

RATIFICANDO LO MUY ACERTADAS DE LAS MEJORAS AL BALANCINDIAGBELL18 GARANTIZAN MENOS DE TRES CORRIDAS: HERRAMIENTA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL PARTEII

Autor:

Ing. Cástulo Vázquez Núñez, Profesor Asistente, Adjunto a la Universidad "Julio Díaz González" de Artemisa, Especialista, Master en Educación Superior, Ingeniero Electromecánico, Certificado en Análisis de Vibraciones, 2da categoría, Central Termoeléctrica Máximo Gómez Báez, Mariel, Esp. A en Diagnóstico Vibroacústico, Calle 90 S/N, Boca, Mariel, castulo@ctemg.une.cu

INTRODUCCIÓN:

La materialización del mantenimiento proactivo en la explotación de los equipos en la Central Termoeléctrica "Máximo Gómez" del Mariel ha permitido alargar la vida útil de los ventiladores como elemento principal en el Sistema de Tiro Balanceado y elevar la eficiencia en el trabajo de los equipos rotatorios mediante la introducción de la herramienta *Balancindiagbell18* en el Diagnóstico eficiente, eficaz y seguro de los ventiladores de caldera.

Palabras claves: Mantenimiento, diagnóstico

PROBLEMA:

Se desconocía como evitar proactivamente la falta de sostenibilidad de los equipos por empeoramiento drástico de la condición de equilibrio.

SOLUCIÓN:

Recomendar el balanceo proactivo de los rodets mediante las acciones recogidas en el Balancindiagbell18 con sus últimas mejoras para con mayor efectividad mantenerlos dentro de los rangos establecidos por vibraciones en el *Vibcombdiagbell17* para un diagnóstico eficiente, eficaz y seguro de los ventiladores de caldera.

MATERIALES Y METODOS:

El Balancindiagbell18 persigue los objetivos de fijar las acciones que optimizan y racionalizan el balanceo en un VTI y VTF con los equipos en poder de los miembros del grupo de Diagnóstico que constituyen mejoras para la sostenibilidad del trabajo eficiente y eficaz de los ventiladores con respecto a los otros métodos existentes para impedir confusiones, falsas interpretaciones y equivocaciones durante el balanceo.

Mucho se experimentado desde el 2014 para lograr una herramienta metodológica que permita racionalizar las acciones y optimizar los recursos para el restablecimiento de parámetros y su rápida devolución al sistema eléctrico nacional por lo que significar en el menor de los casos más del 40% de la carga de una unidad de 90 MW.

El Balancindiagbell18 optimiza y racionaliza el balanceo de un ventilador en menos corridas (tres-cuatro [3-4] corridas) mediante tres factores:

- 1.- Metodología racionalizada.
- 2.- Stock o mochila para el balanceo.

3.- Conjunto de pesos. [De prueba y balance].

1.- Metodología racionalizada.

Por Metodología racionalizada para un balanceo eficiente, optimizado y racionalizado mediante el empleo del Vibxpert se dictan las siguientes mejoras y acciones:

- Utilizar y mantener como cero imaginario a la chaveta del copling del eje del motor. [Aprovechar cada parada de bloque para restablecer la cinta indicadora en eje del rotor del motor] Esta mejora permite el seguimiento de la corrección del balanceo a través del tiempo disminuyendo sensiblemente el tiempo de balanceo mediante menos corridas de corrección.
- Efectuar la corrida inicial en fase preparatoria antes de la parada definitiva del ventilador.
- Calcular de antemano el cuadrante sensible y el sector de posible balance. [El Balancindiagbell18 como mejora permite emplear el histórico de forma consecutiva todos los balanceos de un mismo equipo].
- Contemplar que cada 36.155g de peso se logra balancear 0,5 mm/s de desbalance en los ventiladores.
- Colocar siempre el peso prueba en los grados de la fase obtenida en la corrida inicial a los equipos que no tengan historial mediante el Balancindiagbell18 (última mejora introducida). [En caso de tener histórico compatibilizar las corridas con peso de balance Pb_n (2-3 corridas incluyendo la inicial).
- Determinar la chumacera a balancear [en un plano] o las chumaceras [en dos planos].
- Determinar el giro correcto del rodete.(Siempre hacia adentro de la caldera, mejora muy importante en el éxito del balanceo).
- Determinar y emplear en cada ventilador la distribución de grados y centímetros en cada alabe según el "0". Representarlos en el rodete y en el Diagrama Polar.
- Representar el "0" y el giro del rodete de la chumacera(s) base(s) del balanceo en el Diagrama Polar, en la pared de la chumacera a balancear y en el plano del rodete a colocar los pesos (prueba y de balance).
- Representar primero al Pp_{n-1} en el Diagrama Polar para interpretar correctamente su fijación en el rodete con respecto al "0" y al giro del rodete.
- Fijar al Pp_{n-1} en el alabe correspondiente del rodete después de convertir la fase del Pp en centímetros mediante una calculadora y regla de tres [Para VTI se determina $32.72^0 = 65\text{cm}$ para una relación de $1^0 = 1,985\text{ cm}$; para VTF se determina $40^0 = 88\text{ cm}$ para una relación de $1^0 = 2,2\text{ cm}$] (Mejora determinante en la colocación precisa del Pp .)
Ej:
 $Pp_x = 420\text{g}/245^0$
 $245^0/32.72^0 = 7\text{ alabas con }0.48^0 = 7\text{ alabes con }[32,720 \times 0,48 = 15.71^0]$.
Regla de tres: $32.72^0 = 65\text{ cm}$
 $15.71 = X$
 $X = 15.71 \times 65\text{ cm} / 32.72 = 31.2\text{ cm}$ ó $15,71 \times 1,985\text{cm} = 31,18\text{ cm}$
R/ Colocar el Pp_{n-1} después del 7mo alabe a la distancia aproximada de 31,2 cm por el perímetro del rodete.
- [Mejora importante] Realizar como mínimo dos mediciones por cada corrida para comparar parámetros obtenidos y confirmar amplitud y fase del desbalance o punto de balance.

- Obtener los valores globales y los espectros después de cada corrida antes de detener el ventilador. Registrarlos.
- Actualizar constantemente el Diagrama Polar.
- Elaborar el informe de balance correspondiente al equipo balanceado donde aparezcan los siguientes datos:
 - ✓ Equipo.
 - ✓ Fecha y hora.
 - ✓ Ejecutantes.
 - ✓ Dirigente del balanceo.
 - ✓ Resultados de la corrida inicial con amplitud y fase del desbalance, $[A_0]$.
 - ✓ Datos del peso de prueba inicial con peso y fase dada por el equipo.
 - ✓ Peso prueba utilizado realmente y fase en el rodete donde se puso
 - ✓ Resultado de las siguientes corridas con amplitud y fase del desbalance residual, $[A_x]$, datos del Pp_{n-1} con peso y fase, propuestos por el Vibxpert, Pp_{n-1} utilizados realmente y fase de colocación medidas con cintas métricas sobre el rodete. Valores globales medidos después de cada corrida y el espectro correspondiente.
 - ✓ Datos del Pp final propuesto por Vibxpert y no empleado.
 - ✓ Conclusiones del balanceo.
 - ✓ Firma de los participantes.
- Actualizar los expedientes con el informe del balanceo.
- Consultar la base de datos antes de cada balanceo.
- Realizar trabajo de mesa con el equipo de balanceo.
- Generalizar las experiencias en trabajo de mesa del grupo.
- Rectificar, enriquecer esta propuesta [ya ejecutada por algunos miembros del grupo de Diagnostico].

2.-Estado del VTF B8 antes de la salida para Mto el 15/08/22.

Fig.1 Ventilador de tiro forzado B-8 el15/08/22

Dirección	Parte del Motor		Parte de la Bomba	
	Chumacera No1	Chumacera No2	Chumacera No3	Chumacera No4
Vertical	1,1	3,3	5,6	4,4
Horizont.	0,7	1,2	6,6	6,3
Axial	1,8	1,8	3,2	3,2
SP.	-8/1	-10/0	-6/4	-10/-10
Temperatura	50	46	62	63

Como se aprecia las vibraciones y el ruido junto a la temperatura del motor en el VTF B8 son buenas, En el rodete la horizontales de la ch-3 y la ch-4 está en niveles de alarma por el Vibcomdiagbell17. La temperatura no llega a 70° .

3.- Balanceo del VTF B8 el 17/08/22.

Empleando la metodología del Balancindiagbell18 se realizó el balanceo. El balanceo permitió disminuir sustancialmente las vibraciones.

Acciones reales del Balanceo del VTF B8:

Datos iniciales:

- Cant. De álabes= 9.
- $A^0 / \text{álabes} = 40^0$.
- $D / \text{álabes} = 88 \text{ cm}$.
- $D / A^0 = 2,2 = (1^0 = 2,2 \text{ cm})$.
- $\text{RPM} \times f = 894 \times 60 \text{ Hz} = 14,9 \text{ Hz}$.
- $\alpha^0 = 36,155 \text{ g} \times 0,5 \text{ mm/s}$.

Ej $D = 4,816 \text{ mm/s} / 336^0$.

Calculo del $P_p = 4,816 \text{ mm/s} / 0,5 \text{ mm/s} = 9,6 \text{ mm/s} \times 36,155 \text{ g} = 348 \text{ g} \rightarrow 373 \text{ g}$.

Cálculo de la Posición del $P_p = 336^0 / 40^0 = 8,4 \text{ álabes} = 8 \text{ álabes} + 0,4 \text{ álabes}$.

$4,816 \text{ mm/s} / 336^0 = 4,816 \text{ mm/s} / 8 \text{ alabes} \text{ y } 0,4 \text{ alabes} \rightarrow 4,816 \text{ mm/s} / 8 \text{ alabes y } (336^0 / 40^0 = 8 \text{ alabes y } 16^0)$

$40^0 \rightarrow 88 \text{ cm}$

$16^0 \rightarrow X$

$x = 16^0 \times 88 \text{ cm} / 40^0 = 35,2 \text{ cm}$. Que es igual a $16^0 \times 2,2 \text{ cm} = 35,2 \text{ cm}$.

Cálculo de la Posición del P_p : $373 \text{ g} / 336^0$ (En el 8vo álabes y 35,2 cm hacia el 9no álabes).

Ira corrida.- Sin P_p .

4H Fase= 6,084 mm/s

4 H 170822 $D_1 = 4,174 \text{ mm/s} / 194^0$.

4H 170822-1 " D_1 " = $4,158 \text{ mm/s} / 194^0$

Valores globales: 4H= 5,903 mm/s; 4EH=4,281 mm/s a 15,00 Hz (1); 2,444 mm/s a 68,75 Hz (2); 1,485 mm/s a 29,75 Hz (3); RMS= 5,445 mm/s.

RPM= 894;

Se observan diferencias entre los valores globales, la Fase y los Desbalances. Para el cálculo del P_{p1} se decidió tomar las globales

$P_{p1} = 5,903 \text{ mm/s} / 0,5 \text{ mm/s} = 11,806 \times 36,155 \text{ g} = 426,845 \text{ g}$.pero como tenemos peso estandarizados de 398g tomamos uno $\rightarrow P_{p1} = 398 \text{ g}$. Sabemos que son casi 30g menos.

Si tomamos el mayor desbalance $D_1 = 4,174 \text{ mm/s} / 194^0 \rightarrow P_{p1} = 4,174 \text{ mm/s} / 0,5 \text{ mm/s} = 8,348 \times 36,155 \text{ g} = 301,821 \text{ g}$ el cual es mucho menor (casi 125g menos).

Decididamente ubicaremos el P_{p1} en la marcación (o Fase) del Desbalance (194^0).

Entonces escogemos como el $P_{p1} = 398 \text{ g} / 194^0$.

Calculando su ubicación en el rodete tenemos: $194^0 / 40^0 = 4 \text{ álabes} + (0,85 \times 40^0 \times 2,2 \text{ cm}) \text{ álabes} = 4 \text{ álabes} + 74,8 \text{ cm}$ hacia el 5to álabes.

Llevamos a la chaveta a la horizontal, mitad del eje. Representamos el 0^0 en el caracol que coincide con la mitad de su cuerpo y frente a ese 0^0 lo dibujamos en la cara del rodete. El 0^0 cae a 71 cm del próximo alabe ($32,27^0$) siguiendo el giro del rodete hacia adentro (hacia la caldera), el giro del rodete coincide contra la manecilla del reloj por lo que vamos girando al rodete enumerando primero a los alabes y después al lado anotamos los grados correspondientes.

El P_{p1} lo fijamos en ($32,27^0$ hasta el 1er alabe + 40^0 hasta el 2do alabe + 40^0 hasta el 3er alabe + 40^0 hasta el 4to alabe + 40^0 hasta el 5to alabe = $192,27^0$; entonces determinamos cuantos grados del 5to alabe hacia el 6to alabe = $194^0 - 192,27^0 = 1,73^0$ que significan $1,73^0 \times 2,2 \text{ cm} = 3,806 \text{ cm}$ por lo que fijamos al P_{p1} a 4 cm del 5to alabe hacia el 6to alabe.

2da corrida. - $Pp_1 = 398g/194^\circ$.

$D_2 = 0,317 \text{ mm/s}/256^\circ$; Sin quitar peso Pide poner masa= 31,3g/260⁰.

“ D_2 ” = 0,311 mm/s /263⁰, Sin quitar peso Pide poner masa= 30,4g/267⁰.

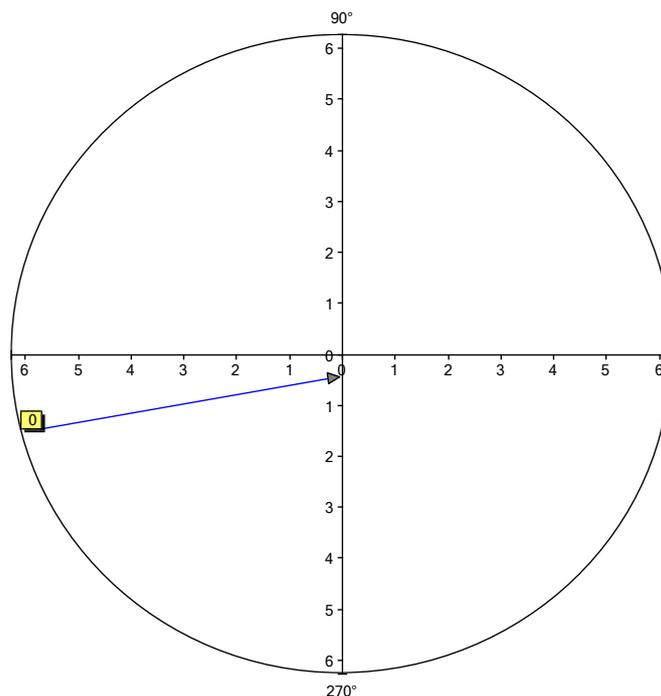
El desbalance se ha reducido casi a 0⁰

Este balanceo ratifica la certeza de las acciones contenidas en mejoras realizadas en el Balacindiagbell18 y se coloca como el 2do mejor después de lo logrado en el VTI B7 el 29/03/21 que concluyo en 0,043 mm/s /207⁰.

Se realizó solo una corrida con peso Pp_1 , en total solo dos corridas. Excelente.

Fig. 1.- Diagrama del balanceo del VTF B8 del 17/08/22.

v op [mm/s] Eq. Aux. MG8\VTF B8\4H\4H 170822-1.srbaov 17/8/2022 23:37:02



Ruta de Localización: CTE Máximo Gómez, Mariel\Eq. Aux. MG8\VTF B8\4H\4H 170822-1.srbaov

Número de Valores de Med.: 2

Tarea Med.:Máquina

Tipo de Med. :Balanceo

Unidad: mm/s (OP)

Fecha	Hora	Nº	Masa (g)	Pos. (°)	Amplitud	Fase (°)
17/8/2022	23:37:02	0	0.00	0	5.89	194
17/8/2022	23:37:02	1	398.00	194	0.44	263

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

El *Balancindiagbell18* se erige sobre la experiencia empírica del autor y la conciliación de todos los aportes teóricos del mismo en los últimos 6 años resultado de la mejora continua de su labor como Especialista en Diagnóstico Vibroacústico en la práctica diaria cuyo núcleo lo integran las posibilidades técnicas del equipamiento de Pruftechnik y el dominio creciente que aportan ciencias.

Los ventiladores son equipos de categoría B que influyen en la calidad y eficiencia del proceso productivo en una central eléctrica. Al encontrarse fuera de alistamiento determinan la disminución de la carga del bloque y por tanto afectan en consideración la producción de MW. Por ejemplo, un bloque que esté generando 90 MW y tenga que salir por una avería en un ventilador inducido produciéndose una disminución de la carga de un bloque de planta hasta 30-40 MW dejándose producir cerca de 50 MW por hora y estar fuera de servicio por 3h, dejaría de generar 150 MW-h. La producción de un MW es de 178,94 CUC, se dejaría de ingresar entonces un total de 26841CUC, además los inconvenientes de mantener un bloque en baja carga para la situación y limpieza de la caldera, peor sería la ocurrencia de una avería en el rodete de un VTI con la destrucción del caracol del VTI y la salida del bloque por más de 72 horas como mínimo por lo que significaría una pérdida de más de 1 159531 pesos.

Es importante durante un mantenimiento de cualquier tipo cumplir estrictamente las exigencias contempladas en las normativas del mantenimiento y más si se realiza un mantenimiento capital a un equipo de clasificación B como lo es un VTI. El balanceo de un VTI es una de las acciones más importantes realizada en su labor de Diagnóstico por los miembros del grupo.

Tener a mano al Balancindiagbell18 como herramienta con las mejoras, una metodología de acciones y el stock complementario junto a los pesos necesarios permitirá elevar la eficiencia en el balanceo de los tiros en el menor tiempo y logrando mantener a los tiros en el primer escalón de la norma con mínimas vibraciones para lograr la sostenibilidad de los ventiladores de caldera en su trabajo con eficiencia y eficacia.

Recomendaciones

1.- Mantener como herramienta de Diagnóstico en el grupo de Diagnóstico para elevar la explotación de los equipos rotatorios en la Central Eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Palomino Marin, Evelio. 2015. *Envuelto en el dilema de la envolvente. Notas Técnicas.* 2015.

Smith, Ricky. 2017. *Principios básicos sobre cojinetes.* 2017.

BIBLIOGRAFÍA

Berggren, Charles. 1988 . *Diagnosing Fault in Rolling Element Bearings – Part 1. Assesing Bearing Condition.* 1988 .

Entek Scientific Corporation. May, 1988.. *Set Alarm Levels Without Guess Work; Proceedings 12th Annual Meeting .* s.l. : The Vibration Institute, May, 1988.

Kruger, Willian. 2016. *Detectando fallas en rodamientos utilizando metodos de pruebas eléctricas y mecánicas de vibración .* Canada : s.n., 2016.

Lee, Greg. 2017. *Envolvente de la Aceleración.* Ludeca : s.n., 2017.

Ming , Xu. *Spike Energy and its applications” Shock and Vibrations Digest, Vol 27, No. 3.*

Palomino Marin, Evelio. 2015. *Envuelto en el dilema de la envolvente. Notas Técnicas.* 2015.

Smith, Ricky. 2017. *Principios básicos sobre cojinetes.* 2017.

Tylor, James . 2014. *Determination of Antifriction Bearing Condition by Spectral Analysis”; Sixth Series of Technology Interchange on Machinery Vibration Monitoring and Analysis; The Vibration Institute.*

Vázquez Núñez, Cástulo. 2014. Guía para determinar el cambio de rodamiento, ANIR, Innovación.

Vázquez Núñez, Cástulo. 2017. Cambio proactivo de un rodamiento: Generalización de la Guía. Destacado en Fórum 2017. CTE Máximo Gómez, Dirección Técnica.

Vázquez Núñez, Cástulo. 2017. Nuevos límites de severidad para motores de ventiladores de la caldera. ALTAE 2017. Palacio de Convenciones de C Habana, Cuba.

Vázquez Núñez, Cástulo. 2018. Vibcomdiagbell18. Relevante Fórum 2018 CTE MG

Vázquez Núñez, Cástulo. 2019. Balancindiagbell18 Presentado en ANIR 2019. Dirección Técnica.

Vázquez Núñez, Cástulo. 2022. Mejoras acertadas. Presentado en ANIR 2022. Dirección Técnica.

