Influencia de los parámetros de proceso, en el comportamiento del parámetro vibración absoluta en turbinas de vapor.

F. de la Torre Silva*, J. C. Arce Miranda, R. Cintado Hidalgo**, E. Nieves Quintana*, D. Sierra Luque**.**

* Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento (CEIM); Facultad de Ingeniería Mecánica;
CUJAE; Marianao; Ciudad Habana; Cuba; Teléfono: 266-36-39;
E – mail: francisco@ceim.cujae.edu.cu,
** Central Termoeléctrica Máximo Gómez; Vía Blanca, Km. 45.
Santa Cruz del Norte; Provincia Habana; Cuba;
E – mail: arce@ctemg.une.cu,

(Recibido el 22 de junio de 2007; aceptado el 12 de septiembre de 2007)

Resumen.

Este trabajo muestra el estudio realizado en turbinas de vapor de pequeña capacidad de generación de las centrales termoeléctricas cubanas, relacionadas con la influencia estadística entre parámetros de proceso de la turbina, respecto al parámetro vibración absoluta, medidos en las chumaceras de la turbina. Se utilizan las bases de datos de los sistemas de monitoreado *on-line* de la turbina. Se exponen las relaciones existentes entre los principales parámetros seleccionados para este estudio.

Palabras claves: Monitorado on-line, Monitorado de la condición, Parámetros de proceso, Vibración absoluta, Turbinas de vapor.

1. Introducción.

En la actualidad la industria eléctrica cubana ha llevado a cabo modernizaciones tecnológicas en las principales unidades de generación de energía eléctrica del país. La implementación de sistemas de monitorado *on-line* en las turbinas de vapor de pequeña capacidad de generación, con tecnología de avanzada, ha posibilitado el control del funcionamiento y de la protección de la turbina de vapor. La gran cantidad de parámetros de proceso y vibratorios medidos, constituye una fuente indiscutible para el análisis del comportamiento mecánico – dinámico – funcional y para el diagnóstico del mal funcionamiento de la turbina de vapor. La evidente relación funcional, mecánica y dinámica de la turbina conlleva al estudio y análisis de las relaciones existentes entre los parámetros de proceso y vibratorios de la turbina, cuyos resultados constituyen una herramienta para el diagnóstico. La elevada complejidad de estas máquinas rotatorias en su proceso productivo involucra además, sistemas auxiliares vitales para el funcionamiento de la turbina, cuyos parámetros de proceso se relacionan en alguna medida con los parámetros vibratorios de la turbina de vapor.

La influencia del comportamiento de los parámetros no vibratorios (de proceso) en el comportamiento de los parámetros vibratorios (vibración absoluta) se analiza teniendo en cuenta la relación estadística de los valores medidos para cada parámetro característico seleccionado y correlacionado, empleando como herramienta estadística un software que permite la determinación de la existencia o no de correlación entre parámetros y la obtención de un modelo matemático que describe dicha correlación.

2. Parámetros vibratorios y de proceso característicos.

Son reconocidos un grupo de parámetros de proceso y vibratorios controlados por los sistemas de monitorado *on-line* por sus características sintomatológicas de denotar condición o estado técnico de la máquina rotatoria [3, 4, 6]. La alteración de la magnitud de los

© 2008 – Ediciones Mecánica.

valores medidos de los parámetros de proceso y vibratorios constituye indicadores de la condición o del estado de la máquina rotatoria [1, 4, 6].

El control del funcionamiento y operación de una unidad de pequeña capacidad de generación se efectúa a partir de la medición de aproximadamente 2898 parámetros de proceso y vibratorios [2], entendiéndose por parámetros de proceso a todos aquellos parámetros relacionados con el proceso tecnológico y con el proceso de funcionamiento u operación de la unidad. Se entiende por parámetros vibratorios a aquellos relacionados con el carácter dinámico de la máquina rotatoria. Se muestra a continuación los parámetros característicos de proceso y vibratorios controlados por los sistemas de monitoreado *on line* (sistemas de supervisión, control y protección) para un turbogrupo de pequeña capacidad de generación, asociados a su comportamiento mecánico - dinámico - funcional, los cuales denotan condición o estado de la turbina. [2, 3, 4, 5].

1. Presión y temperatura del vapor vivo y recalentado a la entrada de la turbina.
2. Presión y temperatura a la salida de las válvulas de admisión y de cuello.
3. Flujo del vapor vivo a la entrada de la turbina.
4. Presión del lubricante en el sistema de regulación.
5. Nivel del lubricante en el tanque principal.
6. Temperatura y presión del aceite de lubricación de las chumaceras.
7. Temperatura del metal babbitt de las chumaceras.
8. Vibraciones absolutas en la dirección vertical, horizontal y axial en chumaceras.
9. Vibraciones relativas del rotor en chumaceras, en la dirección X y Y.
10. Presión y temperatura del vapor en los sellos de alta y baja presión.
11. Nivel en el deareador.
12. Presión de vapor en el deareador.
13. Porcentaje de apertura del regulador de presión en el deareador.
14. Velocidad de rotación del rotor de la turbina.
15. Dilatación térmica total del turbogrupo.
16. Expansión relativa entre el rotor y la carcasa, en cada cilindro.
17. Desplazamiento axial del rotor.
18. Vacío en el condensador.
19. Flujo en las secciones del condensador.
20. Temperatura del agua de mar en las secciones del condensador.
21. Nivel de condensado en el condensador.
22. Niveles en los calentadores de baja presión (CBP).
23. Temperatura del metal conducto de escape.
24. Presión y temperatura del vapor en las extracciones.
25. Temperatura del metal del cuerpo interior y exterior de cada cilindro.
26. Presión de descarga de las bombas de circulación.
27. Presión y temperatura del refrigerante hidrógeno en el generador.
28. Carga (potencia) activa y reactiva del generador.
29. Voltaje del generador y del sistema.
30. Corrientes parásitas inducidas en el eje del rotor, medidas en chumaceras.

Se muestra en la figura No 1 la posición de medición de algunos de los parámetros de proceso y vibratorios mencionados anteriormente, controlados por uno de los sistemas de monitoreado *on line* del turbogrupo. [2, 5]

Leyenda de la Figura 1

X, Y:	Vibración relativa del rotor medida en chumacera
V, H, A:	Vibración absoluta medida en la dirección vertical, horizontal y axial en chumacera
D.T.:	Dilatación térmica total de los rotores
rpm:	Velocidad de rotación del rotor
Exp.Rel.:	Expansión relativa de los rotores respecto a la carcasa
Excent.:	Excentricidad del rotor medida en chumacera
D.Axial:	Dilatación térmica axial de los rotores

Estos parámetros son medidos de forma cíclica, a intervalos predeterminados y configurables en cada sistema de monitoreado. El usuario de ésta máquina decide cual de éstos parámetros debe integrarse al análisis de la condición de la máquina al constituir parámetros síntomas del estado de la misma [1, 4].

3. Relación entre parámetros de proceso y las vibraciones absolutas.

Se realiza el estudio sobre la base de la suposición de que durante la operación estable de funcionamiento del turbogrupo, las magnitudes de las vibraciones absolutas medidas en los cojinetes de las chumaceras dependen y/o se ven influenciadas por las alteraciones en la magnitud de los parámetros de proceso. Es conocido, que en algunos fenómenos aleatorios el resultado de interés puede ser caracterizado mediante una variable aleatoria, mientras que en otros se requieren dos o más variables para describir el resultado observado. [2, 5].

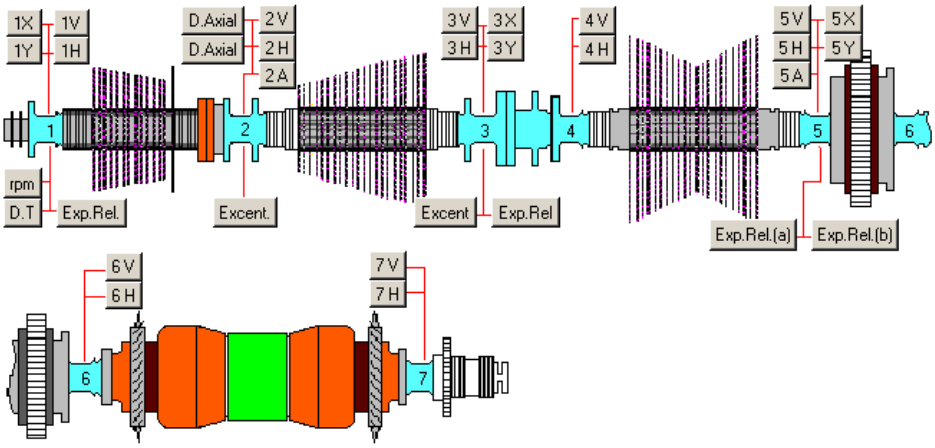

Figura. 1: Representación esquemática de las posiciones de medición de los parámetros controlados por uno de los sistemas de monitoreado *on-line* del turbogrupo.

En la Tabla 1 se muestra para las chumaceras de un turbogrupo de pequeña capacidad de generación, el parámetro de proceso que tecnológicamente está relacionado con la vibración absoluta medida en las chumaceras, basado en el criterio de los especialistas en turbina y diagnóstico y en la experiencia práctica de operación, diagnóstico y mantenimiento [5]. Se ha determinado que de la chumacera uno a la seis, las vibraciones absolutas tienen un comportamiento más sensible, respecto a la variación de los parámetros de proceso, para éste tipo de máquina en particular, según se muestra en la tabla 1. [5]

Leyenda de la tabla 1

X primer nivel de referencia de la influencia del parámetro de proceso en cada una de las chumaceras

* segundo nivel de referencia de la influencia del parámetro de proceso en cada una de las chumaceras

La investigación se había previsto solicitando el control piloto de una unidad de pequeña capacidad de generación para realizar pruebas provocadas o cambios dirigidos al estado funcional de la turbina (turbogrupo), de forma tal que se obtuvieran alteraciones de un parámetro de proceso, manteniendo los demás controlados y constante en sus rangos y analizar estadísticamente de que forma influye ésta alteración en el comportamiento de la magnitud de la vibración absoluta [2, 5]. Por razones obvias de protección de ésta maquinaria no se obtuvo éste control piloto, por lo que el estudio se centró en la información obtenida de las bases de datos de los sistemas de monitoreado *on – line*, donde se tuvo en cuenta los períodos de funcionamiento estables del turbogrupo y dentro de estos, los períodos de cambios ocasionales que se presentaron durante el tiempo en que se realizó la investigación. En el período de análisis sólo se registraron alteraciones significativas en el comportamiento de los niveles de vibraciones absolutas en las chumaceras cinco y seis y para las cuales sólo manifestaron cambios un pequeño grupo de parámetros de proceso, por lo tanto se decidió incluir sólo los parámetros de proceso que manifestaron cambios, los cuales se exponen a continuación: [5]

1. Temperatura del vapor a los sellos de baja presión.
2. Temperatura del agua del mar.
3. Presión de vapor vivo ante turbina.
4. Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión.
5. Carga activa del generador.

Se recopilaron los datos correspondientes a las chumaceras cinco y seis; donde se registraron con mayor frecuencia perturbaciones en las magnitudes de las vibraciones absolutas, se excluyeron los periodos de arranque y paradas, debido a comportamientos no homogéneos y a que no es recomendable su uso para éste estudio estadístico. Previo a la ejecución de corridas con el software estadístico fue necesario la conversión personalizada de las bases de datos de los sistemas de monitoreado *on line* a un formato estándar, donde se incluyo la revisión de los valores y la reconversión de los códigos de las variables por nombres manejables, para su fácil empleo. Se llevo a cabo el análisis estadístico por regresión para determinar si existe o no relación matemática y saber a que modelo se ajusta (lineal, polinomial, exponencial y otros) en caso de que exista. Para comprobar si el modelo matemático en el

análisis es el ideal para el ajuste; se realizó el análisis de los residuos para determinar la idoneidad del ajuste por el método de los mínimos cuadrados. [5]

		Chumaceras						
Parámetros a controlar.		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1) Temperatura del vapor vivo a la entrada de la turbina.		*						
2) Presión de vapor vivo ante turbina.		X						
3) Temperatura del vapor a la entrada del cilindro de media presión de la turbina.					*	X	X	
4) Presión del vapor a la entrada del cilindro de media presión de la turbina.					*	X	X	
5) Vacío en el condensador.					X	X	X	
6) Temperatura del metal conducto de escape.					X	X	X	
7) Flujo de vapor vivo entrada a la turbina.		*	*	*				
8) Temperatura del vapor recalentado entrada de la turbina.			*	*	*	*		
9) Nivel del condensado en el condensador.					X	X	X	
10) Porcentaje de apertura del regulador de presión en el deareador.		X						
11) Temperatura de vapor en los sellos de baja.				X	X	X		
12) Temperatura de vapor en los sellos de alta.		X	X	X				
13) Presión en los sellos de alta presión.		X	X	X				
14) Presión en los sellos de baja presión.				X	X	X		
15) Niveles en los calentadores de baja presión (CBP).			X	X				
16) Expansión relativa entre los rotores y la carcasa en cada cilindro.	CAP	X	X					
	CMP		X	X	*	*		
	CBP					*		
17) Temperatura del aceite de lubricación.		X	X	X	X	X	X	X
18) Temperatura del agua de mar.				*	X	X	*	
19) Presión del aceite de lubricación.		X	X	X	X	X	*	*
20) Carga activa del generador.		X	X	X	X	X	X	X
21) Corriente de excitación.						*	*	*
22) Dilatación térmica total del turbo grupo.		*	*	*	*	*		

Tabla 1: Parámetros de proceso que influyen en cada una de las chumaceras del turbogrupo. [5]

4. Análisis estadístico.

Para el análisis estadístico se toma como variable dependiente el parámetro vibración absoluta en la dirección vertical, horizontal y axial, en la chumacera cinco y vibración absoluta en la dirección vertical y horizontal, en la chumacera seis. Como variables independientes los parámetros de proceso seleccionados para éste análisis. Se muestra a continuación las correlaciones analizadas, las cuales produjeron 25 corridas con el software estadístico empleado. [5]

Carga activa del generador vs. vibración vertical de la chumacera 5
Carga activa del generador vs. vibración horizontal de la chumacera 5
Carga activa del generador vs. vibración axial de la chumacera 5
Carga activa del generador vs. vibración vertical de la chumacera 6
Carga activa del generador vs. vibración horizontal de la chumacera 6
Presión de vapor vivo ante turbina vs. vibración vertical de la chumacera 5
Presión de vapor vivo ante turbina vs. vibración horizontal de la chumacera 5
Presión de vapor vivo ante turbina vs. vibración axial de la chumacera 5
Presión de vapor vivo ante turbina vs. vibración vertical de la chumacera 6
Presión de vapor vivo ante turbina vs. vibración horizontal de la chumacera 6
Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión vs. vibración vertical de la chumacera 5
Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión vs. vibración horizontal de la chumacera 5
Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión vs. vibración axial de la chumacera 5
Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión vs. vibración vertical de la chumacera 6
Presión de vapor en la entrada del cilindro de media presión vs. vibración horizontal de la chumacera 6
Temperatura del vapor en los sellos de baja presión vs. vibración Vertical de la chumacera 5
Temperatura del vapor en los sellos de baja presión vs. vibración horizontal de la chumacera 5
Temperatura del vapor en los sellos de baja presión vs. vibración axial de la chumacera 5

Temperatura del vapor en los sellos de baja presión vs. vibración vertical de la chumacera 6
Temperatura del vapor en los sellos de baja presión vs. vibración horizontal de la chumacera 6
Temperatura del agua de mar vs. vibración vertical en la chumacera 5
Temperatura del agua de mar vs. vibración horizontal en la chumacera 5
Temperatura del agua de mar vs. vibración axial en la chumacera 5
Temperatura del agua de mar vs. vibración vertical en la chumacera 6
Temperatura del agua de mar vs. vibración horizontal en la chumacera 6

La base de datos empleada para ésta investigación no es de manejo público, por razones de seguridad de la empresa.

La base de datos para ejecutar estas corridas estuvo conformada por 60 muestras de cada parámetro de proceso seleccionado y del parámetro vibración absoluta en la dirección vertical, horizontal y axial, en la chumacera cinco y vibración absoluta en la dirección vertical y horizontal, en la chumacera seis, todas correspondientes al mismo día, tomadas a intervalos de 3-4 segundos, abarcando en total 3 minutos de medición [5].

En las figuras 2 y 3 se muestran los resultados de dos de las 25 corridas llevadas a cabo con el software estadístico. No se mostrarán todas las corridas por razones obvias de extensión del texto.

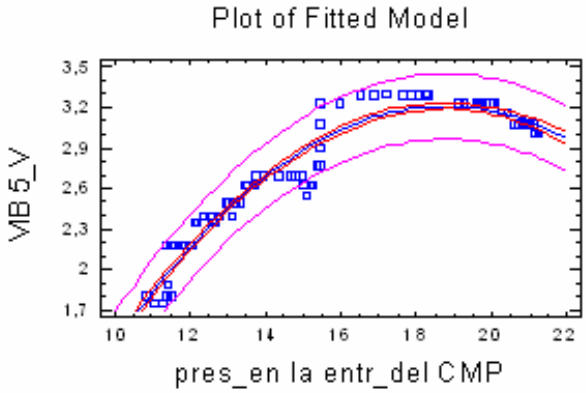

Fig. 2: Gráfico presión en la entrada del cilindro de media presión versus vibración vertical en chumacera cinco. [5].

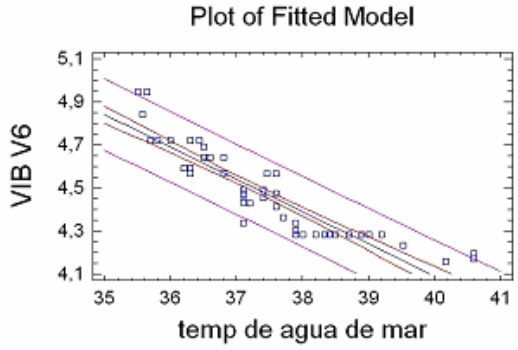

Fig. 3: Gráfico Temperatura de agua de mar versus vibración vertical de la chumacera seis. [5]

Interpretación matemática. [5]

Para el gráfico presente se aprecia una relación matemática ajustada a un modelo polinomial entre la presión en la entrada del cilindro de media presión (C.M.P.) y la vibración absoluta vertical en la chumacera cinco. En el análisis resumen se observa que el coeficiente de determinación es elevado (por encima de 93 %); los errores son menores que la unidad, dando bajos los valores de los residuos y sus desviaciones estándares, los residuos se ajustan a una distribución normal. Según el análisis descriptivo realizado a estos, el ajuste es el idóneo. Con el estadígrafo "Razón – F" elevado y la probabilidad asociada a él ("Valor – P" menor que 0.05), se reafirma que entre las variables (parámetros) existe una relación estadísticamente significativa, cuando la presión en la entrada del cilindro de media presión cambia desde 10 a 21 atmósferas provocando que la vibración absoluta vertical en la chumacera cinco varíe desde 1.7 mm/s hasta 3 mm/s con un 99 % de confianza. Relación ajustada a un modelo polinomial, cuya ecuación es: VIB 5_V = -4,86412 + 0,86041* pres_en la entr_del CMP-0,0229277 * pres_en la entr_del CMP^2

Interpretación matemática.

En le gráfico se aprecia que la relación matemática entre la temperatura del agua de mar con respecto a la vibración absoluta vertical en la chumacera 6, se ajusta a un modelo lineal con un coeficiente de correlación alto (por encima de 0.9), el coeficiente de determinación (Cuadrado - R) es superior al 83 %; reflejando cuanto se ajusta la curva real al modelo. Los errores tienen valores menores a la unidad (bajos), por lo tanto los valores medios de los residuos y sus desviaciones estándar son mínimos.

Se realizó el análisis descriptivo donde se determinó que se ajustan a una distribución normal, reafirmando que el ajuste es el idóneo. La probabilidad asociada al estadígrafo "Razón – F" que es "Valor – P", al ser menor 0.05 indica que entre las variables existe una relación estadísticamente significativa, con un nivel de confianza de un 99 %, o sea, lo antes dicho se cumple, cuando la temperatura del agua del mar cambia de 35 a 41 grados Celsius, la vibración absoluta vertical en la chumacera seis varía de 5 mm/s a 4.1 mm/s, describiendo una curva que se ajusta a un modelo lineal, cuya ecuación es: VIB V6 = 10,0927 - 0,150072 * temp. del agua de mar.

5. Análisis de los resultados.

En el periodo de análisis se registraron desviaciones de los valores de los parámetros de proceso y de la vibración absoluta en chumacera, que al ser procesadas estadísticamente produjeron modelos matemáticos (regresión lineal o polinomial). Se obtuvieron resultados de relación estadística entre parámetros para casos en que ésta relación no tiene ningún sentido tecnológico o no se ha encontrado alguna explicación lógica al efecto para fundamentar éste fenómeno de relación estadística. También se obtuvieron resultados de modelación matemática sin relación estadística, con parámetros que sí tienen relación tecnológica o alguna relación conocida. Se obtuvo casos en los que existe relación estadística y tecnológica entre los parámetros analizados. En la Tabla 2 se muestra el resumen de las relaciones estadísticas y tecnológicas entre los parámetros de proceso analizados y las vibraciones absolutas [5].

Interpretación de la relación tecnológica entre las vibraciones absolutas analizadas y los parámetros de proceso seleccionados.

Influencia tecnológica de la temperatura del agua de mar en las vibraciones de la chumacera cinco y seis: El agua de mar es el líquido utilizado para el enfriamiento del vapor de escape de la turbina por el interior de los tubos del condensador, el aumento de la temperatura del agua del mar es producto a las incrustaciones de microorganismos y diminutas partículas que contiene dicho fluido que, a su paso se adhiere a la superficie

Tabla 2: Resumen de las relaciones entre los parámetros tecnológicos y los vibro acústicos [5]

Parámetros		Relación estadística	Relación tecnológica
Variables dependientes	Variables independientes		
Vibración absoluta vertical en la chumacera 5	Carga activa	Sí	Sí
	Presión ante turbina	Sí	No
	Presión en la entrada del cilindro de media presión	Sí	No
	Temperatura del vapor en los sellos de baja presión	Sí	Sí
	Temperatura del agua de mar	No	Sí
Vibración absoluta horizontal en la chumacera 5	Carga activa	No	Sí
	Presión ante turbina	No	No
	Presión en la entrada del cilindro de media presión	No	No
	Temperatura del vapor en los sellos de baja presión	No	No
	Temperatura del agua de mar	Sí	No
Vibración absoluta axial en la chumacera 5	Carga activa	No	Sí
	Presión ante turbina	No	No
	Presión en la entrada del cilindro de media presión	No	No
	Temperatura del vapor en los sellos de baja presión	Sí	Sí
	Temperatura del agua de mar	Sí	No
Vibración absoluta vertical en la chumacera 6	Carga activa	Sí	Sí
	Presión ante turbina	Sí	No
	Presión en la entrada del cilindro de media presión	Sí	No
	Temperatura del vapor en los sellos de baja presión	No	Sí
	Temperatura del agua de mar	Sí	Sí
Vibración absoluta horizontal en la chumacera 6	Carga activa	Sí	Sí
	Presión ante turbina	No	No
	Presión en la entrada del cilindro de media presión	Sí	No
	Temperatura del vapor en los sellos de baja presión	No	Sí
	Temperatura del agua de mar	No	No

interior de los tubos, reduciendo el flujo del refrigerante agua de mar), aumentando el espesor de pared de estos; fenómeno que incita al incremento de la resistencia al intercambio de calor entre el vapor de escape de la turbina con el agua de mar que circula por los tubos, por tanto existirá menos cantidad de agua de mar para enfriar una misma cantidad de vapor que circula por el exterior de los tubos permitiendo que el agua se caliente más y el vapor se enfríe menos causando que disminuya la capacidad de condensación. Esto provoca que en el interior del condensador se incremente la temperatura, dando lugar a que la eficiencia de la turbina se afecte, obligando al personal a realizar la limpieza del condensador, debido a que el vacío del mismo se empeora. Como la limpieza se realiza en secciones por separado, la sección que sale de servicio por la limpieza se descarga y al existir esa diferencia en la distribución de masa, ocurre una deformación en la geometría del cuerpo del condensador, pero como se encuentra apoyado en un fundamento de hormigón, el desplazamiento lineal tiene que ser en la dirección vertical hacia arriba lo que provoca que la chumacera, que este situada encima de la región del desplazamiento se desplace en la misma dirección, haciendo que disminuya la carga específica que disminuyen los grados de libertad y por consiguiente disminuyen los niveles de vibración; caso contrario ocurre en las chumaceras vecinas.

Influencia tecnológica de la temperatura del vapor en los sellos de baja presión en las vibraciones absolutas de la chumacera cinco: La variación de la temperatura del vapor en los sellos de baja presión provoca contracción y dilatación térmica de los sellos, estas variaciones bruscas de temperatura o temperaturas fuera de rango provocaran roce con el rotor, por lo que la variación de la temperatura en zonas locales del rotor debido a roce con los sellos, provocara flexión del rotor, lo cual origina desbalance producto del cambio en la distribución de masa del rotor, este desbalance origina alteración del parámetro vibración absoluta en la dirección vertical y horizontal. En cuanto a la chumacera seis, este efecto es indirecto por encontrarse la chumacera cinco y seis cohabitando en el mismo pedestal.

Influencia tecnológica de la presión del vapor a la entrada del cilindro de media presión en las vibraciones absolutas de las chumaceras cinco y seis: Se ha comprobado empíricamente que la presión del vapor en la entrada del cilindro de media presión aumenta en función de la carga y no influye directamente en el estado vibracional en la zona analizada, por tanto la alteración de los niveles de vibración se debe a la variación de carga que este experimentando la turbina.

Influencia tecnológica de la presión ante turbina en las vibraciones absolutas de la chumacera cinco y seis: Realmente no se ha encontrado ninguna relación donde se involucre este parámetro en cuanto a la influencia en comportamiento de las vibraciones absolutas en dichas chumaceras, por lo tanto, fue incluida en el análisis para despejar dudas. La relación estadística encontrada causo sorpresa.

Influencia tecnológica de la carga activa en las vibraciones absolutas de las chumaceras cinco y seis: Los niveles de vibraciones tienen una tendencia a disminuir con el incremento de la carga, porque la máquina se está estabilizando en cuanto a su régimen de trabajo (sincronizado).

Valoraciones sobre el estudio realizado.

El análisis estadístico y tecnológico de las correlaciones entren parámetros ha permitido un acercamiento a una respuesta lógica aproximada de como analizar o interpretar la relación entre los parámetros de proceso y el parámetro vibración absoluta. Actualmente no existe en la totalidad de los casos un volumen de experiencia acumulada que, en la práctica, permitan obtener respuestas aproximadamente certeras o confiables, por lo tanto se ha expuesto una forma de análisis de estas relaciones. De éste estudio surgen cuestionamientos acerca de como enfocar el establecimiento de condiciones para el análisis de la correlación entre parámetros y para la cual puede ser requerida otra metodología de investigación. Algunas de estas condiciones son: periodo de tiempo necesario para la toma de muestras la cual permita identificar esta relación (un día, una semana, quince días, etc.), intervalo de tiempo necesario entre muestras que permita identificar esta relación (mediciones cada ½ h, 1h, 2h, etc.), tiempo de respuesta entre que ocurra la causa (variación del parámetro de proceso) hasta que se manifieste el efecto (variación del parámetro vibración absoluta) y rango de variación de cada parámetro de proceso que permita aseverar que existirá un cambio en la magnitud del parámetro vibración absoluta. Además los resultados mostrados sobre relación tecnológica entre parámetros están avaladas sólo por la experiencia práctica de los especialistas y no por modelos matemáticos que justifiquen ésta relación. En este estudio no pudo ser valorado el caso en que una alteración o cambio físico en el turbogrupo (como por ejemplo: mantenimiento de cualquier tipo, paradas, arrancadas, rediseño, cambio de aceite en las chumaceras entre otras), pueda ser motivo para que entre dos parámetros, cambie o no su relación estadística, al verse modificada su relación mecánico – dinámica – funcional y por ende el modelo matemático que describe la relación estadística entre ellos.

6. Conclusiones.

Los resultados reflejados en la tabla No 2 muestran que las vibraciones absolutas en la dirección vertical de

la chumacera cinco y seis presentan mayor número de relaciones estadísticas con los parámetros de proceso seleccionados que las vibraciones absolutas en la dirección horizontal para las mismas chumaceras y que la vibración axial en la chumacera cinco, mientras que, la vibración absoluta en la dirección horizontal para ambas chumaceras, incluyendo la vibración axial en la chumacera cinco, presentan mayor número de coincidencias en cuanto a correlación estadística – tecnológica y no correlación estadística ni tecnológica. Además, las vibraciones absolutas en la dirección vertical de la chumacera cinco y seis presentan mayor número de relaciones tecnológicas comparadas con las vibraciones absolutas en la dirección horizontal para las mismas chumaceras y que la vibración axial en la chumacera cinco. Resulta esperado no haber obtenido relación estadística entre el parámetro de proceso "presión ante turbina" y la vibración absoluta horizontal en la chumacera cinco y seis, incluyendo la vibración axial en la chumacera cinco, cuando tecnológicamente no existe alguna relación conocida, sin embargo, resulto desconcertante haber obtenido existencia de relación estadística entre éste parámetro de proceso y la vibración absoluta vertical en la chumacera cinco y seis, es decir se obtuvo relación estadística en la dirección vertical pero no en la horizontal..

El resultado de éste estudio, aún no permite aseverar con plena certeza, que exista relación estadística o no entre los parámetros de proceso y la vibración absoluta en las chumaceras. No obstante los parámetros de proceso que muestren una correlación con los parámetros vibratorios (tanto estadística como tecnológica), serán los recomendados para formar parte del sistema de gestión de turbina. La selección de los parámetros de proceso y de los parámetros vibratorios más propensos a estar correlacionados estará condicionada por las características particulares de comportamiento mecánico – dinámico – funcional de cada turbina y es el usuario de la máquina el encargado de personalizar ésta selección.

7. Bibliografía.

[1] Bognatz Stanley R. The importance of integrating critical process data in your mchinery management system. Bently Nevada Corporation. Magazine Orbit. 1998. http: // www. Bently.com/articlea/1298bog. asp

[2] Cintado Hidalgo, Raciel. Estudio de la influencia de los parámetros de explotación en las vibraciones absolutas de las chumaceras durante la operación de un turbogrupo de 100 MW de la Central Termoeléctrica "Máximo Gómez" (Mariel). Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Mecánico. CEIM. Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAEW. Junio 2003.

[3] De la Torre Silva, Francisco. Características vibro acústicas más significativas de los turbo grupos de 100 MW. Artículo Proceedings CCIM 2000. II Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica y Metalurgia. ISBN 959-261-010-X. CUJAE. CUBA.

[4] De la Torre Silva, Francisco. Estudio para la evaluación del estado técnico de los turbogrupos de 64 y 100 MW a través de técnicas de monitorado continuo. Tesis presentada en opción al título de maestro en ciencias técnicas en Ingeniería de Mantenimiento. Centro de Estudios Innovación y Mantenimiento (CEIM). Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAE- 1997. Ciudad de la Habana. Cuba.

[5] Nieves Quintana, Eddy. Estudio para la determinación de la relación estadística entre los parámetros de vibración absoluta y los parámetros tecnológicos de los turbogrupos de 100 MW de la Central Termoeléctrica termoeléctrica "Máximo Gómez" (Mariel). Trabajo de diploma presentado en opción al título de Ingeniero Mecánico. CEIM. Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAEW. Junio 2004.

[6] Ray Beebe. Condition monitoring of steam turbines by performance analysis. This paper was originally presented at the 52nd Conference of the Machinery failure prevention society; Virginia Beach; April 1998. Consultado 18/09/2002 en sitio Web: Plant maintenance resouce center. http://www.plant-maintenance.com/maintenance_articles.shtml.

Influence of process parameters of the behaviour of absolute vibration parameters in steam turbine.

Abstract

This work show the estudy in small steam turbine capacity of generation in cubans thermoelectric power station to relative with statistical influence between steam process parameters regarding absolute vibration parameter, in the steam housing measurements. Themselves use database as steam on-line monitoring systems. Expose the existing relation between the principal selection parameters for this study.

Key Words: On.line monitoring, Condition monitoring, Process parameters, Absolute vibration, Steam Turbine.