vapor de los EE.UU. y el resto del mundo. Se enviará una encuesta sobre materiales de válvulas a centrales de combustible fósil y nuclear, fabricantes y otros proveedores de repuestos para válvulas.

Está previsto incluir las siguientes secciones y el siguiente contenido en el informe:

1. **Introducción:** antecedentes, descripción general del contenido del informe, glosario, estándares metalúrgicos, diagramas genéricos de válvulas.
2. **Materiales de las bornas de las válvulas:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
3. **Materiales del disco de la válvula principal y la válvula de baipás:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición

continúa en la página 20

Adiciones a la base de datos de mantenimiento preventivo de grupos turbo-generadores

La base de datos de mantenimiento preventivo (PMBD, por sus siglas en inglés) actúa como referencia esencial para la comunidad de mantenimiento de las empresas eléctricas en la selección de estrategias de mantenimiento de los componentes principales más comunes. El software PMBD versión 2.0, (1014971) es la iniciativa más ambiciosa emprendida hasta la fecha para establecer recomendaciones realistas sobre el mantenimiento preventivo (PM, por sus siglas en inglés) y sus bases. Las funciones integradas en el software permiten realizar un análisis en profundidad en muchas áreas relacionadas con equipos y en la gestión de tareas de PM.

Se han añadido los siguientes componentes nuevos de grupos turbo-generadores al PMBD:

Nombre del componente	**Fecha de adición**	**No. de Revisión**
Sistema de vapor de cierres con atemperador de la turbina principal	7/1/2008	0
Sistema de vapor de cierres sin atemperador de la turbina principal	7/1/2008	0
Motor y bomba de aceite del arranque auxiliar de CA del aceite de lubricación de la turbina principal	7/1/2008	0
Bomba y motor de elevación del cojinete del aceite de lubricación de la turbina principal	7/1/2008	0
Bomba de refuerzo (booster) del depósito de aceite de lubricación de la turbina principal	7/1/2008	0
Depósito de aceite de lubricación con eyectores de la turbina principal	7/1/2008	0

Ya puede solicitar el software PMBD versión 2.0 llamando al Centro de Atención al Cliente del EPRI en el 1.800.313.3774 o el 650.855.2121, o dirigiéndose a askepri@epri.com.

Para más información, puede ponerse en contacto con Tiffani Teachey, 704.595.2247, .

Evaluación del fluido del control electrohidráulico

Se ha propuesto la utilización de fluidos hidráulicos alternativos resistentes al fuego para su utilización en sistemas de control electrohidráulico (EHC) de turbinas de centrales eléctricas. Asimismo, se ha fomentado la utilización de productos basados en poliolester (POEs, por sus siglas en inglés) (líquidos Quintolubric®) y glicoles polialquilenos (EcoSafe®) como alternativas. Sin embargo, la utilización o posible utilización de estos fluidos alternativos ha originado ciertos problemas de carácter técnico. Según algunos fabricantes, entre las ventajas de estos fluidos alternativos pueden señalarse un coste menor del fluido y su eliminación, un mejor funcionamiento del sistema y menos problemas de salud, seguridad y medio ambiente. Para poder tomar decisiones objetivas y fundamentadas, el personal de las empresas eléctricas está trabajando junto con el EPRI para realizar una evaluación comparativa de estos productos alternativos y los fluidos más utilizados, los fosfato ésteres.

Los fluidos propuestos para la evaluación incluyen: EcoSafe EHC (glicol polialquileno), Quintolubric (POEs), Griflube Biosyn® (un éster vegetal), Fyrquel® EHC (un fosfato éster) y Reolube® Turbofluid 46XC (un fosfato éster).

Los participantes de las empresas del grupo de asesoramiento técnico han dado su permiso al EPRI para iniciar las pruebas lo antes posible. El laboratorio escogido para dichas pruebas es el Britain's Health and Safety Laboratory. Van a coordinarse las siguientes pruebas con el laboratorio, las cuales tendrán lugar entre los meses de julio y agosto de 2008:

– Ignición por atomización (Borrador de Estándar Internacional [DIS, por sus siglas en inglés] 15029-2 de la Organización Internacional para la Estandarización [ISO, por sus siglas en inglés])

– Prueba de ignición múltiple (ISO 20823)

– Prueba de inmersión en cubo

– Resistencia de la mecha a la llama (ISO 14935)

Para obtener información adicional sobre esta actividad, puede ponerse en contacto con Jim Sharkey, 704.595.2057, jsharkey@epri.com.

Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor

En 2006 se inició la elaboración de una guía de mantenimiento y metalurgia para el empernado de turbinas de vapor.

Los miembros del Programa de grupos turbo-generadores han experimentado un aumento de los problemas en la utilización de empernados para altas temperaturas dentro del sector. El envejecimiento de las turbinas de vapor ha impuesto la necesidad de sustitución del empernado en aplicaciones a altas temperaturas, una actividad que continuará siendo necesaria a medida que aumente el número de ciclos térmicos sobre los empernados. Es importante conocer la condición de los empernados existentes y anticipar la sustitución de aquellos que no cumplan los criterios para continuar en servicio.

Las juntas de las turbinas normalmente están diseñadas para desmontarse durante revisiones tras 30.000 horas de operación, es decir tras intervalos fijos que no implican la necesidad de reaprietes entre una revisión y otra. Por tanto, se presupone que las juntas se vuelven a montar utilizando los mismos pernos y que son necesarios hasta seis reaprietes en el transcurso de la vida útil de la turbina. La relajación de fluencia de un perno que ha sido reutilizado de esta manera debe seguir cumpliendo los requisitos de diseño de manera que la tensión residual del perno no provoque que la carga aplicada a la brida se encuentre por debajo de la carga de vapor.

Posiblemente, la propiedad material más importante de los pernos a altas temperaturas sea la fuerza de relajación de tensión del material del perno. La fuerza de relajación suele entenderse como la tensión relajada tras un período fijo nominal de entre 10.000 y 30.000 horas, como una función con un nivel de tensión inicial de 0,2%. Este fenómeno se ilustra en la Figura 1.

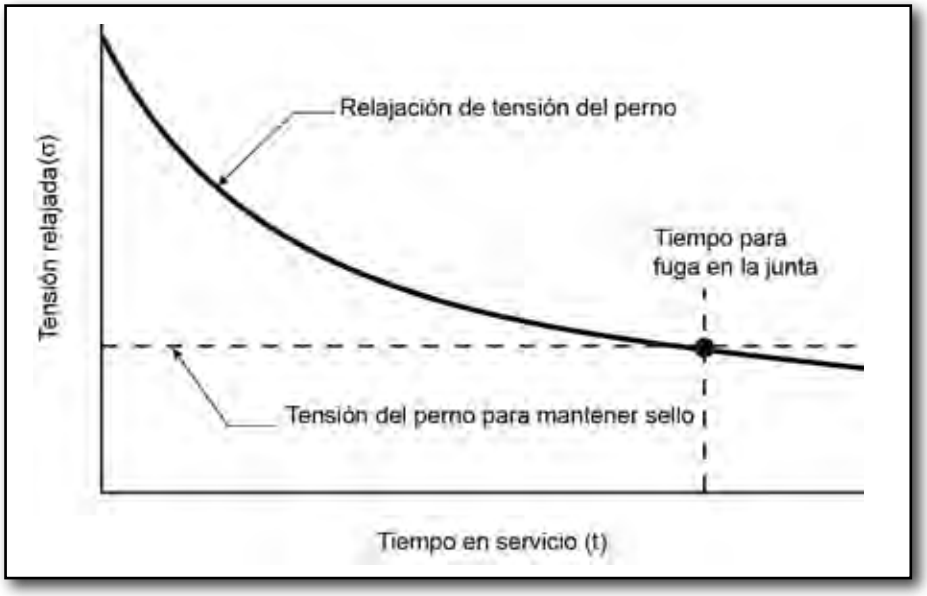


Figura 1. Relajación de tensión

En la práctica, es posible que una junta necesite reapretarse más de seis veces si la fuente de los períodos operativos es considerablemente inferior a 30.000 horas.

En un intento de abordar este fenómeno y muchos otros aspectos relacionados con el empernado de grupos turbo-generadores, la nueva *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor)* (1016958) contiene la siguiente información:

1. **Introducción.** En esta sección se abordan los antecedentes y la estructura del informe, y se incluyen algunos comentarios de resumen.
2. **Glosario.** La guía contiene 38 páginas de términos y definiciones.
3. **Descripción técnica.** Esta sección incluye información general sobre diseño, tipos de rosca, métodos de apriete de pernos y aspectos de seguridad.
4. **Herramientas y procedimientos.** En esta sección se describen las herramientas y los procedimientos de desmontaje, inspección, montaje y montaje por par.
5. **Modos de fallo.** En esta sección se abordan fallos de roscas macho, el deslaminado de roscas y otros factores, mecanismos de daño, y 12 ejemplos de estudios de caso de fallos.
6. **Selección de materiales.** En esta sección se incluye información sobre la metalurgia de aceros ferríticos al cromo molibdeno, aceros martensíticos al 12% de cromo, aceros endurecidos por reposo, aleación A286 ASTM Internacional, aleaciones de base de níquel y materiales Refractalloy 26.
7. **Inspección, evaluación y planificación del mantenimiento.** En esta sección se abordan recomendaciones de los fabricantes, un enfoque de evaluación del cilco de vida, enfoques para ayudar a seleccionar cierres para exámenes e inspecciones destructivas y las acciones que deben adoptarse cuando se encuentra un cierre agrietado.
8. **Anexos.** Los anexos incluyen información sobre pernos de acoplamiento del eje, un procedimiento de mantenimiento para aprietes, un procedimiento de mantenimiento para la extracción de pernos o espárragos rotos o atascados, resúmenes metalúrgicos, un resumen de boletines informativos sobre empernados, procedimientos para el seguimiento de las horas de operación y el historial de los pernos, un examen ultrasónico de pernos y espárragos desde la superficie del diámetro interno, un examen ultrasónico de pernos y espárragos desde la superficie exterior, recursos, un cuestionario para las empresas eléctricas, información sobre empernados de válvulas de turbina y directrices para la adquisición de pernos.

El informe está disponible en la página web del EPRI desde el 31 de diciembre de 2007, y se enviaron copias en papel de los mismos a los miembros en marzo de 2008. Tras la publicación del informe, se desarrolló una especificación de licitación para la adquisición de empernados y se añadió al informe del EPRI: Directrices para reducir la duración y el coste de las revisiones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores, Volumen 4: Especificaciones para la adquisición

continúa en la página 20

Perspectivas de futuro: Programa 65 y NSTI

Los proyectos emprendidos en el marco el Programa 65 (grupos turbo-generadores de vapor y sistemas del secundario) y la Iniciativa de turbinas de vapor nucleares (NSTI, por sus siglas en inglés) son el resultado de las aportaciones de los respectivos comités de asesoramiento. Además de planificar el futuro inmediato, los comités de asesoramiento dirigen el desarrollo del programa en los años inactivos. A continuación se muestra una lista de los proyectos propuestos programados provisionalmente para su lanzamiento entre 2009 y 2010 dentro del Programa 65 y la NSTI.

Proyectos planificados para 2009-2010 por el Programa 65 y la NTSI

Título del informe o la actividad	Año de lanzamiento	Gestor del proyecto
XI Taller de grupos turbo-generadores de vapor y Exposición de proveedores	2009	Paul Zayicek
Demostración de limpieza por láser de los componentes de la vía de vapor	2009	Sharon Parker
Preparación del código integrado de predicción durante el ciclo de vida de daños de corrosión por fatiga y agrietamiento por corrosión bajo tensión del EPRI	2009	
Demostración del estudio del monitor FC3 del fluido del EHC	2009	Jim Sharkey
Muestras de referencia para sensor de fatiga	2009	Paul Zayicek
Análisis de la vía de cuadal para el módulo CBT de turbinas de vapor	2009	Gary Golden
Limpieza con espuma de las piezas interiores de la válvula para eliminar la acumulación de óxido	2009	Sharon Parker
Implantes de grietas en maquetas de acoplamiento del álabe	2009	Paul Zayicek
Software sobre criterios de inspección para rotores de generador sometidos a corrientes de secuencia negativa anormales	2009	Jan Stein
Actualización internacional de la Guía metalúrgica de discos y rotores de turbina	2009	John Shingledecker
Guía internacional de metalurgia de válvulas	2009	Sharon Parker
Acciones mitigadoras durante sucesos significativos de grupos turbo-generadores	2009	Gary Golden
Métodos no invasivos para verificar estándares del NERC	2009	Jan Stein
Efecto de los depósitos de vapor sobre el rendimiento térmico	2009	Gary Golden
Guías de mantenimiento del sistema auxiliar del grupo turbo-generador, Volumen 5	2009	Alan Grunsky
Monitorización de la vibración de los álabes	2009–2010	Paul Zayicek
Directrices para reducir la duración y el coste de las revisiones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores	2009–2010	Alan Grunsky
Evaluación internacional de la condición de válvulas de turbinas	2009–2010	Sharon Parker
Módulo CBT de la vida útil del anillo de baja presión	2009–2010	
Software de la vida útil del anillo de baja presión	2009–2010	Paul Zayicek
Gestión del mantenimiento de componentes electrónicos	2009–2010	Sharon Parker
SAFER-PC	2009–2010	Paul Zayicek
Módulo CBT SAFER-PC	2009–2010	Paul Zayicek
Adiciones al módulo de la base de datos de mantenimiento preventivo de grupos turbo-generadores	2009–2010	Tiffani Teachey
Evaluación de la condición de los actuadores de válvulas en turbinas de vapor para válvulas de vapor internacionales	2009–2010	Sharon Parker
Integración de monitores en línea del generador	2010	Jan Stein
VITaller de transferencia de tecnología	2010	Paul Zayicek

Próximo taller sobre agrietamiento por corrosión bajo tensión y fatiga por corrosión

El EPRI organizará un taller sobre agrietamiento por corrosión bajo tensión (SCC, por sus siglas en inglés) y fatiga por corrosión (CF, por sus siglas en inglés) del 1 al 3 de octubre de 2008 en el Hotel Gaylord Opryland en Nashville, Tennessee. Este taller, que se centrará en las estrategias de mitigación, abordará tanto experiencias pasadas como los SCCs/CFs que las centrales están experimentando en la actualidad. También se debatirán asuntos sobre la vida útil del anillo del disco de la turbina de baja presión y el programa informático asociado del EPRI. Se celebrará una mesa redonda para debatir sobre temas propuestos por los asistentes, a quienes se solicita que envíen por correo electrónico los asuntos que desean tratar a fin de agilizar el proceso de preparación del programa y poder dedicar más tiempo al debate. Se añadirán temas adicionales al programa a medida que se reciban más sinopsis.

Toda correspondencia técnica en relación a este taller debe enviarse a Gary Golden, ggolden@epri.com.

Taller y Reunión del TGUG europeo en 2009

El Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores del EPRI (TGUG) planifica en la actualidad un taller y una exposición de proveedores para empresas europeas en Madrid, España, del 8 al 12 de junio de 2009. El hotel escogido está aún por determinar. Se anima a asistir a los miembros del EPRI, a otros representantes de empresas eléctricas europeas con instalaciones de combustible nuclear y fósil y a los miembros estadounidenses/norteamericanos del TGUG. Se proporcionará información actualizada tan pronto como se concreten más detalles.

Para obtener información adicional, puede ponerse en contacto con Alan Grunsky, agrunsky@epri.com.

Taller sobre turbinas de bombas de alimentación de calderas y reactores (B/RFPT) de 2008

El Programa 65 y la NSTI realizarán un Taller sobre B/RFPT los días 18, 19 y la mitad del 20 de noviembre en el Hotel Nashville Marriot de la Universidad Vanderbilt.

Se espera la asistencia de ingenieros de turbinas, ingenieros de sistemas, personal de planificación de mantenimiento y adquisiciones y de todos aquellos cuyos trabajos estén relacionados con turbinas de bombas de alimentación de calderas y reactores.

El taller está destinado a los sectores energéticos de combustible fósil y nuclear y abordará los numerosos asuntos sobre B/RFPTs. Algunos de los temas incluidos son: Válvulas y controles, Actualizaciones de controles, Final de la vida útil de rotores y cilindros, Adquisición y sustitución, Operación y almacenamiento, impacto de las actualizaciones de la vía de vapor, Acoplamientos (distintos diseños, capacidades y procesos de alineación), Sistemas auxiliares (aceite de lubricación, sellos de vapor, etc.), TSI, Equilibrado, Revestimientos y en último lugar un debate sobre las lecciones aprendidas en materia de generadores y mantenimiento.

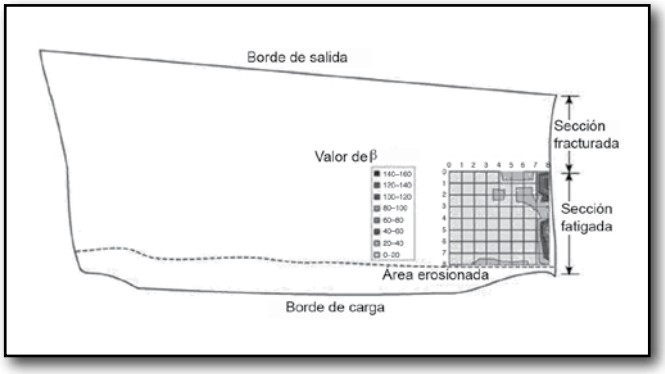
Le rogamos prepare su argumentación para debatir con los demás asistentes sobre experiencias específicas en relación a los temas mencionados anteriormente. Esta actividad se llevará a cabo durante la mesa redonda del taller.

Para participar como ponente, puede ponerse en contacto con Gary Golden, 865.218.8111, ggolden@epri.com.

Proyectos complementarios de grupos turbo-generadores

Demostración de la tecnología de sensores de fatiga para álabes de turbinas de vapor

Los fallos en los álabes son una de las razones más comunes de las paradas no planificadas relacionados con turbinas de vapor. El daño asociado al fallo de grandes álabes de baja presión puede prolongarse en el tiempo y ser costoso. Existen multitud de métodos y tecnologías de inspección no destructiva para la detección de agrietamientos.



Medición experimental de una sección fatigada de un álabe de turbina

Sin embargo, las tecnologías de inspección no destructiva estándar no predicen el agrietamiento antes de que tenga lugar. La tecnología de sensores de fatiga ha sido comprobada de forma cualitativa como tecnología para la identificación de acumulación de daños por fatiga y consumo de vida útil. Este proyecto complementario del EPRI proporciona referencias cuantitativas para esta tecnología que emplea muestras de pruebas de fatiga de material Jethete para proporcionar una cuantificación detallada de las mediciones del daño por fatiga y su incertidumbre utilizando tecnología existente. Dicha base cuantitativa proporcionará una importante base para la interpretación de los resultados de las pruebas de campo sobre álabes de turbina. Las muestras de fatiga uniaxial y por flexión se someten a pruebas interrumpidas y de medición periódica utilizando tecnología de sensores de fatiga para desarrollar parámetros que permitan determinar los daños por fatiga acumulada.

Para obtener más información acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.

Detección de agrietamientos en la ranura de chaveta del eje bajo el acoplamiento en rotores de generador de General Electric Co.

Se han producido agrietamientos en la ranura de chaveta del eje del generador en dos generadores de cuatro polos de instalaciones nucleares. Los agrietamientos se iniciaron en el lado interno de la ranura de chaveta del eje como resultado de la fatiga por arrastre de metal. La grieta resultante se propagó hacia la zona del cuello, al parecer a causa de fuerzas de torsión basadas en la orientación de la grieta. En un principio, los fabricantes de equipos originales (OEM, por sus siglas en inglés) no contaban con una técnica de inspección no destructiva para la detección de agritamientos de la ranura de chaveta de eje bajo el acoplamiento. Dichos fabricantes propusieron proceder introduciento un líquido penetrante y realizando una inspección visual del área del eje adyacente a la ranura de chaveta para detectar las grietas una vez se hubieran propagado desde la parte inferior del acoplamiento. El punto débil de este método es que identifica el agrietamiento en una fase avanzada del proceso de deterioro, dejando a la empresa en la tesitura de realizar una

Agrietamiento por torsión de la ranura de chaveta del eje de un rotor de un generador de cuatro polos de una instalación nuclear

reparación de emergencia. La detección de agrietamientos en las etapas tempranas de propagación brindaría a las empresas la oportunidad de reestablecer el servicio, monitorizar el crecimiento y planificar y preparar eficazmente las paradas por reparación posteriores.

El proyecto complementario del EPRI "Detección de agrietamientos en la ranura de chaveta del eje bajo el acoplamiento en rotores de

continúa en la página 20

Proyectos complementarios de grupos turbo-generadores

continúa desde la página 19

generador de General Electric Co." incluye el desarrollo de una técnica de inspección ultrasónica en secuencia de fase lineal para la detección de agrietamientos en la zona de la ranura de chaveta del eje del rotor del generador bajo el acoplamiento en caliente. Dicha técnica puede utilizarse sin desmontar el acoplamiento, lo que permite realizar una inspección oportuna con un impacto mínimo sobre la disponibilidad de la unidad. La tecnología ultrasónica en secuencia de fase lineal permite dirigir energía ultrasónica al secuenciar en fases los elementos de sonda individuales. Gracias a esta característica, es posible inspeccionar la sección interna de la ranura de chaveta del eje realizando la inspección desde la superficie accesible del eje adyacente a la parte interna de la ranura de chaveta del eje. Las actividades de modelación matemática de esta aplicación de inspección realizadas utilizando tecnología del EPRI demuestran la viabilidad del método. La verificación del trabajo de modelación se llevará a cabo en una maqueta a escala real que utilizará diversos parámetros preestablecidos. Las capacidades de detección de fallos y dimensionamiento de la técnica desarrollada también se evaluarán en la maqueta. Van a utilizarse segmentos de rotor de generadores retirados para la maqueta a escala real.

Para obtener información adicional acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.

Guías de metalurgia de válvulas para unidades de turbina estadounidenses e internacionales

continúa desde la página 14

2. **Materiales de las bornas de las válvulas:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
3. **Materiales del disco de la válvula principal y la válvula de baipás:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
4. **Materiales de los asientos de las válvulas:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
5. **Materiales de los vástagos de las válvulas:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
6. **Materiales de las columnas de los sellos de presión:** estándares de aleaciones (incluidos materiales alternativos), composición química, propiedades físicas, propiedades mecánicas, metalurgia, mecanismos de daños, evaluación de la vida útil, reparaciones.
7. **Referencias**
8. **Anexos**

El trabajo comenzó con el informe estadounidense de abril de 2008, cuyo primer borrador está previsto para octubre de 2008. El informe final sobre válvulas estadounidenses deberá estar terminado para el primer trimestre de 2009.

En cuanto al informe internacional, se ha solicitado su elaboración a los proveedores. Está previsto que el informe internacional se termine a finales de 2009.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Sharon Parker, 704.595.2164, sparker@epri.com.

Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor

continúa desde la página 16

y pernos de la superficie del diámetro interno, examen ultrasónico de pernos y espárragos de la superficie exterior, recursos, un cuestionario para empresas, información sobre empernados de válvulas de turbinas y directrices para la adquisición de pernos.

El informe está disponible en la página web del EPRI desde el 31 de diciembre de 2007, y se enviaron copias en papel de los mismos a los miembros en marzo de 2008. Tras la publicación del informe, se desarrolló una especificación de licitación para la adquisición de empernados y se añadió al informe del EPRI de las revisiones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores *Directrices para reducir la duración y el coste de las revisiones e inspecciones de mantenimiento de grupos turbo-generadores, Volumen 4: Turbine-Generator Component Procurement Specifications (Especificaciones para la adquisición de componentes de grupos turbo-generadores)* (1016346), publicadas en marzo de 2008. Esta especificación de licitación también se añadió como Anexo L a la *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide (Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor)* (1013341) que conforma la *Steam Turbine Bolting Maintenance Guide Revision 1 (Revisión 1 de la Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor)* (1016958).

Si tiene alguna duda acerca de la Revisión 1 de la Guía de mantenimiento del empernado de turbinas de vapor, *puede ponerse en contacto con Tom Alley, 704.595.2066, calley@epri.com.*

Demostración del funcionamiento del NDE del acoplamiento del álabe al disco de entrada axial

El cálculo de la vida útil restante del rotor y las estrategias de reparación o sustitución del mismo asociadas con el agrietamiento del acoplamiento del álabe al disco en rotores de turbinas de vapor a baja presión (LP) consumen bastantes recursos. Es vital contar con métodos fiables de inspección ultrasónica para detectar agrietamientos por corrosión bajo tensión en la zona de acoplamiento de los álabes al disco de turbinas de vapor durante el proceso de toma de decisiones sobre el funcionamiento, la reparación o la sustitución del rotor. El EPRI realizará un examen no destructivo (NDE, por sus siglas en inglés) del funcionamiento del acoplamiento de un álabe de entrada axial para los proveedores comerciales que ofrezcan este servicio de inspección. La demostración de funcionamiento estará basada en la detección de los objetivos preestablecidos en dos discos de rotores de LP con geometría de acoplamiento de álabes al disco de entrada axial Westinghouse retirados del servicio. El EPRI realizó anteriormente una actividad de demostración de funcionamiento para la detección y el dimensionamiento de fallos de objetivos en geometrías de acoplamiento de álabes al disco de entrada tangencial. Los resultados se publicaron en el informe *Phased Array Performance Demonstration for Blade Attachment Inspection (Demostración de funcionamiento en secuencia de fase para inspecciones del acoplamiento de álabes)* (1011677).

Acoplamiento del álabe al disco de entrada axial agrietado

La demostración de funcionamiento del NDE del acoplamiento del álabe al disco de entrada axial es una ampliación natural de la actividad de demostración anterior. El proyecto se divide en dos fases. En el primer año, desarrollaremos las maquetas y el protocolo de demostración, solicitaremos la participación de proveedores de inspecciones comerciales y facilitaremos la adquisición de datos de proveedores. En el segundo año, analizaremos los datos de proveedores y elaboraremos el informe final, resumiendo la metodología de prueba y los resultados de funcionamiento de la inspección.

Para obtener más información acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.

Determinación del parámetro para álabes de turbina con un 12% de cromo utilizando tecnología de sensores de fatiga

El proyecto complementario del EPRI "Demostración de la tecnología de sensores de fatiga para álabes de turbinas de vapor" estudia las nuevas tecnologías para la medición no destructiva del consumo de vida útil por fatiga de los álabes de turbinas utilizando ondas ultrasónicas. La aplicación de la tecnología de sensores de fatiga para álabes de turbinas en servicio puede reducir el riesgo de fallos en servicio, medir la vida útil consumida por la fatiga sin extraer los álabes del rotor y optimizar el tiempo de sustitución de los álabes. El proyecto complementario original se basaba en la medición de álabes de Jethete para establecer los parámetros que se utilizarían en la posterior implantación en el campo. Este proyecto, que es una ampliación de trabajos anteriores, determinará los parámetros para la familia de álabes de turbina con un 12% de cromo y establecerá la vida a fatiga consumida para la posterior implantación en el campo.

Para obtener más información acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.

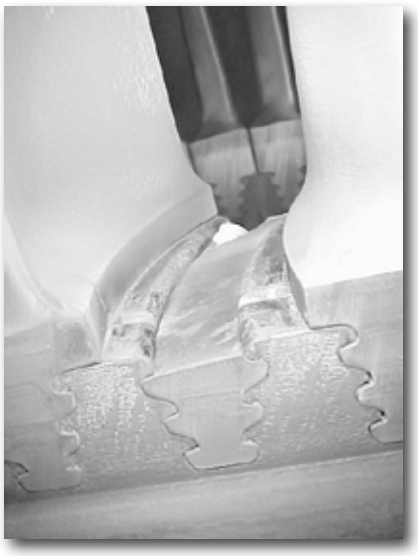
Guía para la inspección de álabes de turbinas de baja presión

La inspección periódica de los álabes de turbinas de baja presión (LP) es clave para la detección temprana de agrietamientos u otros daños que pudieran afectar de forma negativa al funcionamiento del álabe o provocar daños a la unidad a causa de un fallo del mismo. Una inspección exhaustiva del álabe de la turbina incluye el perfil aerodinámico, el encastre del álabe, los alambres de conexión y las espigas, según proceda, en un gran número de diseños de álabes. Existen multitud de técnicas de examen no destructivo (NDE, por sus siglas en inglés) para la detección y el dimensionamiento de fallos de álabes. Las técnicas de NDE incluyen la inspección visual, la inspección ultrasónica, la inspección de partículas magnéticas, inspección de corriente Focault, e inspección mediante líquido penetrante. Las nuevas técnicas de NDE, entre ellas la tecnología de sensores de fatiga, también se están valorando para su utilización en inspecciones.

La compleja geometría de los álabes de turbinas de LP puede plantear un desafio para el desarrollo de estrategias de inspección ultrasónica, en particular para el encastre del álabe. Los programas informáticos comerciales de modelación permiten evaluar la propagación de energía ultrasónica y la cobertura de la inspección, con lo que se obtiene una mejora en la eficacia de inspección y una interpretación más exacta de los resultados.

La materialización de este proyecto consistirá en un informe del EPRI con directrices para la inspección de álabes de turbinas de LP.

Para obtener más información acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.



Fractura total del encastre de un álabe en servicio

Optimización de la medición con sensor de fatiga en superficies curvas de álabes

La tecnología de sensores de fatiga es un método de examen no destructivo (NDE) para determinar el consumo de vida útil de componentes con riesgo de fatiga. Los daños microestructurales provocados por la fatiga en el metal generalmente se relacionan con la acumulación de varios tipos de estructuras de dislocación. Las densidades de dislocación dipolar aumentan a medida que los daños causados por la fatiga se acumulan hasta que se inicia una microfractura. La correlación entre la signatura acústica ultrasónica de bajo nivel y la vida a fatiga consumida se fundamenta en el análisis espectral de la energía acústica de estas dislocaciones en el metal. La tecnología de sensor de fatiga puede identificar las características la signatura acústica ultrasónica de bajo nivel y ayudar a determinar el daño por fatiga acumulado en álabes de turbinas de vapor.

La tecnología existente de sensores de medición de fatiga es adecuada para establecer referencias cuantitativas utilizando muestras de fatiga preparadas. Sin embargo, es posible optimizar los procesos de medición con sensores de fatiga para aplicaciones de álabes de turbinas para abordar los efectos aerodinámicos de álabes curvos y la rugosidad superficial que puede encontrarse durante inspecciones en servicio. Se han considerado varias tareas que incluyen configuraciones de sondeo, modos de onda, esquemas de acoplamiento y esquemas de análisis de onda alternativos. La estrategia actual consiste en estudiar las sondas eco-impulso (sondas de medición única) como una alternativa a la disposición actual pitch-catch (una configuración de dos sondas que requiere acceso a los dos lados de la muestra para realizar la medición). También se estudiará la tecnología de transductores acústicos electromagnéticos (EMAT, por sus siglas en inglés). Los EMATs generan y reciben ondas ultrasónicas sin necesidad de contacto con el material por el cual viajan las ondas acústicas. Este hecho elimina los efectos de adherencia propios de la tecnología de medición ultrasónica de contacto.

Para obtener más información acerca de esta actividad, puede ponerse en contacto con Paul Zayicek, 704.595.2154, pzayicek@epri.com.

Próximos eventos

Reuniones de 2008	Fecha	Lugar
V Reunión de grupos turbo-generadores Taller de transferencia de tecnología y Reunión de verano del Grupo de usuarios de grupos turbo-generadores (TGUG)	del 11 al 15 de agosto de 2008	Concord, NC Embassy Suites
Grupo de interés del NERC Sede principal de DTE	del 21 al 22 de agosto de 2008	Detroit, MI
Grupo de interés del EMI	10 de septiembre de 2008	Groveport, OH John E. Dolan de AEP Laboratorio de Ingeniería
Agrietamiento por corrosión bajo tensión y Taller de fatiga por corrosión	del 1 al 3 de octubre de 2008	Nashville, TN Hotel Gaylord Opryland
Bomba de alimentación de caldera y reactor Taller de turbinas	del 18 al 20 de noviembre de 2008	Nashville, TN Hotel Marriott Vanderbilt

Reuniones de 2009	Fecha	Lugar
Taller del TGUG de invierno de 2009 y Reunión con feria de proveedores	del 19 al 23 de enero de 2009	Savannah, GA Hyatt Regency
XXI Reunión de grupos turbo-generadores de vapor del EPRI Taller y exposición de proveedores	del 10 al 11 de agosto de 2009	Aún por determinar
Reunión de verano del TGUG	del 12 al 15 de agosto de 2008	Aún por determinar

Personal del programa

Programa de grupos turbo-generadores de vapor de instalaciones fósiles y nucleares

Gary Golden
Funcionamiento, pruebas, B/RFPT
865.387.5309, ggolden@epri.com

Alan Grunsky
Operaciones y Mantenimiento
704.595.2056, agrunsky@epri.com

Sharon Parker
Turbinas auxiliares
704.595.2164, sparker@epri.com

Linda Parrish
Asistente administrativo principal
704.595.2061, lparrish@epri.com

John Shingledecker
Materiales
704.595.2120, jshingledecker@epri.com

Jan Stein
Equipos eléctricos, generadores
650.855.2390, jstein@epri.com

Paul Zayicek
NDE, Evaluación de la condición
704.595.2154, pzayicek@epri.com

Guía de análisis de causa raíz de fallos en los álabes de turbinas de vapor

Steam Turbine Blade Failure Root Cause Analysis Guide (Guía de análisis de causa raíz de fallos en los álabes de turbinas de vapor) (1014137) es una obra de referencia elaborada con el fin de que los operadores planifiquen y realicen una investigación acerca de la causas más probables de fallo de los álabe (paleta) de turbinas de vapor. Este informe proporciona tanto una descripción general como un procedimiento paso a paso para identificar los mecanismos de daño más comunes de los fallos de los álabes de turbinas. También muestra la manera en que los mecanismos de daño se relacionan con los antecedentes de fallos de los álabes y la forma en que se examinan para establecer su función como causa (raíz) principal en oposición a causa secundaria.

El informe, publicado en marzo de 2008, ya está disponible.

Para obtener más información, puede ponerse en contacto con Justin Thibault, 704.595.2103, jthibault@epri.com.

Restricciones del control de exportaciones

El acceso a la propiedad intelectual del EPRI y la utilización de la misma se permite bajo el compromiso específico y la condición de que tanto usted como su empresa se responsabilicen de garantizar el total cumplimiento de la legislación y las normativas de exportación estadounidenses y de otros países. Esto incluye la responsabilidad de garantizar que cualquier individuo al que se le permita dicho acceso de acuerdo con lo dispuesto en este documento y que no sea ciudadano o residente permanente de los EE.UU., lo ejercite bajo la legislación y las normativas de exportación estadounidenses y de otros países. En caso de no tener la certeza de si usted o su empresa pueden accerder de forma legítima a la propiedad intelectual del EPRI, deberá asumir la responsabilidad de consultar con el departamento jurídico de su empresa para determinar la legalidad de dicho acceso. Aunque el EPRI puede ofrecer una valoración individual informal de la clasificación de exportación aplicable en los EE.UU. para determinadas partes de la propiedad intelectual del organismo, tanto usted como su empresa deberán asumir que dicha valoración tiene únicamente propósitos informativos y no es en ningún caso definitiva. Usted y su empresa deberán asumir la responsabilidad de llevar a cabo su propia valoración de las clasificaciones aplicables en los EE.UU. y garantizar su cumplimiento de acuerdo con ellas. Usted y su empresa asumen y reconocen la responsabilidad de notificar oportunamente al EPRI y a las autoridades pertinentes cualquier acceso a la propiedad intelectual de EPRI o utilización de la misma que pudiera suponer un incumplimiento de la legislación o las normativas de exportación de EE.UU. u otros países.

El Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (EPRI, por sus siglas en inglés), cuyas sedes principales están ubicadas en Palo Alto (California), Charlotte (Carolina del Norte) y Knoxville (Tennessee), se estableció en 1973 como un centro independiente, sin ánimo de lucro, y de interés público para la investigación de la energía y el medio ambiente. El EPRI agrupa a miembros, participantes, científicos e ingenieros del Instituto y a otros expertos de talla internacional, para trabajar conjuntamente en la búsqueda de soluciones a los desafíos que plantea la energía eléctrica. Tales soluciones abarcan casi todas las áreas de la generación, transmisión y uso de electricidad, e incluyen las áreas de salud, seguridad y medio ambiente. Los miembros del EPRI producen más del 90% de la electricidad generada en los Estados Unidos. Los participantes internacionales representan cerca del 15% del total del programa de investigación, desarrollo y demostración del EPRI.

Juntos...Dando Forma al Futuro de la Electricidad

1018591 Julio de 2008

Electric Power Research Institute
3420 Hillview Avenue, Palo Alto, California 94304 • PO Box 10412, Palo Alto, California 94303 USA
800.313.3774 • 650.855.2121 • askepri@epri.com • www.epri.com

© 2009 Electric Power Research Institute (EPRI), Inc. Todos los derechos reservados. Electric Power Research Institute, EPRI, y TOGETHER...SHAPING THE FUTURE OF ELECTRICITY son marcas de servicio registradas del EPRI.

Impreso en papel reciclado en los Estados Unidos de América