



Optimización del mantenimiento preventivo utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Resultados parciales teórico-prácticos

Pedro L. Hernández
Miguel Carro

Juan Montes de Oca
Sergio J. Fernández

Recibido: Enero del 2008
Aprobado: Marzo del 2008

Resumen / Abstract

En este trabajo se continúa desarrollando la metodología que aporta el diagnóstico integral (DI) presentada por los autores en un artículo anterior, con la finalidad de introducir el mantenimiento basado en la condición (MBC) como una forma de mejoramiento o perfeccionamiento del mantenimiento preventivo planificado (MPP) que se desarrolla en las centrales termoeléctricas cubanas, y cuya base radica en encontrar la relación fallas - variables o parámetros de estado de diagnóstico de un equipo o sistema.

Palabras clave: Diagramas de Ishikawa y de Lorenz, matriz de fallas, matriz de parámetros óptimos, variables de estado de diagnóstico, análisis de criticidad, turbina y generador de vapor

In the present paper, the authors continues developing the methodology that contributes the integral diagnosis (ID) presented by they in a previous article, with the purpose of introducing the condition based maintenance (CBM) like a form of improvement the planned preventive maintenance (PPM) that is developed in the Cuban thermoelectric power stations, and whose base resides in finding the relationship failures - variables or parameters of state of diagnosis of a equipment or system.

Key words: Diagrams of Ishikawa and of Lorenz, matrix of failures, matrix of optimum parameters, variables of diagnosis state, critically analysis, steam turbine and generator

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es la continuación de un artículo anterior desarrollado por los autores, en el cual se definían las tareas de investigación trazadas por el diagnóstico Integral (DI), con la finalidad de alcanzar el perfeccionamiento del mantenimiento preventivo planificado (MPP) en las centrales termoeléctricas (CCTT) cubanas a partir de la introducción paulatina del mantenimiento basado en la condición (MBC). Su objetivo es presentar los resultados de la aplicación de esta metodología tomando como objetivo las turbinas y generadores de vapor de las CCTT cubanas.

En él se presentan entre otras: La relación fallas - variables de diagnóstico alcanzadas a partir de obtención de las matrices de fallas (MF) y de parámetros fundamentales u óptimos (MPO), las cuales fueron definidas en el diagnóstico integral^{1,2} y que son la piedra angular del desarrollo de los métodos modernos del diagnóstico basado en la condición.

Esta metodología se ha ido introduciendo en la mayoría de las (CCEE) cubanas a partir del año 2000, teniendo como base la formación del personal que trabaja en las mismas, en una especialidad universitaria que se

viene desarrollando desde ese mismo año y que ya se encuentra en su tercera edición (Diagnóstico Integral de Centrales y Subestaciones Eléctricas),³ este fue un empeño directo de la Dirección de Generación de la Unión Nacional Eléctrica (UNE).

Mucho se discute y se escribe del MBC en el mundo actual y de su base fundamental, "detección del estado o condición de los equipos y sistemas"¹⁻¹¹ y todos ofrecen en general un método de ataque basado en la aplicación de los sistemas de pruebas a realizar y del período de muestreo de las mismas, pero pocos definen el "estado o condición" de un equipo o sistema, es decir, no existe una definición concreta solo los más avanzados dan alguna que otra; en el caso del DI se definen las mismas a partir de las "variables o parámetros de estado de diagnóstico"¹¹ a través de las cuales se puede conocer el estado o condición de un equipo o sistema.

En este trabajo se continúa desarrollando la metodología que se ofrece, a partir de encontrar las matrices de fallas o matriz S (MF) y la de parámetros optimos o fundamentales (MPO); sin las que se hace imposible o difícil establecer cuáles son las variables de estado mínimas que permiten controlar el estado de un equipo con un costo mínimo. Ahora bien, para llegar a estas matrices se tiene que hacer uso de los métodos bien conocidos de diagrama de Lorenz-Pareto, causa- efecto (diagrama de Ishikawa), etc., en interacción con el método supremo de causa - raíz, el cual refleja la relación dialéctica de encontrar el origen de cualquier fenómeno en su relación dinámica con el tiempo.¹

Pero queda por resolver la relación fundamental "fallas-variables de estado de diagnóstico",¹ la cual es un concepto más moderno que el complejo conocimiento de los síntomas ligados a las fallas, es decir, en la actualidad el mundo de las mediciones automática, de los grandes sistemas de diagnóstico on-line y en tiempo real tratan afanosamente de encontrar esta relación, que es la base del DI y su objetivo principal.

A continuación se presentan de forma abreviada los resultados obtenidos de aplicar esta metodología en dos turbinas de vapor de las CCTT Máximo Gómez de Mariel y de la Antonio Guiteras Holmes de Matanzas y de un generador de vapor de esta última, dejando para un tercer artículo los resultados finales y un breve análisis económico.

Se debe destacar que aunque los resultados presentados responden a casos reales, en que el grupo de autores se ha visto enfrascados en alguna CTE cubana, los datos de fallas se han tomado de forma tal que contengan algunos elementos y

resultados interesantes de estudio y no respondan a las características reales de una en particular.

SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE FALLAS EN UN GENERADOR DE VAPOR

Utilizar el análisis causa-raíz como estrategia corporativa permite crear una estructura correcta para la organización y la gerencia de los procesos,¹⁻⁵ de forma tal que permita obtener una solución rápida para los problemas, usando técnicas estructuradas como parte de las actividades diarias a todos los departamentos y niveles de la organización.⁶

Selección de los elementos de fallas más importantes

A continuación (figura 1) se desarrolla un diagrama de Pareto - Lorenz a un generador de vapor, después de ser sometido al análisis de estadístico de fallas,⁵ que permite separar, de forma gráfica, los problemas más relevantes mediante la aplicación del principio de Pareto (separar los pocos vitales de los muchos triviales), y que ayuda a comprender cuáles son los problemas y equipos a los que hay que dedicarles la mayoría de los recursos de las empresas para lograr su eliminación definitiva.^{2,3,5}

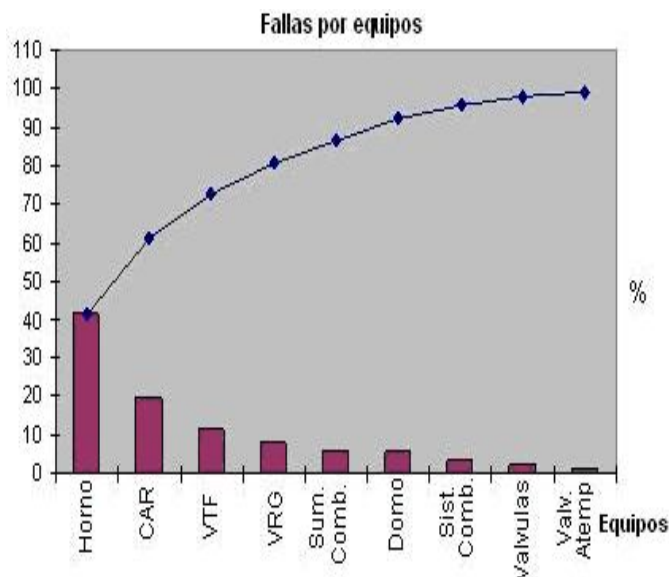


Diagrama de Lorenz para la selección de los agregados que más fallan.

1

Análisis de criticidad

Otra forma más profunda de jerarquizar los equipos y sistemas es análisis de criticidad.^{2,4} El objetivo de este análisis es establecer un método, como instrumento de ayuda, en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de la planta, permitiendo dividir los elementos en secciones que puedan ser manejados de manera controlada y auditable. Este

método debe confirmar lo encontrado con el análisis estadístico.

Desde el punto de vista matemático se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} \cdot \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia está asociada al número de eventos o fallas que presenta el sistema o activos analizados, la consecuencia esta referida a:

- Impacto y flexibilidad operacional.
- Costos de reparación.
- Impactos en seguridad.
- Impacto en medio ambiente.

Su máxima aplicación se realiza cuando se han identificado al menos una de las siguientes necesidades.

- Fijar prioridades en sistemas complejos.
- Administrar recursos escasos.
- Crear valor.
- Determinar impacto en el negocio.
- Aplicar metodologías de confiabilidad.

El uso del análisis de criticidad sobre la base de los valores utilizados y plasmados en una reunión de expertos define una puntuación para cada activo, lo cual permite la toma de decisiones rápidas y acertadas, con las consiguientes intervenciones efectivas en cada uno de los criterios analizados.

Este método permite una retroalimentación o confirmación sobre el análisis estadístico de falla realizado anteriormente⁴ y sobre la matriz de falla al corroborar cuáles son los activos más importantes a tener en cuenta la indisponibilidad e impacto que los mismos tienen sobre el medio ambiente, la generación, etcétera.

La expresión de la criticidad se expresa como:

$$C_{rit} = \left[\frac{(\text{Nivel Gen} \cdot \text{TMPR} \cdot \text{Imp Prod}) + (\text{Costo Rep} + \text{Imp Seg} + \text{Imp Amb})}{F \text{ Falla}} \right]$$

donde:

Nivel Prod: Nivel de generación.

TMPR: Tiempo medio para reparaciones.

Imp. Prod: Impacto en la producción.

Costo Rep: Costo de reparación.

Imp. Seg: Impacto en la seguridad.

Imp. Amb: Impacto en el medio ambiente.

F. Falla: Frecuencia de falla.

En la tabla 1 y figura 2 se presentan los resultados "muy sintetizados" de la encuesta realizada a los expertos, al evaluar la situación real de la turbina de vapor de la CTE Antonio Guiteras Holmes.

Es importante aclarar que la aplicación del método estadístico de análisis de fallas - diagrama de Lorenz y el de criticidad tienden a converger en lo fundamental, corroborando la aplicabilidad de los mismos y de ahí la importancia que le da el diagnóstico integral.^{7,8}

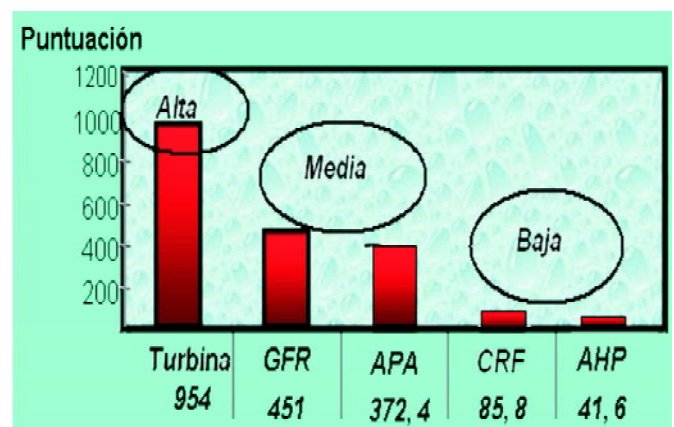
Un enfoque más moderno de modelación de criticidad puede verse en la referencia 9.

En general, el origen de las causas de fallos son muy variadas y pueden estar relacionadas con:

- Problemas de mantenimiento.
- Problemas operacionales.
- Calidad del diseño y el equipo.
- Entorno de trabajo.
- Tiempo de explotación del equipo.

Tabla 1
Modelo de encuesta de criticidad

Sistema	Frecuencia de falla	Nivel de generación	Imp. Producción	TM-PR	Costo de reparación	Imp. de seguridad	Imp. Ambiental	Criticidad
Turbina	9	9	1	9	25	0	0	954
CRF	11	4	0,30	4	3	0	0	85,8
APA	19	4	0,40	6	10	0	0	372,4
AHP	8	1	0,05	4	5	0	0	41,6
GFR	11	9	1	4	5	0	0	45,1



Análisis de criticidad (período 2000 - 2005).

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa^{3,10} es el resultado de la aplicación del método de análisis causa-efecto. Es una forma de encontrar, organizar y representar las diferentes causas que generan un problema. Los diagramas de Ishikawa reflejan este método con la finalidad de encontrar las causas de las fallas y los efectos que las mismas producen, de una forma sencilla. Es por ello que, para hablar del desarrollo o introducción de un sistema de diagnóstico integral, se hace necesario la utilización de esta técnica. Estos métodos son aplicados (figura 3), para encontrar los elementos del generador de vapor que más influencia tiene en la aparición de las fallas.

Estos diagramas tienen sus reglas de construcción,¹⁰ que los autores han respetado cuidadosamente. Solo se presenta uno de los Ishikawa del generador de vapor por problemas de espacio, pero para la realización de este trabajo se han desarrollado todos los del generador y de la turbinas de vapor,¹⁻³ los cuales son una herramienta fundamental para encontrar la relación fallas - variables de estado de diagnóstico.

Matriz de falla y de parámetros óptimos

Para realizar un análisis más completo es necesario aplicar la metodología del diagnóstico integral para establecer la relación dinámica fallas - variables de estado de diagnóstico a partir de la obtención de la MF.

La matriz de falla^{7,8,11-16} creada y desarrollada a lo largo de los años por el diagnóstico integral contiene todas las fallas "pesadas" que pueden aparecer en un equipo o sistema y las variables de estado, de diagnóstico relacionadas con ellas, además, contiene varios indicadores entre los que se encuentran: El peso e importancia estratégica de la falla, la disponibilidad de la medición, etc, que permiten realizar una valoración total de las mismas. En esta matriz se resume la experiencia de cientos de expertos y diseñadores de todo el mundo que directa o indirectamente obtienen, a veces sin saberlo, la relación fallas - variables de estado de diagnóstico. La misma está en completo desarrollo y sirve de base al diseño de las bases dinámicas de datos, sistemas expertos, etcétera.

En la tabla 2 se presenta, la matriz de falla, muy simplificada, de una turbina de vapor:²

Matriz de parámetros fundamentales u óptimos

Una vez obtenida la matriz de falla se desarrolla la matriz de parámetros fundamentales u óptimos^{7,8-11-16} la cual está conformada por aquellas variables de estado de diagnóstico que cubren el mayor número de fallas.

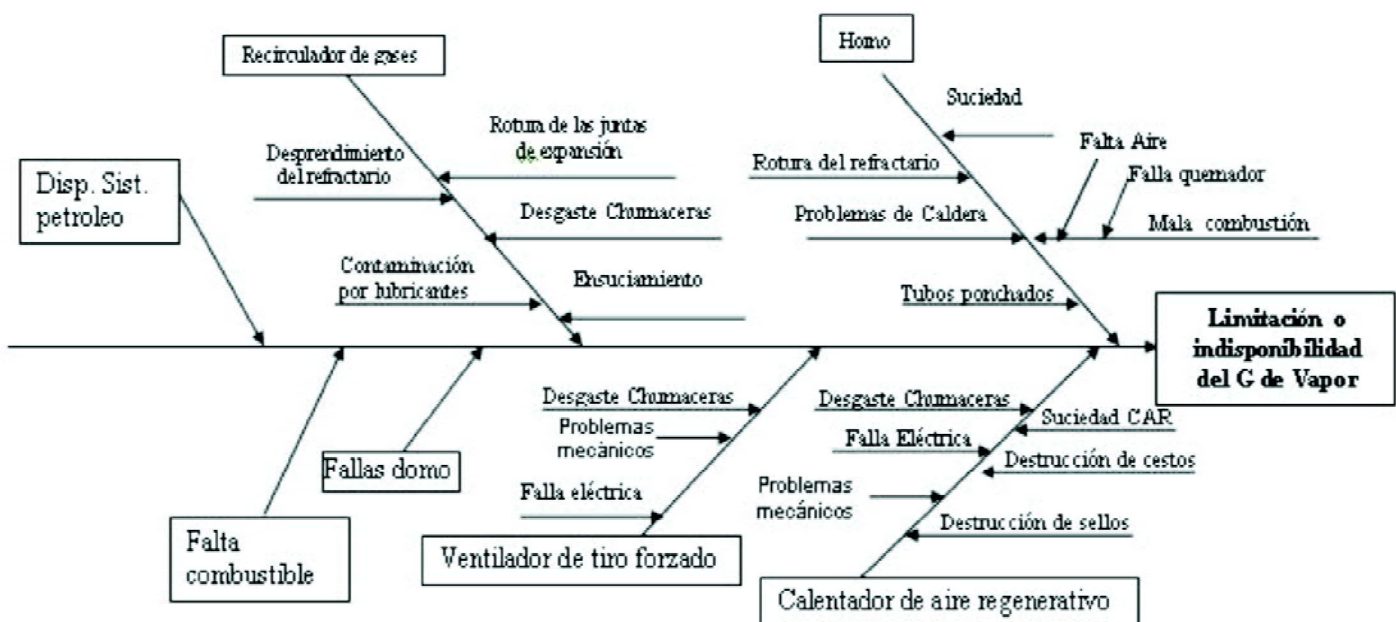


Diagrama de Ishikawa de las indisponibilidades del generador de vapor.

En dicha matriz aparecen indicadores del tipo factor de cubrimiento, costo de la medición, etc., y es la encargada de optimizar el costo y la complejidad del sistema de medición a aplicar.

La optimización de estas variables dependerá del grado de exactitud que el usuario necesite ya que los métodos pueden ir desde la simple aplicación de un diagrama de Lorenz, pasando por métodos estadísticos hasta la modelación y comprobación práctica de los mismos, para lo cual se necesita diseñar un experimento con todas las reglas que esta rama demanda.¹⁷

Una forma sencilla de "optimizar" los mismos, sería aplicar el diagrama de Lorenz a la matriz de falla y a través de la experiencia de los expertos corroborar

los resultados obtenidos. La figura 4 presenta una aplicación sencilla de esta técnica.⁷

En la tabla 3 se presenta la matriz de parámetros óptimos simplificada de la turbina de vapor:^{1,2}

Estas variables de estado de diagnóstico deben regir el diseño del sistema de diagnóstico y mantenimiento que se desea aplicar, si se quiere introducir un control sobre el estado o condición de los equipos y sistemas (MBC) y por tanto también intervendrá en el diseño y desarrollo de la matriz de mantenimiento y diagnóstico. Los métodos de optimización y comprobación más complejos en los que intervienen el diseño de experimento, instalaciones experimentales para la comprobación de los mismos pueden verse en la bibliografía.¹⁷

Tabla 2
Matriz de falla o matriz "s" simplificada de una turbina de vapor

Definición	Modelo de fallas	Temperatura	Presión	Vibraciones	O (flujo)	Viscosidad cts	Demulcificación	Agua	Fallas	Indisponibilidad (MW/h)
A	Avería en chumacera 6	X		X					3	993 210,17
	Flexión del rotor	X	X	X						
	Altas vib. en chumacera 2	X	X	X						
ABP	Tubo ponchado			X	X				1	1 174,38
APA	Filtros sucios	X		X	X				19	285 758
	Filtros rotos	X		X	X					
	Obstrucción en partes fijas y móviles	X		X						
	Flexión del rotor de motor	X		X						
	Avería en rodamiento	X		X						
	Altas vib. al regular manualmente	X		X						
	Bomba booster alt. temp. rodam	X		X	X	X	X	X		
	Ruido en variador (diente partido)	X		X						
	Alta temp. Coupling. Lub. incorrecta	X								
		42	18	26	29	4	5	6	89	

MODOS DE FALLOS DE LA FALLAS

Las discusiones sobre los modos de fallos^{9,18} son ya "bizantinas", desde los mismos comienzos del MCC, sus creadores las tuvieron muy en cuenta y a pesar de sus discrepancias coincidieron en que sin el desarrollo de estos, no hay posibilidad de obtener el diagnóstico acertado y prematuro de las fallas, ni llegar a la creación de los sistemas expertos que lo respaldan, ya que sin el conocimiento de los síntomas y formas de variación de las variables de estado de diagnóstico es imposible conocer la falla que tiene lugar. A pesar de su longevidad, el desarrollo de los mismos se hace muy esporádicamente en las empresas del país, y es raro ver alguna que los tenga desarrollados para todos sus equipos y sistemas.

Los modos de fallos aquí presentados se desarrollaron en entrevistas y reuniones con técnicos de gran experiencia y expertos de las CCEE, INEL y EMCE¹⁹ a partir de las posibles fallas potenciales más importantes en los elementos analizados. El resultado de este trabajo permitió obtener un conocimiento más profundo sobre los "elementos discriminatorios" para la detección y clasificación de las fallas en las turbinas y generadores de vapor, y realimentar a la MF, ya que la misma tiene un comportamiento dinámico que dependerá del estado funcional de los equipos, pudiendo sufrir algunos cambios durante su ciclo de vida.

En las tablas 4 y 5, se presentan los resultados simplificados del análisis de los modos de fallos de las fallas para el caso de la turbina y del generador de vapor.^{2,3} Como era de esperar el encontrar anteriormente la relación falla - variables de estado de diagnóstico, amplía y profundiza el análisis de los modos de fallos de las fallas ya que permite pasar de los simples síntomas a encontrar la influencia de las fallas sobre estas variables y los valores límites de las mismas. A su vez, el desarrollo de los modos de fallos realimenta a la MF y a la MPO como se expuso anteriormente.

Una vez obtenida la relación falla-variables de estado de diagnóstico a partir de las MF y MPO en los equipos más importantes, de acuerdo con el papel que desempeñan en el proceso de generación eléctrica y al grado de indisponibilidad (análisis de criticidad) que aportan a la empresa y los modos de fallos de las fallas, los autores tratarán en el próximo artículo el desarrollo de la matriz de mantenimiento y diagnóstico la cual es la base del sistema de mantenimiento propuesto por ellos.

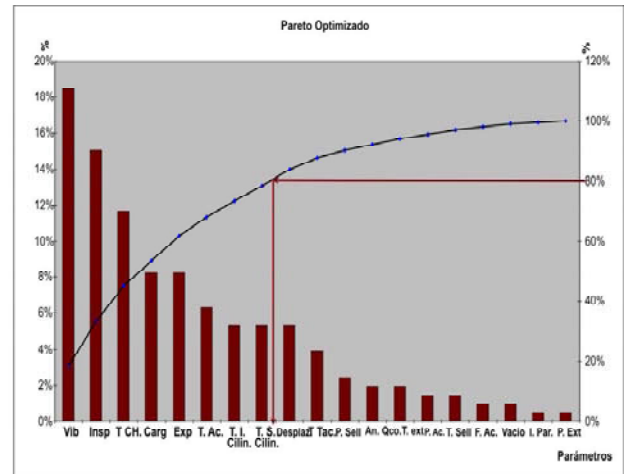


Diagrama de Lorenz para encontrar los parámetros óptimos o fundamentales de una turbina de vapor.

4

Tabla 3

Matriz de parámetros óptimos de una turbina de vapor

Matriz de parámetros óptimos				
Parámetros	Cantidad	S. Canti.	Sum. %	Cub. %
Temperatura	42	42	25,92	25,92
Q	29	71	43,82	17,9
Vibración	26	97	59,87	16,05
Presión	18	115	70,98	11,11
Vacío	9	124	76,54	5,56
Nivel	9	133	82,09	5,55
Corrosión	7	140	86,42	4,33
Agua	6	146	90,12	3,7
Demulsific.	5	151	93,2	3,08
Viscosidad	4	155	95,67	2,47
Corriente	3	158	97,53	1,86
Control met.	3	161	99,38	1,85
N. neutro	1	162	100	0,62
	162	1 655	1 021,5	100

Tabla 4
Modos de fallos de la turbina de vapor (sintetizada)

Turbina-función: Motriz del generador			
Componente	Síntomas	Modo de falla	Fuente de fallo
Chum. radiales y axiales	Aumento de t_{ab} Disp. X ΔT (tras-del) Pres. hidrostática Aum. Vibraciones Aum. desplazamiento axial	Excesivas temp. Excesivas vibraciones Corrimiento Babitt Holguras sellos Disp. X altas temp. Disp. X altas vibra. Rotura	Vacío Presión del hidrógeno en el generador Desalineamiento Desbalance Altas cargas específicas Corrientes parásitas Ajuste defectuoso Problemas con enfriador de aceite Aceite contaminado Geometría del muñón Fatiga Bomba de aceite defectuosa Bomba hidrostática defectuosa Fallo de electricidad
Cilindros	Aum. ΔT (sup-inf.) Aum. desplazamiento rel. y absoluto Aumento de vibración	Excesiva temp. Excesivas V. relat. Destruí. de sellos Arrastre de Babitt	Drenaje tupido Temporales defectuosos Contraflujo Fallo autom. de calentadores Fallo de automática de cheque de automática V.mot. de cierre Falta de uniformidad en aislamiento

Tabla 5
Modos de fallos del generador de vapor simplificado

Componente	Falla funcional	Modo de fallo	Fuente de fallo
Mala combustión	Falta de tiro	Aumento de la presión en el horno	Mala regulación Mala automatización
			Descontrol de la llama
	Ensuciamiento en caldera		Mala distribución del aire a quemadores
	Limitación de la máquina	Disminuye temperatura del refrigerante	Quemadores defectuosos Refractario roto
Tubos de caldera	Salideros en calderas	Aumento presion en horno	Defecto de soldadura
		Bajo nivel del domo	Corrosión exterior e interior
		Aumento del flujo de alimentar Aumento aire-combustible	Fatiga Erosión exterior
		Aumento del ruido	Sobrecalentamiento
			Incrustaciones
Modos de fallos más representativos del generador de vapor			

CONCLUSIONES

De los resultados parciales obtenidos en este artículo por el grupo de autores se puede concluir que:

- Se mantiene la divisa de que: No hay análisis correcto si el mismo no está regido por el método dialéctico de causa - raíz, el cual permite analizar lo activos en su dinámica en el tiempo y que además es la única forma de eliminar las fallas recurrentes.

- Existen varios métodos para la obtención de los equipos que más contribuyen a la indisponibilidad de una central eléctrica: Análisis estadístico de las fallas-diagrama de Lorenz, análisis de criticidad, modelación de la criticidad, etc. En este trabajo se han abordado los dos primeros, llegándose a resultados convergentes lo que prueba la aplicabilidad de los mismos y de ahí la importancia que le atribuye el diagnóstico integral.

- El uso de los diagramas de Ishikawa para encontrar la relación causa- efecto de las fallas más importantes, es de obligatorio cumplimiento en el camino a encontrar la relación falla - variables de estado de diagnóstico.

- El desarrollo de las matrices de fallas y de parámetros óptimos, propias del diagnóstico integral, son una herramienta importante para encontrar la relación fundamental falla-variables de estado de diagnóstico, y que las mismas sirven como elemento catalizador en el desarrollo de los modos de fallos de las fallas.

- No es posible perfeccionar ningún tipo de mantenimiento sin el desarrollo de los modos de fallos de las fallas, ya que ellos son el instrumento principal para la clasificación, discriminación y detección de estas últimas y por tanto la única fuente segura de obtener los datos necesarios para la aplicación del MCC y del MBC.

- Los resultados de este artículo han dejado el campo listo para tocar los temas más discutidos en el momento actual por muchos especialistas de estas materias como son: Los sistemas de mantenimiento y diagnóstico a utilizar en una empresa, los período de muestreo de las pruebas, la utilización de las bases de datos dinámicas, la relación diagnóstico-mantenimiento, entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la cooperación y la dedicación de cientos de técnicos y expertos de las CCEE y de la Empresa de Mantenimiento a Centrales Termoeléctricas (EMCE) y a la Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL) por la contribución que han hecho a la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Hernández Domínguez, Pedro L.: "Diseño de un sistema de diagnóstico integral para la turbina de vapor de 100 MW No. 7 de la CTE Máximo Gómez", Tesis en opción al título de Especialista en CCEE y SSEE, Cuba, 2007.
2. Carro Puig, Miguel: " Diseño de un sistema de mantenimiento basado en la condición para la turbina de vapor de la CTE Antonio Guiteras Holmes de 330,5 MW de Matanzas", Tesis en opción al título de Especialista en CCEE y SSEE, Cuba, 2007.
3. Montes de Oca Iznaga, Juan: "Sistema de mantenimiento basado en la condición aplicado al generador de vapor de la CTE Antonio Guiteras Holmes", Tesis en opción al título de Especialista en CCEE y SSEE, Cuba, 2007.
4. Huerta Mendoza, R.: Documento: Análisis de Criticidad (PDVESA), s/f.
5. Hernández, Pedro; Miguel Carro, Juan Montes de Oca y Sergio Fernández: "Optimización del mantenimiento preventivo, utilizando las técnicas de diagnóstico integral. Fundamento teórico - práctico". Revista Ingeniería Energética, Vol. XXIX, No. 2, Oct., 2007.
6. Amandola, Luís J.: Modelos mixtos del mantenimiento, s/f.
7. Fernández García, Sergio: "Diagnóstico integral" (Folleto), Texto de la Especialidad de Diagnóstico Integral de CCEE y SSEE, CIPEL, Ciudad de La Habana, 1996.
8. ———: "Diagnóstico integral de centrales y subestaciones eléctricas" (Folleto), Texto de la Especialidad de Diagnóstico Integral de CCEE y SSEE, CIPEL, Ciudad de La Habana, Cuba 1998.
9. Virtanen, Seppo: Modeling and Analysis of Causes and Consequences of Failures. Tampere University of Technology, III Congreso Internacional de Mantenimiento, June, 2006.
10. Leyes del Ishikawa. <http://apuntesingenierialelegal.blogspot.com/2008/11/kaorutshikawa-un-maestró-de-la-calidad.html>. 2004.
11. Fernández G., Sergio J.: Anteproyecto para el diagnóstico de los grandes transformadores en tiempo real, X Forum de Ciencia y Técnica del ISPJAE, Octubre, 1995.
12. ———: "Selección de mediciones para el diagnóstico de los grandes transformadores en tiempo real", Taller Latinoamericano de Alta Tensión y Aislamiento Eléctrico ALTAE'95, Cuba, Nov. 21-23 de 1995.
13. Fernández G., Sergio y otros: "Introducción de un SAD como medio de diagnóstico para el mantenimiento y la explotación de centrales eléctricas

cubanas y hardware y software para el diagnóstico en tiempo real de los transformadores de potencia", METANICA' 97, 14-18 de julio de 1997, Cuba.

14. Fernández G., Sergio J. y otros: "Sistema de adquisición de datos y software para el diagnóstico en tiempo real de la subestación tropical y diagnóstico en tiempo real en la CTE Antonio Guiteras de Matanzas", Taller Internacional sobre Diagnóstico en Tiempo Real de Equipos Eléctricos y Procesos DIAGNOS'97, 15-17 Abril de 1997, Cuba.

15. Fernández G., Sergio J.: "Los sistemas de diagnóstico como salvaguarda de la confiabilidad en centrales termoeléctricas, una experiencia cubana a lo largo de un lustro de trabajo", I Biental Internacional de Confiabilidad y Mantenibilidad. Exposición Industrial, Comisión Federal de Electricidad de México por conmemoración del 50 Aniversario del LAPEM, junio, 2002.

16. _____.: "El diagnóstico moderno como base de la confiabilidad de las centrales y subestaciones eléctricas", 2da. Biental de Confiabilidad y Mantenibilidad del LAPEM celebrada en México D. F. del 11-14 de junio del 2004.

17. García Abreu, Luís: "Diseño de un sistema de diagnóstico integral para una instalación motriz de tanque mediano de explotación", Tesis doctoral, MINFAR, 2007.

18. Moubray, John: El camino hacia el RCM - Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, 2002.

19. Carro Puig, Miguel; Juan Montes de Oca Iznaga, Pedro L. Hernández Domínguez y Hugo López: "Diagnostico integral de CCEE y SSEE: Caracterización de las CCEE cubanas", Trabajo de Curso, Cuba, 2007.

AUTORES

Pedro L. Hernández Domínguez
Ingeniero Mecánico, Especialista en Diagnóstico Integral, Central Termoeléctrica de Mariel, Máximo Gómez, Mariel, Cuba, 2007.
e-mail: pelly@ctemg.une.cu

Miguel Carro Puig
Ingeniero Mecánico, Especialista en Diagnóstico Integral, Central Termoeléctrica de Mariel, Máximo Gómez, Mariel, Cuba.
e-mail: carro@inel.une.cu

Juan Montes de Oca Iznaga
Ingeniero en Energética Nuclear, Especialista en Diagnóstico Integral, Empresa de Ingeniería y Proyectos de Electricidad (INEL), Ciudad de La Habana, Cuba

Sergio J. Fernández García
Ingeniero Electricista, Doctor en Ciencias Técnicas, Asistente, Centro de Investigaciones y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL), Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujae, Ciudad de La Habana Cuba
e-mail: sfg@electrica.cujae.edu.cu
sergiojfernandez@yahoo.com

*Disponemos de un departamento informatizado,
dotado con tecnologías que nos permiten realizar
todo el proceso de edición de revistas científicas
así como de otros materiales.
Visítenos!!!*

