Ingeniería Mecánica. Vol. 12. No.2, mayo-agosto de 2009, pag. 93-97 ISSN 1815-5944

Influencia del alineamiento en frío. Análisis y métodos de corrección

Y. M. Abreu-Rivero, F. de la Torre-Silva

Recibido el 12 de enero de 2008; aceptado el 14 de abril de 2009

Resumen

En trabajos realizados por el autor sobre la indisponibilidad de equipos auxiliares de turbina, en una central Termoeléctrica de 125 Mw, de procedencia checa, se detectó que uno de los equipos que mayor incidencia tenía en salidas de líneas, en los últimos años, ha sido el conjunto de alimentar. El mismo está compuesto por una bomba principal de múltiples etapas, un variador de velocidad (de acoplamiento hidráulico), un motor, un reductor de velocidades y una bomba auxiliar o bomba búster. [1]. Excesivos valores de vibraciones caracterizaron durante un período de tiempo, la explotación del conjunto de alimentar, hasta que el estudio y análisis de las representaciones espectrales y temporales de las mediciones de vibraciones tomadas en los apoyos del equipo, permitieron identificar que los defectos que las provocaban provenían de desalineamiento en los árboles del conjunto, manifestándose principalmente en valores de amplitudes altos del segundo armónico.

Luego de un estudio se llegó a la conclusión de que la desalineación era debido al incorrecto proceso de alineación en frío, ya que, hasta la fecha no se tenían en cuenta las dilataciones que sufrían los equipos en condiciones normales de trabajo, esta corrección se describe de forma breve y concisa en el siguiente trabajo, determinado los valores a los cuales se debe alinear este equipo.

Palabras claves: desalineación, vibraciones, bomba de múltiples etapas, central termoeléctrica.

Influence in rotating equipment of alignment in cool stage. Analysis and corrections methods.

Abstract

In works done by the author about needs in auxiliary turbine equipment, in an electric power station of 125 Mw (Czechoslovak made), it was detected that one of the greatest incidence over the unit line output in these last years was given by the group of feeding water to de boilers. This group consisted of the following pieces of equipment: a principal pump, a velocity changer (hydraulic coupled), a motor, a velocity reducer, and an auxiliary buster pump. [1]. Excessive vibration values characterized, for a certain time, the exploitation of this group. Study and analysis with the adequate techniques made possible the finding of the vibration cause: the misalignment in the axles of the group. This was more evident in the high amplitude value of the second harmonic.

In further studies we reached the conclusion that misalignments were due to a wrong alignment process in the cold stage, because the dilatation that occurs during normal exploitation was not being considered. The necessary corrections are described in this paper as well as the necessary alignment values.

Key words: misalignment, vibrations, multiple stage pump, termoelectric power plant

1. Introducción.

Se investigaron los equipos que mayor incidencia tenían en la indisponibilidad de la central termoeléctrica, destacándose el conjunto de alimentar (motor – reductor - bomba) como el principal causante de indisponibilidad.

El nivel de vibraciones del conjunto era anormal, con más de 8 mm/s en gran parte de sus equipos componentes, la presencia de altos valores de amplitudes en los gráficos espectrales y armónicos de segundo orden de la frecuencia de rotación, indicaban presencia de desalineación, a pesar de tener evidencias de estar alienado correctamente en estado frío, sin embargo no se tenía en cuenta las condiciones de trabajo y las respectivas dilataciones de los equipos que conforman el conjunto de alimentar.

Los problemas de desalineación se presentan cuando las líneas centrales de dos ejes acoplados no son coincidentes (paralelismo), o bien cuando forman un determinado ángulo.

Se pueden citar como tipos de desalineación:

Desalineación radial u *offset*.

Desalineación angular

Desalineación compuesta (angular + *offset*).

Características espectrales de la desalineación:

Grandes picos de amplitud a 1x y 2x rpm de giro en la dirección de medición axial.

Grandes niveles de vibración a 1x y 2x rpm de giro en la dirección de medición radial.

Bajas amplitudes en los picos de armónicos 3x rpm de rotación y sucesivos.

La forma de onda temporal presenta un patrón de vibración repetitivo y sin impactos.

La desalineación angular produce a menudo un pico fuerte en dirección axial a 1x rpm. Asimismo se puede presentar una vibración dominante en cualquier dirección, incluyendo el plano radial.

La desalineación radial produce fuertes componentes radiales a 1x rpm y 2x rpm de giro en el espectro.

Casi nunca se dan los tipos de desalineación por separado, sino combinadas (desalineación compuesta). La existencia de picos a 1x, 2x y 3x rpm hace posible suponer un posible defecto de desalineación. [3], [4], [5]

Para dar solución al problema planteado, se realizó un estudio de las condiciones en servicio de cada equipo y sus temperaturas de trabajo respectivamente, el resultado del estudio se puede comparar con los valores anteriores y llegar a conclusiones objetivas del uso de la propuesta planteada en el trabajo.

2. Breve descripción del conjunto de alimentar de un bloque de 125 MW.

El conjunto de alimentar, concebido para transportar el agua al domo de la caldera, está formado por una bomba auxiliar, un reductor de velocidad, un motor de 4500 kW y un variador de velocidades hidráulico, con el objetivo de variar flujo a la bomba principal en función de la carga que se necesite. La misma puede entregar hasta 150 litros por segundos de agua a la caldera.

En la Central Termoeléctrica de referencia se dispone de dos tipos de motores para el trabajo del conjunto de alimentar, dos de la firma *ABB* y el resto de la firma *CKD* de procedencia checoslovaca y tres tipos de variadores de velocidad uno de procedencia Italiana (*BREDA*), y el resto de procedencia Alemana. En los últimos años se han instalado variadores de la firma *VOITH* con excelentes resultados y con perspectiva de completar el resto de las unidades generadoras con este equipamiento, por lo cual centraremos nuestro trabajo en conjuntos de alimentar que incluya este equipo.

La caja reductora Skoda es un conjunto de tres engranes helicoidales tallados directamente en los árboles, dos gemelos de 66 dientes, uno unido a la bomba auxiliar, otro intermedio, y otro de 33 dientes acoplado al motor. La frecuencia de paso de engranado es de 1966 Hz para motores CKD y de 1969 Hz para motores ABB.

3. Antecedentes

Con el análisis y seguimiento del comportamiento espectral del conjunto de alimentar, se llegó a la conclusión de que presentaba síntomas de desalineación, debido a la presencia de grandes niveles de vibración a 1x y 2x rpm de giro en dirección radial, En las figuras 1 y 2, se muestra el

comportamiento en la entrada del variador de velocidades en la dirección radial horizontal.

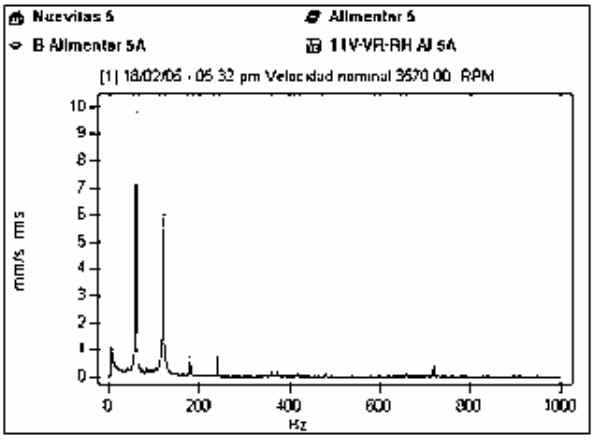

Figura. 1. Espectro eje entrada del Regulador Hidráulico, medido en la horizontal (equipo desalineado).

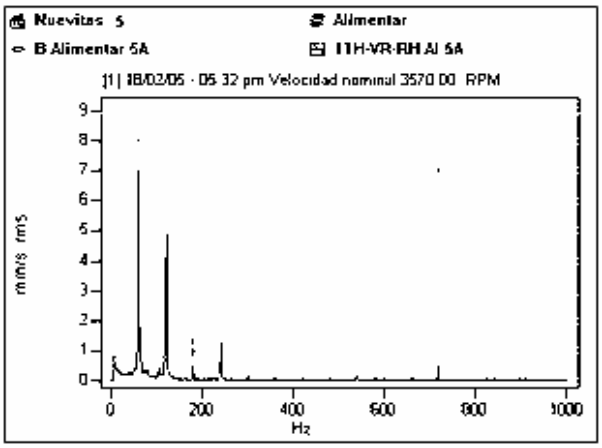

Figura 2. Espectro punto de medición 11 (eje entrada Regulador Hidráulico), medido en la vertical (equipo desalineado).

4. Cálculos para el alineamiento del conjunto de alimentar teniendo en cuenta las dilataciones térmicas.

El Comportamiento de los espectros muestra claramente que existen problemas de desalineación, sin embargo en el proceso de inspección y mantenimiento se corroboró que el equipo cumplía con los valores establecidos de alineamiento en frío, claro está que en condiciones normales de servicio existen efectos de dilatación producto de las elevadas temperaturas de trabajo del conjunto en cuestión, por lo cual se hace necesario tener en cuenta estas condiciones a la hora de ejecutar las alineaciones.

Se llevo a cabo un estudio del alineación en el conjunto de equipos acoplados. Los cálculos se realizan teniendo en cuenta la temperatura de trabajo de cada agregado.

En la figura 3, se muestra un esquema del conjunto de Alimentar, la diferencia de temperatura en los diferentes equipos, la altura del apoyo a la pata que compone el mismo, y finalmente los valores de alineamientos deseados.

Para ejecutar estos cálculos se parte de la siguiente fórmula:

$DL = L * \alpha * DT$

Donde:

DL :Valores en mm de la dilatación.

αCoeficiente de dilatación del metal.(1,1*10-5).

DT: Diferencia entre la temperatura media del equipo y la temperatura ambiente.

L: Longitud del apoyo a la pata

De los cálculos se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla No. 1. Parámetros físicos a tener en cuenta para la ejecución de la alineación.

Equipo	Bba Aux	Red. Skoda	Motor ABB	Reg. Hid.	Bba. Ppal
Temperatura Equipo	58	63	60	70	50
Temperatura Ambiente.	30	30	30	30	30
DT	28	33	30	40	20
L	0.15	0.2	0.65	0.9	0.55
DL	0.05	0.07	0.21	0.40	0.12
Pos. Radial vertical	**0.03**	**0.14**	**0.18**	**-0.28**	**0.00**

Leyenda

Bba: bomba
Red: reductor
Reg: regulador hidráulico
Ppal: principal
Aux: auxiliar

Teniendo en cuenta los valores de dilatación térmica del resultado de la tabla anterior y partiendo de la bomba principal como referencia o punto “cero” se obtienen las variaciones radiales de desalineación que de deben tener en cuenta a

la hora de ejecutar la alineación, según se muestra en la figura 3.

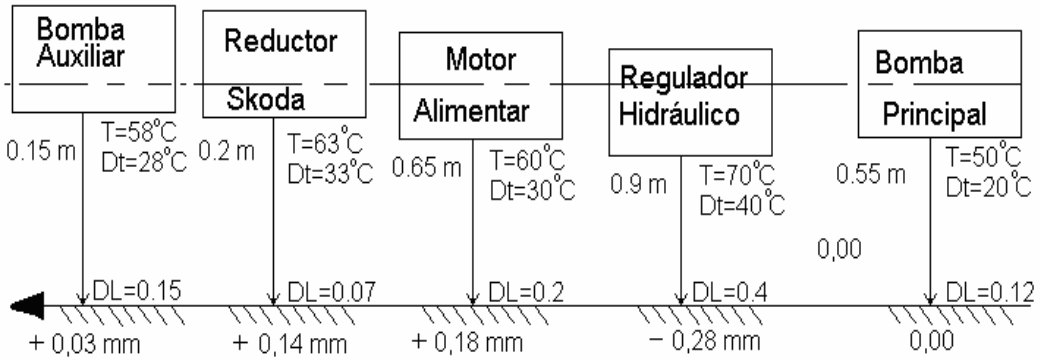

Figura 3. Esquema del conjunto de alimentar, temperaturas, dilatación y valores de desalineación propuestos.

Nota: si algunos de los fabricantes de Equipos recomiendan valores de desalineación en frío, se deben tener en cuenta esos valores.

Con la aplicación de la metodología recomendada a los equipos del conjunto de alimentar se obtuvo una alineación precisa y se logró mejoras apreciables, en los niveles de vibración medidos, según se muestra en las figuras 4 y 5.

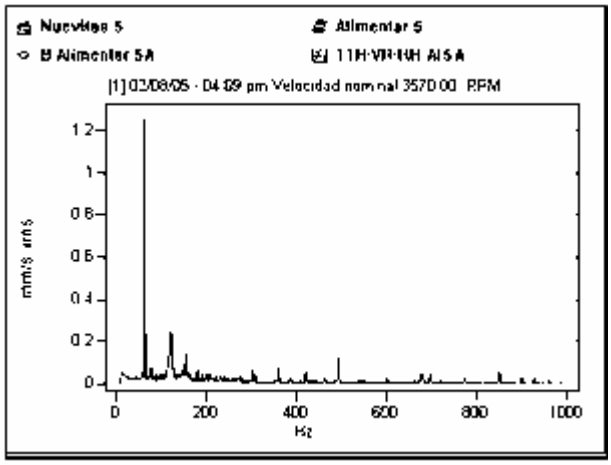

Figura 4. Espectro eje entrada Regulador Hidráulico, medido en la horizontal (equipo alineado).

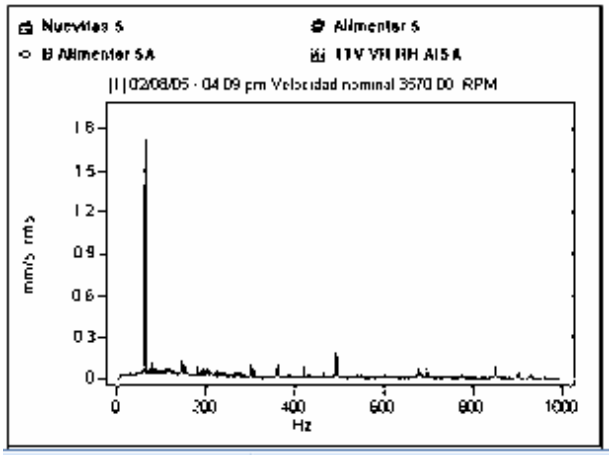

Figura 5. Espectro eje entrada Regulador Hidráulico, medido en la vertical (equipo alineado)

5. Conclusiones.

La aplicación de la metodología propuesta para el alineamiento en frío del conjunto de alimentar, permitió obtener una disminución en las magnitudes de la vibración radial y horizontal. Teniendo en cuenta los parámetros en condiciones normales de trabajo, se logran disminuir los valores globales en más de un 10 % considerándose como buenos, al ser comparadas con la norma ISO 10816-3 [3]. Las amplitudes en las primeras armónicas disminuyeron, síntoma éste de alineación del conjunto de Alimentar.

Los parámetros de desalineación en frío obtenidos para el conjunto de bombas de Alimentar calderas

en bloques de 125 MW en la vertical, partiendo desde la bomba principal como referencia, son los siguientes:

-Bomba Principal 0,00 mm

-Regulador Hidráulico respecto a Bomba Principal,

-0,28 mm.

-Motor respecto al Regulador Hidráulico, +0,28 mm

-Reductor respecto al Motor, +0,14 mm.

-Bomba Auxiliar respecto al reductor, +0,03 mm.

6. Referencias.

1. **ABREU RIVERO, Y.** *Análisis del comportamiento de las unidades de 125 MW de la Central Termoeléctrica "10 de Octubre".* 2000-2005. Documento base.
2. **DE LA TORRE SILVA, F.** Características vibro acústicas más significativas de los turbo grupos de 100 MW En *II Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica y Metalurgia. CCIM 2000.* Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" - ISPJAE. La Habana. Cuba.
3. **ISO.** *Mechanical vibration. Evaluation of machine vibration by measurements on non rotating parts. Part 3: Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speed between 120 r/min and 15´000 r/min when measured in situ*. ISO 10816-3: 1998.
4. **MOURDOCH MISA, F.** *Informe Técnico "Puesta en marcha de la Unidad 6 perteneciente a la CTE Antonio Maceo y Grajales", Santiago de Cuba.* Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas - EMCE. 2000
5. **PALOMINO MARÍN, E.** *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias.* Centro de Estudios Innovación y Mantenimiento - CEIM. Facultad de Ingeniería Mecánica. ISPJAE. Ciudad Habana. Cuba: Editorial ISPJAE, 2001. ISBN 959 261 043 6.

Y. M. Abreu Rivero[1], F. de la Torre Silva[2]

1. Unidad Empresarial de Base Mantenimiento. Termoeléctrica 10 de Octubre. Punta Domingo S/N. Nuevitas, Camagüey, Cuba.
E-mail: dirmtto@ctenue.une.cu
2. Centro de Estudio Innovación y Mantenimiento - CEIM. Facultad de Ingeniería Mecánica
Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" – CUJAE
Calle 114 #11901 e/119 y 127. Marianao. La Habana. CP 19390. Cuba.
E-mail: francisco@ceim.cujae.edu.cu