

Caracterización preliminar del Motoconvertidor BPL – 50 del Microtrón MT 25

Ing. Alberto Rolo Naranjo.
Ing. Lázaro García Parra.
Ing. Margarita Piedra Díaz.
Ing. Luis Cimino Quiñones.

Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares
Ave: Salvador Allende Esq. Luaces. Quinta de los Molinos.
C.Habana
Email: rolo@rsrch.isctn.edu.cu

Resumen

En el presente trabajo se realiza la caracterización preliminar por vibraciones mecánicas del Motoconvertidor BPL – 50 del Microtrón MT 25 como parte del Proyecto Ramal Nuclear PRN 3-11. Se presenta el diseño del equipo dinámico empleando herramientas de apoyo al Mantenimiento Predictivo. El procesamiento y análisis de las vibraciones mecánicas se realiza mediante la aplicación de metodologías asociadas al Mantenimiento Predictivo desarrolladas por Grupo de Diagnóstico Integral y Consultoría (GDIC) y empleando las herramientas de cómputo: VibraMec™ y FreDMec (v1.0), esta última destinada a la creación de la Ficha Técnica del Equipo Dinámico.

Introducción

Las operaciones de mantenimiento y con ellas las herramientas que se emplean para humanizar y potenciar la capacidad de respuesta, representan un sistema en el que se vinculan de forma armónica y en interacción dinámica, el aspecto organizativo, humano y técnico. La combinación de estos tres subsistemas presuponen un paso superior en la actividad del mantenimiento, en la cual el tiempo de solución de un problema se acorta cada vez más, básicamente por el desarrollo del conocimiento humano en un ambiente organizativo propicio y contando con los medios técnicos como motor impulsor.

La evaluación de la calidad del proceso de mantenimiento o evaluación de un proceso asociado a las operaciones de mantenimiento general, ha constituido uno de los problemas fundamentales a la hora de establecer parámetros cuantificables. El establecimiento de estos parámetros cuantificables es posible, si con anterioridad se poseen datos sobre el comportamiento de variables, sean o no de vibración.

En el presente trabajo el proceso de almacenamiento de datos, procesamiento y análisis de las señales de vibración se realiza empleando metodologías y herramientas de cálculo desarrolladas por el grupo de investigación. Una de estas herramientas: VibraMec™ (v 1.1) [Según expediente 1986/ 97 de la

Oficina Cubana de la Propiedad Industrial y con No. 01851-1851 del Centro Nacional de Derecho de Autor] obtuvo premio relevante en el XI Forum de Ciencia y Técnica y representa una continuidad en su introducción a actividades industriales. La segunda, FreDMec, de reciente creación, cuenta con el certificado de la Oficina Cubana de la Propiedad Industrial. Este último programa permite, de forma simple y rápida, diseñar el objeto de medición y guardar la información con vistas al seguimiento por mantenimiento, además de crear y almacenar la ficha técnica de datos, empleados para el cálculo de las frecuencias de diagnóstico y su vinculación con la información espectral.

El Mantenimiento Predictivo por Vibraciones Mecánicas constituye la herramienta de mayor utilidad en el diagnóstico de equipamiento dinámico. Herramientas desarrolladas en el GDIC cuentan con descriptores que le permiten al personal técnico de mantenimiento, en función de un análisis espectral avanzado y de tendencia, predecir la fecha de posible mantenimiento basado en la información de vibración del objeto de medición analizado.

En el marco de la filosofía del Mantenimiento Predictivo, la predicción de la fecha de posible mantenimiento sin duda representa un aspecto de vital importancia para la toma de decisiones asociada a la realización de la parada. No obstante, es función del personal de mantenimiento realizar los trabajos preparatorios previos que potencien análisis espectral, realizando entre otros aspectos, el cálculo de las frecuencias de diagnóstico. Este cálculo, si bien se realiza una sola vez para cada punto de medición del objeto o de los objetos que se analicen, de no contar con herramientas de apoyo representaría una pérdida considerable de tiempo y la imposibilidad de reajuste de forma automatizada de dichas frecuencias de diagnóstico.

Basado en el factor ganancia de tiempo y en la creciente necesidad de conocer, no sólo la evolución de un determinado valor de frecuencia, sino su relación con el defecto es que se enfrenta la tarea de diseñar y sistematizar una serie de criterios que permitan automatizar la interpretación espectral y su vinculación con los defectos.

Materiales y Métodos

La medición de las vibraciones mecánicas se efectuó mediante el empleo de la red de medición que se muestra en la fig. 1.

El diseño del objeto de medición, con sus características fundamentales se realiza empleando el software FreDMec.

El procesamiento y análisis espectral se realiza mediante VibraMec™ (v 1.1), el cual emplea, como base fundamental, la red de medición presentada en la fig. 1. Este procesamiento se efectúa mediante la Transformada Rápida de Fourier.

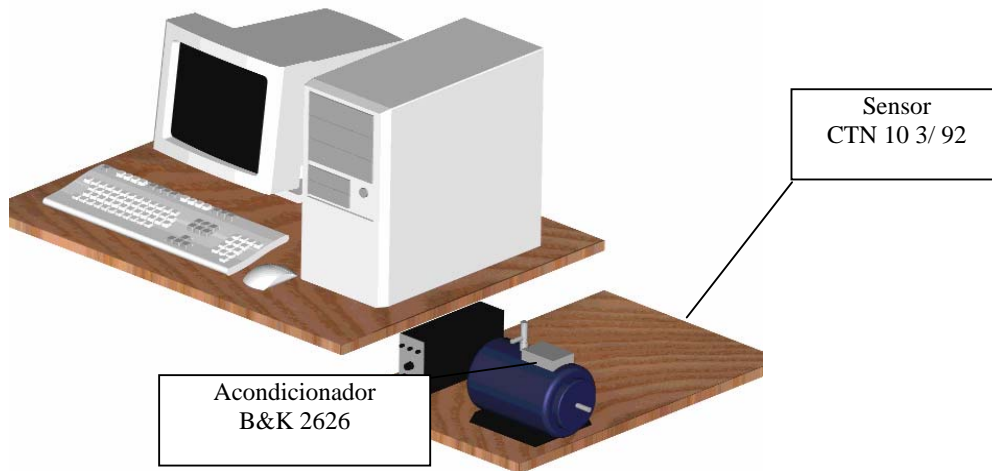


Fig. 1.- Red de medición empleada en la medición de las vibraciones mecánicas.

Principios metodológicos generales asociados a la interpretación espectral

La interpretación espectral encierra, como concepto, los aspectos prácticos y metodológicos que garantizan caracterizar el estado del objeto de medición, y específicamente el punto de medición analizado. Esta interpretación espectral cuenta con varios principios generales:

1. Conocimiento del objeto de medición: Facilita asociar el punto de medición al conjunto de defectos o fallas más comunes propias, así como definir con anterioridad las frecuencias de diagnóstico esperadas en la información espectral (Rolo, 1999). El cálculo de las Frecuencias de Diagnóstico debe vincularse de forma clara al objeto de medición en análisis. (Fig. 2)

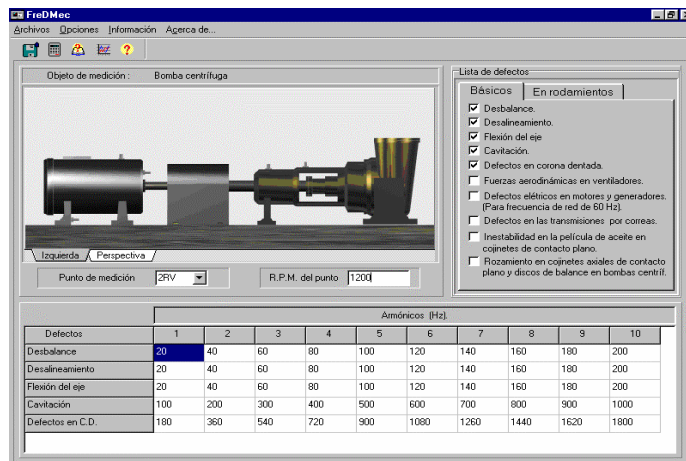


Fig. 2.- Vinculación de las frecuencias de fallo con el objeto de medición. Diseño FredMec. (V 1.0)

2. Comportamiento espectral general: Este principio se basa en la Inspección Visual Espectral (IVE) que facilita evaluar la calidad del proceso de lectura y selección de los parámetros que conforman la configuración estática de la medición. En este punto la evaluación de la limpieza espectral resulta un criterio de vital importancia. La limpieza espectral desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo se define como la capacidad de resolución relativa de los picos de mayor interés. Otra característica importante es el comportamiento de la información espectral cercana a la Frecuencia Máxima de Lectura (FML), la cual debe ser mínima, evitando así la posible pérdida de información espectral de diagnóstico.
3. Comportamiento energético espectral: Se basa en el análisis y vinculación de los valores frecuenciales que más aportan, desde el punto de vista energético, con las fallas asociadas al punto de medición.
4. Análisis de la estabilidad espectral: La estabilidad espectral permite valorar las variaciones espectrales globales, en niveles totales y en niveles frecuenciales. La estabilidad espectral se efectúa realizando lecturas a diferentes tiempos. La valoración de la estabilidad se realiza sobre la base de los análisis en 3D de la información espectral.
5. Análisis espectral en parada o arranque: Este método posibilita detectar las zonas de trabajo espectral en las cuales resulta peligroso el trabajo del objeto en cuestión. Las lecturas se realizan a intervalos específicos, en función del objeto de medición.
6. Evaluación de la interpretación y toma de decisiones: Se basa en el análisis y comparación del comportamiento de la medición realizada con el nivel energético del espectro patrón. En este principio es válida la definición clara de las frecuencias de diagnóstico.

El conocimiento del valor aproximado de las Frecuencias de Diagnóstico no resuelve el problema de la predicción en su conjunto. Buscando agilidad en la toma de decisiones y teniendo en cuenta los requerimientos de la tecnología contemporánea, se hace necesaria la vinculación directa visual del valor calculado de las frecuencias de fallo y armónicos superiores con la información espectral (Fig. 3). De esta forma desde el punto de vista práctico se logra una interacción dialéctica fallo - espectro.

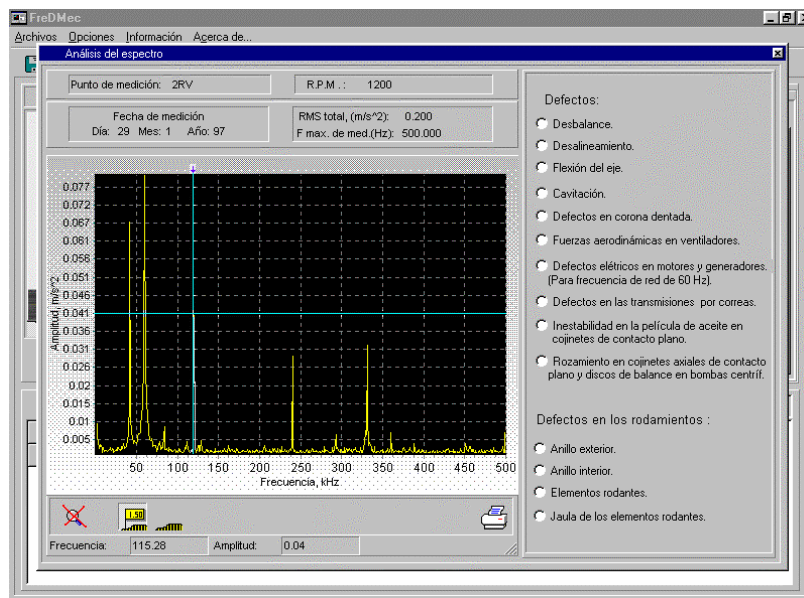


Fig. 3.- Vinculación Frecuencia de Fallo - Espectro.

Mediciones experimentales

En las mediciones puntuales, relacionadas con valoraciones de vibración en cada posición de medición, se asume un total de 10 registros, con 1024 puntos cada uno. Según las valoraciones presentadas en la metodología para la interpretación espectral, la Frecuencia Máxima de Lectura (FML) se toma con un valor de 6000 Hz. Esta FML permite realizar una valoración energética espectral aceptable.

Se realizaron un total de 28 mediciones en los diferentes puntos de medición del Motoconvertidor del Microtrón. El diseño del Motoconvertidor, realizado empleando FreDMec (V1.1) se muestra en la fig. 4. Como se puede observar en esta figura, se presentan las características geométricas fundamentales del Objeto de Medición y la posición de los diferentes puntos de medición.

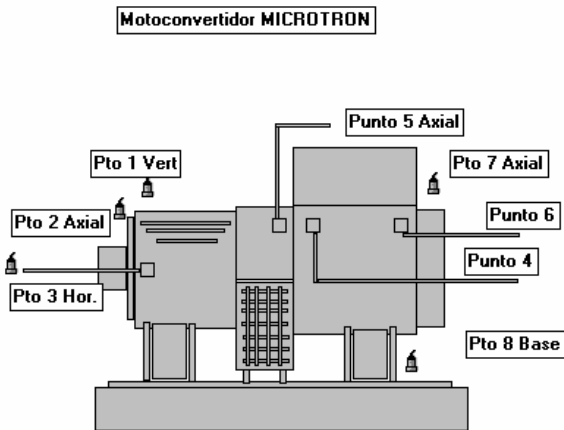


Fig. 4.- Esquema del Motoconvertidor diseñado empleando la herramienta FreDMec.

Para los diferentes puntos de medición se obtuvieron los siguientes valores para los valores RMS, característica global y para los valores pico. (Tabla #1)

Una vez obtenidos los valores por los diferentes puntos de medición, se procede a realizar el análisis de la estabilidad espectral. Este análisis, en el presente trabajo, se realiza para el punto #4, el cual cuenta con mayor nivel de energía espectral, expresada en el valor global RMS y los diferentes espectros se obtienen cada 15 segundos. El comportamiento espectral para la estabilidad se muestra en la Fig. 5.

Tabla # 1

Mediciones realizadas en los diferentes puntos de medición.

Pto	Dirección de Medición	RMS (m/s ²)	Valor Pico
1	Vertical	0.98	2.99
2	Axial	0.86	2.99
3	Horizontal	0.90	2.49

4	Horizontal - Vertical	1.68	2.75
5	Axial	0.68	3.70
6	Horizontal - Vertical	1.0	1.58
7	Axial	0.39	2.30
8	Base	0.45	1.17

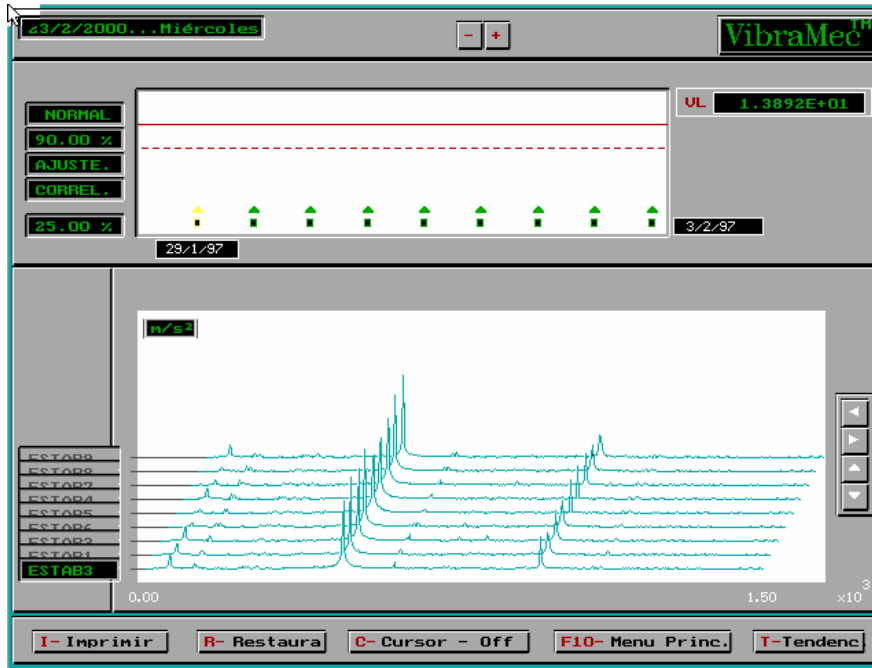


Fig. 5.- Comportamiento espectral para los análisis de estabilidad.

Las condiciones de lectura para el proceso de parada fueron: intervalo entre espectros 15 seg., número de puntos 1024. La lectura de parada se presenta en la Figura 6.

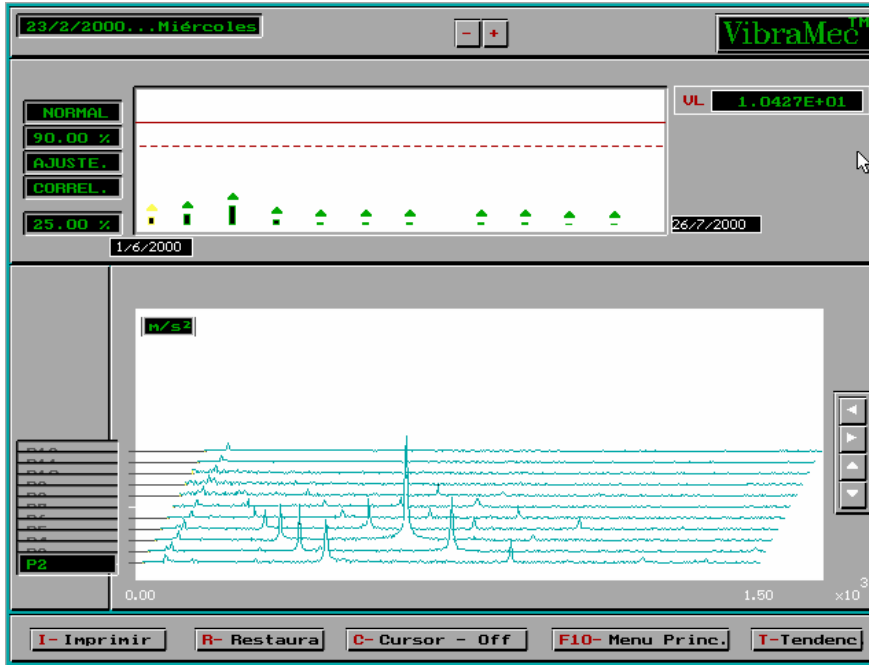


Fig. 6.- Comportamiento espectral del proceso de parada para el punto # 4.

Análisis y evaluación de las mediciones.

Analizando el comportamiento de los valores globales de medición expresados en RMS, se evidencia que los puntos con menor información energética se relacionan con las mediciones en la dirección axial, puntos 2, 5 y 7. En el gráfico que se muestra en la Fig. 7 aparece de forma clara este comportamiento, lo cual corrobora la característica de rigidez en las diferentes las diferentes direcciones, propia de los equipos anclados.

Una variación de estos parámetros en el tiempo, además de la información que brinde la información espectral, presuponen, no sólo un problema mecánico del equipo, sino también problemas con el anclaje. De aquí la importancia que tiene almacenar estas mediciones y considerarlas como mediciones cualitativas - cuantitativas iniciales para la cadena de medición empleada.

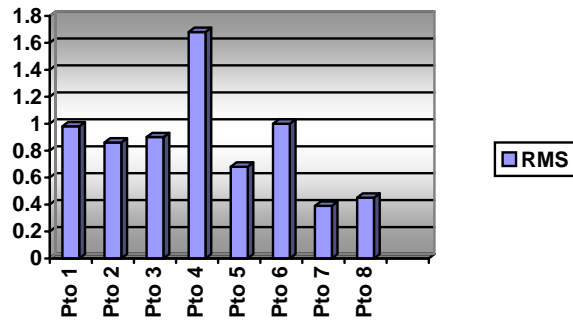


Fig. 7.- Comportamiento de los valores RMS en los diferentes puntos de medición.

Como se muestra en la figura 5, en el transcurso de lectura se muestra una evidente estabilidad, lo cual presupone, de forma aproximada, la estabilidad de trabajo en un tiempo finito de trabajo. Otro aspecto interesante de la estabilidad espectral es precisamente la invariabilidad de los valores frecuenciales en el tiempo.

En las mediciones realizadas en el proceso de parada, se evidencia una zona a los 45 seg., en el rango de frecuencia entre 500 y 750 Hz, en el cual se produce un aumento significativo de la energía espectral, expresada en dicha zona. Esta zona de frecuencia puede significar una dificultad para el trabajo normal de trabajo bajo carga.

Conclusiones

1. Se obtuvo el diseño digital de equipos dinámicos empleando la herramienta FreDMec.
2. Se logró obtener la información espectral y temporal de los diferentes puntos del Motoconvertidor en diferentes condiciones de trabajo sin carga con un total de 30 mediciones.
3. Se define el punto más energético, desde el punto de vista de los niveles de vibración.
4. Se confeccionó la Ficha Técnica del Motoconvertidor con el objetivo de su almacenamiento.
5. Se demostró la estabilidad rotacional del equipo en condiciones sin carga.
6. Se detectó una zona de trabajo con anomalía frecuencial en el rango entre 500 y 750 Hz, en la cual los niveles energéticos se incrementan.
7. Se logró implementar una metodología práctica para la interpretación espectral al motoconvertidor BPL - 50.

Bibliografía

1. Broch, Jens Trampe. Mechanical Vibration and Shock Measurement / Jens Trampe Broch. --2. ed -- Dinamarca. Bruel & Kjaer, 1984. -- 370 p. : il.
2. Caño del Alfredo, de la Cruz Pilar. Dirección Integrada de Proyectos. Conceptos Básicos de la Dirección de Proyectos. 1995.

3. González P.R., Rolo N.A. Etapas para la implementación del Mantenimiento Predictivo y por Diagnóstico en máquinas rotativas. (I parte). Mantenimiento. Edición Especial. Editada por el Departamento de Mantenimiento del MINBAS. nov 1995. -- 58 p. : il.
4. Heredia Scasso R. Dr. Dirección Integrada de Proyecto. Editorial Alianza, UP Madrid. 1995.
5. Notes on the use of Vibration Measurements for Machinery Condition Monitoring. Application Notes. B & K (Dinamarca).
6. Rolo N.A. Evaluación de un conjunto de herramientas integradas en el sistema VibraMecTM para la interpretación de señales de vibración. ISCTN. 1998.
7. Rolo N.A, Rodríguez A., et all. Estudio Vibracional de una Bomba de Petróleo de la Refinería Nico López. I Taller de la Cátedra de Seguridad. 1996.
8. Rolo N.A, Yedra E... Herramienta para el Mantenimiento Predictivo. III Taller de la Cátedra de Seguridad. 1999.

Nombre y apellidos: Ing. Alberto Rolo Naranjo. MsC

Lugar y Fecha de Nacimiento : Sancti Spíritus, 29 / 01 / 65.

Nacionalidad : Cubano.

Maestro en Ciencias, Ingeniero Mecánico, Jefe del Departamento de Ingeniería Nuclear del Instituto Superior de Ciencias y Tecnología Nucleares de la Ciudad de la Habana, Profesor Auxiliar, cuenta con 9 años de experiencia vinculado a la investigación fundamental y aplicación del diagnóstico predictivo empleando

técnicas de avanzada. Es autor de programas de procesamiento y de análisis vinculados a la interpretación y búsquedas de defectos. Ha desarrollado descriptores y metodologías con el objetivo de la humanización de las operaciones del mantenimiento. Cuenta con publicaciones en eventos nacionales e internacionales y ha recibido premios y condecoraciones estatales por la labor realizada en estas temáticas. Ha impartido diplomados y cursos de postgrado nacional e internacional vinculados al diagnóstico predictivo. Es diplomado por la Escuela Organizacional Industrial de España y la Escuela Superior de la Industria Básica en Gerencia Integrada de Proyectos. Imparte en pregrado la Resistencia de Materiales y las Técnicas de Ensayos no destructivos.