

MÉTODO PARA EVALUAR EL ESTADO TÉCNICO DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

MSc. Elio Rafael Hidalgo Batista

Universidad de Holguín

Avenida XX Aniversario Piedra Blanca Holguín

elio@facing.uho.edu.cu

MSc. Buenaventura Rigol Cardona

Universidad de Holguín

Avenida XX Aniversario Piedra Blanca Holguín

rigol.cardona@facing.uho.edu.cu

Dr. C Carlos Batista Rodríguez

Universidad de Holguín

Avenida XX Aniversario Piedra Blanca Holguín

batista@facing.uho.edu.cu

Resumen.

En el presente trabajo se aborda la utilización del análisis de tendencia, una de las técnicas del diagnóstico. Se relacionan los dos métodos conocidos para evaluar el estado técnico de un equipo y el método de la rapidez de cambio del valor de las variables, método que se introduce al análisis de tendencia, siendo los métodos conocidos comparar las amplitudes registradas de la variable a analizar con los niveles de aviso o alarma y disparo que se hayan establecido **y el ratio** (relación de variación entre dos mediciones consecutivas del valor de la variable analizada) **de** crecimiento del valor de la variable. Además se expone un ejemplo práctico donde se evalúa el estado técnico de un motor de combustión interna (M.C.I), a través del primer método enunciado y de la rapidez de cambio. En la práctica el análisis se desarrolló con 8 variables o parámetros de salida del equipo; pero en el trabajo se evalúa el equipo solamente con la presión del aceite. Se exponen las premisas necesarias para el análisis de tendencia y se definen términos como bueno, regular, malo, valor límite bueno, valor límite de alarma y valor límite de parada.

Palabras claves: Diagnóstico Técnico, Análisis de tendencia, estado técnico

Summary.

Presently work is approached the use of the tendency analysis, one of the techniques of the diagnosis. They are related the two well-known methods to evaluate the technical state of a team and the method of the speed of change of the value of the variables, method that is introduced to the tendency analysis, being the well-known methods to compare the registered widths of the variable to analyze with the warning levels or it alarms and shot that you/they have settled down and the ratio (variation relationship between two serial mensurations of the value

of the analyzed variable) of growth of the value of the variable. A practical example is also exposed where the technical state of a motor of internal combustion is evaluated (M.C.I), through the first enunciated method and of the speed of change. In the practice the analysis was developed with 8 variables or parameters of exit of the team; but in the work the team is only evaluated with the pressure of the oil. The necessary premises are exposed for the tendency analysis and they are defined terms like good, to regulate, bad, value good limit, value alarm limit and value stop limit.

Key words: Technical diagnosis, tendency Analysis, technical state

Introducción

Al surgir y desarrollarse los primeros equipos que permitieron humanizar de forma vertiginosa el trabajo del hombre nace el oficio del mecánico, el cual se ha dedicado por siglos al lavado, engrase y ajuste de los mecanismos y elementos que forman a una máquina. El mecánico, obrero importante en cualquier industria, es capaz de mantener y corregir la función principal o secundaria de cualquier equipo cuando esta falla y al especializarse puede evaluar el estado técnico.

Paralelamente al desarrollo de los equipos el hombre se preguntó cómo conocer el estado técnico de un equipo sin desarmarlo y así poder prolongar su vida útil.

No es hasta la década del 70 del siglo pasado cuando ocurre un desarrollo vertiginoso de la electrónica, surgiendo los equipos de análisis de las vibraciones, empleados para evaluar el estado técnico de una máquina y de los elementos que la forman. De esta forma nacen diferentes técnicas de diagnóstico para detectar desperfectos o fallos incipientes de un equipo, desarrollándose así una rama de la Ciencia que se dedica al estudio y determinación del estado técnico de cada artículo en explotación con un enfoque individual para restablecer sus requisitos de funcionamiento, que se ha denominado Diagnóstico Técnico.

La base del Diagnóstico Técnico consiste en saber medir (de forma continua o discreta) los parámetros (directos o indirectos) que caracterizan el estado técnico del artículo; parámetros que permiten establecer el estado real de un artículo en particular y determinar su posible tiempo de explotación, hasta el momento en que alcance su estado límite.

Formalmente, se define al Diagnóstico Técnico como la rama de la Ciencia que estudia y establece los síntomas de un estado de fallo; son métodos, principios y equipamientos con ayuda de los cuales se puede llegar a conclusiones respecto al estado técnico de los sistemas que forman las máquinas sin tener que desarmarlos, y además poder pronosticar los recursos necesarios para restablecer la funcionalidad y requisitos del sistema [Batista, 2006]:

Análisis de Tendencia

El análisis de tendencia es una de las técnicas del diagnóstico técnico y estudia el comportamiento de los valores de la variable en el tiempo al compararlo con sus valores límites, siendo el mismo útil en el cumplimiento del mantenimiento del equipo.

Con la aplicación del Mantenimiento Predictivo o por estado de condición es conocido que la realización del análisis de tendencia de una variable dependiente (o sea, variables cuyos valores dependen de los valores de una o varias variables explicativas), permite evaluar el estado técnico de la máquina (ETM) estudiada y pronosticar su evolución en un horizonte de tiempo dado. Esto es válido si la variable dependiente cumple las condiciones siguientes:

- Se captan y registran sus valores en instantes de tiempo en que las condiciones de explotación de la maquinaria son similares.
- Su evolución en el dominio temporal se puede interpretar como cambios que han ocurrido en las variables explicativas de las cuales depende y que caracterizan el ETM.

Además para el empleo del análisis de tendencia es necesario un grupo de premisas que se relacionan a continuación:

1. Conocer la función principal y secundaria del equipo y de los elementos que se analizan.
2. La experiencia del especialista, del mecánico y del operario.
3. Conocer que es estado bueno, regular y malo.

Bueno, regular y malo se puede definir de la siguiente forma:

Bueno: Cuando los valores registrados de la variable se mantienen en el valor de trabajo señalado por el diseñador, fabricante o usuario.

Regular: Cuando los valores registrados de la variable se mantienen cercanos o hayan sobrepasado los valores límites de alarma.

Malo: Cuando los valores registrados de la variable se mantienen en el valor límite de parada o lo han sobrepasado.

Los valores límites de una variable son reglamentados por el diseñador, el fabricante del equipo o por normas establecidas por los usuarios. Estos valores pueden ser definidos de la forma siguiente:

Valor límite bueno: Valor de una variable que indica que el equipo trabaja de forma estable, desarrolla su función principal.

Valor límite de alarma: valor de una variable que indica que la misma presenta alguna dificultad para que el equipo cumpla su función principal.

Valor límite de parada o disparo: Valor de la variable que indica que el equipo no puede cumplir su función principal surgiendo una falla que paraliza a la máquina.

En el caso particular de evaluar el ETM no se dispone de la posibilidad de medir y registrar todas las variables explicativas que están involucradas en un proceso en particular, sino sólo algunas de ellas; las restantes serán siempre desconocidas o transparentes. En la actualidad es conocido que para evaluar el ETM a través de la técnica de Análisis de Tendencia existen dos métodos, a saber: [Batista, 2006]

- Comparar las amplitudes registradas de la variable a analizar con los niveles de aviso o alarma y disparo que se hayan establecido (según recomendaciones del fabricante, por normas conocidas y estudiadas que se ajustan a las condiciones de trabajo de las máquinas evaluadas, o según normas propias establecidas para cada una de las máquinas según sus condiciones particulares de explotación).
- A través del *ratio* de crecimiento del valor de la variable.

Con el método del ratio de crecimiento se puede conocer el estado técnico de un equipo si se cumplen las condiciones siguientes:

1. Estado técnico bueno (aceptable) si la relación de variación de dos mediciones consecutivas de los valores de la variable no supera 1,60, es

decir si al dividir Y_2 / Y_1 (donde Y_2 es valor de la variable en el momento 2 y Y_1 en el momento 1) el resultado no debe ser mayor a 1,60.

2. Estado regular (alarma) si esta relación supera el valor de 2,56.
3. Estado técnico malo (parada) si el valor de la relación de la variación de dos mediciones consecutivas supera el valor de 4,10.

En el trabajo se da a conocer un nuevo método de análisis denominado Método de la Rapidez de cambio de la variable, se introduce en el análisis de tendencia formando parte de la técnica de análisis de dependencia entre las variables y con el se puede evaluar el estado técnico de un equipo.

El método consiste como primer paso en calcular la rapidez media de cambio RC_{i-j} del valor de la variable entre dos instantes de tiempo diferentes i e j , que definen un intervalo de tiempo conocido, que no es más que el tiempo entre dos mediciones consecutivas. La Rapidez Media de Cambio se calcula por la fórmula 1: [Batista, 2006]

$$RC_{i-j} = \frac{A_i - A_j}{t_i - t_j} \text{ [Unidad de medida de la variable/unidad de tiempo]} \quad (1)$$

donde:

RC_{i-j} – Rapidez de cambio del valor de la variable.

A_i ; A_j – Valor de la variable [Unidad de medida de la variable].

t_i ; t_j - Tiempo que transcurre entre medición o registro. [Horas, semanas, días]

En el segundo paso del método se evalúan los resultados de la RC según su valor. Estos cálculos se realizan para las mediciones consecutivas y se comprueban a través de los siguientes casos:

A, Rapidez de cambio es cero: la amplitud de la variable no se ha modificado en el intervalo de tiempo analizado, el estado técnico de la máquina no ha variado.

B, Rapidez de cambio es aproximadamente constante: síntoma de un proceso sistemático, al parecer de desgaste o incrustaciones, que se está produciendo.

C, Rapidez de cambio oscila alrededor de cero con cambios de signo: puede significar que las mediciones no se han realizado bajo las mismas condiciones (carga, velocidad, interferencias externas), o que se está ante

un proceso que se caracteriza por ese comportamiento; aparentemente no es un síntoma significativo para la máquina.

D, Rapidez de cambio es relativamente pequeña con aislados cambios de signo: puede significar un error de lectura o de registro.

E, Rapidez de cambio es relativamente grande: síntoma grave para el funcionamiento de la máquina, posibles roturas ocurridas.

Las expresiones “relativamente grande” o “relativamente pequeña” están referidas a la rapidez precedente en cada caso particular. La efectividad del análisis de casos al aplicar este método está en dependencia de la experticia del especialista. Se insiste en que este procedimiento es complementario a los ya conocidos.

Este nuevo método permite además como tercer paso realizar un análisis gráfico del comportamiento del valor de la variable y de la rapidez de cambio , como se muestra en la figura 1.

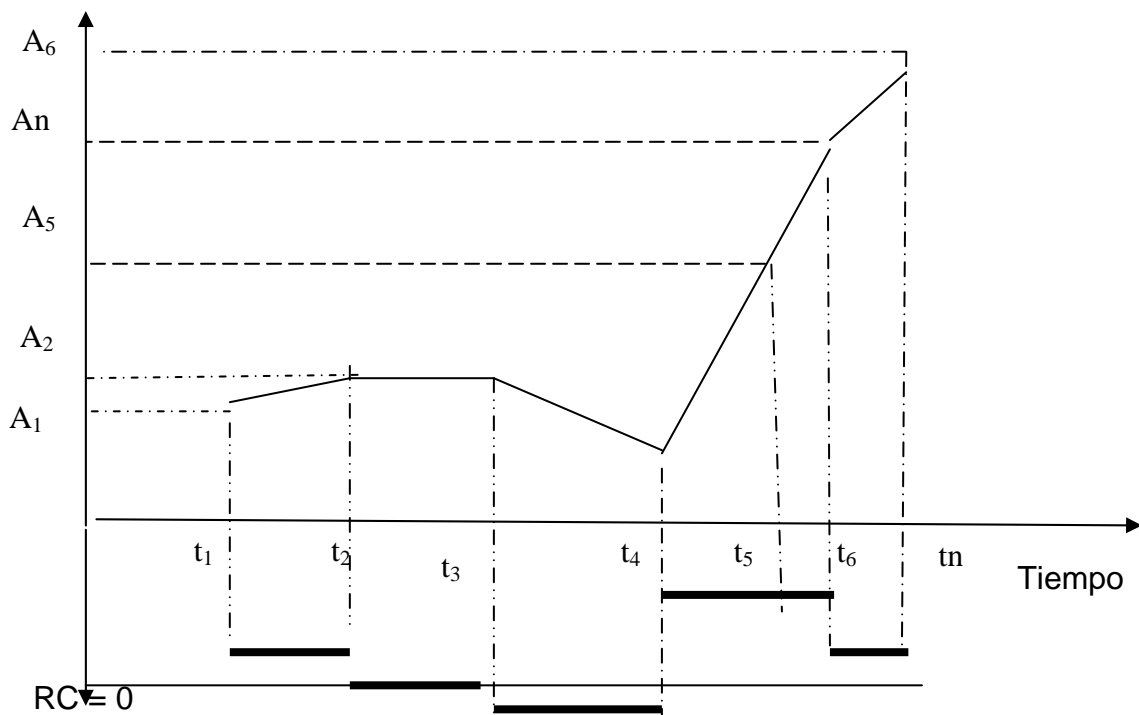


Figura 1. Gráfico de Rapidez de Cambio de una variable.

El método de la rapidez de cambio fue aplicado en un motor de combustión interna estacionario Diesel sobrealimentado por turbocompresor para evaluar su estado técnico, comparándose con el primer método enunciado. Se considera una investigación no experimental, pues no se pueden modificar a

voluntad los valores de las variables explicativas y las mismas fueron registradas al 80 % de la carga y en horarios del mediodía.

El registro del comportamiento de los valores de las variables a estudiar se realizó en la tabla 1 confeccionada con tal objetivo.

Tabla 1. Registro y seguimiento de la variable del motor.

Carga (%)	Horas trabajadas (h)	Velocidad de rotación (rot. min ⁻¹)	Presión del aceite (bar)
80	1097	1800	5,6
80	1098	1805	5,6
80	1099	1800	5,7
80	1545	1801	5,9
80	1546	1793	5,8
80	1547	1798	5,8
80	1585	1794	5,7
80	1586	1799	5,8
80	1587	1800	5,7
80	1588	1797	5,7
0	1589	1801	6
80	1658	1801	5,5

Los valores de las rapidezces de cambio fueron calculados por la fórmula 1, mostrándose los mismos en la Tabla 2.

Tabla 2 Valores de las rapidezces de cambio de las variables.

Nro. registros	Horas Trabajadas.	RC Presión aceite
1		
2	1	0,000
3	1	0,100
4	446	0,000
5	1	-0,100
6	1	0,000
7	38	-0,002
8	1	0,100
9	1	-0,100
10	1	0,000
11	1	0,300
12	69	-0,007

Al graficar (ver figura 2) la amplitud de la presión del aceite y señalar en el mismo el valor límite de alarma 3,8 bar se observa que los valores se

mantiene por encima de este límite, oscilando entre 5,5 y 6,0 bar, por lo que su estado técnico es bueno.

El cálculo de Rapidez de Cambio por la fórmula 1 muestra que sus valores son cero o cercanos a éste, encontrándose en el caso C. Esto puede significar que las mediciones no se han realizado bajo las mismas condiciones (carga, velocidad, interferencias externas), o que se está ante un proceso que se caracteriza por ese comportamiento; aparentemente no es un síntoma significativo para la máquina.

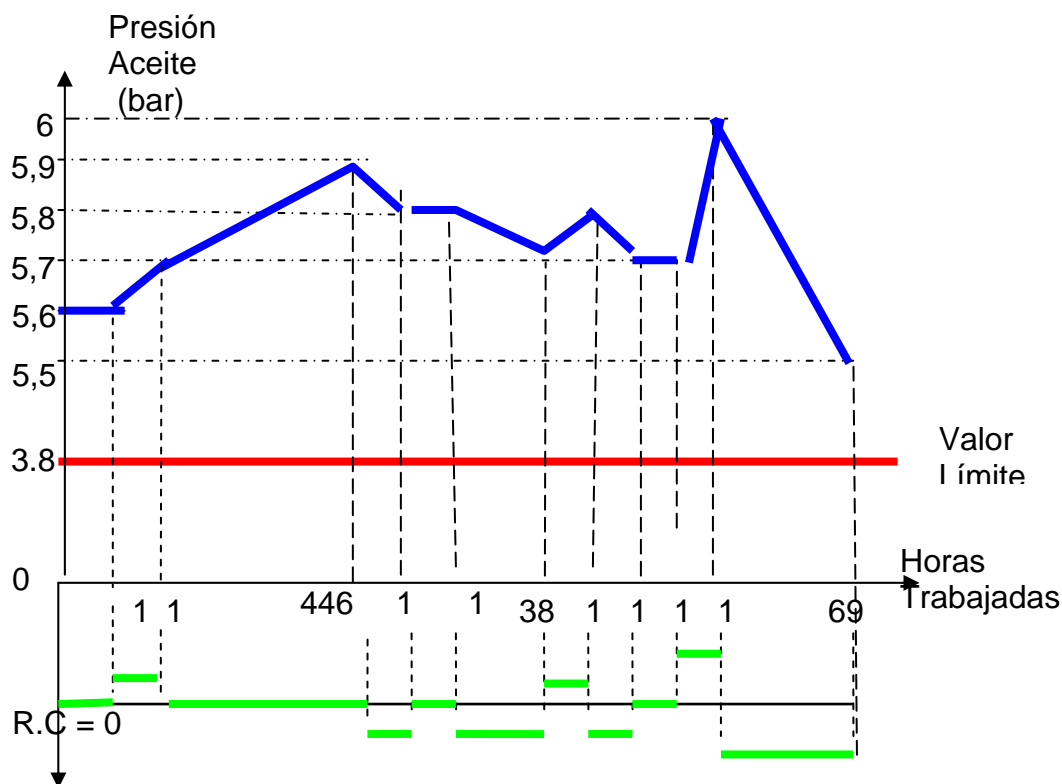


Figura 2. Gráfico de Rapidez de Cambio de la presión de aceite.

Del análisis del Diagrama de la figura 2 y de los valores de la RC (Tabla 2) se observa que los mismos se mantienen cerca de cero en determinados instantes, no modificando su estado técnico, pero en otros momentos, como en los registros 5, 8 y 9, la variable sufre cambios significativos en la Rapidez de Cambio y con cambios de signos, se encuentra en el caso C (los registros no se realizaron bajo las mismas condiciones, no siendo un síntoma grave para la máquina). En el registro 11 la Rapidez de Cambio se encuentra en el caso E por ser suprimida la carga debido a la necesidad de sustituir el filtro de

combustible. La máquina por lo tanto está en buen estado técnico. Llegando a la conclusión de que la Rapidez de Cambio de la variable temperatura del aceite puede explicar el comportamiento de la variable presión del aceite.

Conclusiones

Al cumplir el objetivo del trabajo se puede concluir que:

1. Los tres métodos se pueden utilizar en la práctica para evaluar el estado técnico de un equipo, pero es necesario que estén definidos sus valores límites y los mecánicos y especialistas posean vasta información y experiencia en el funcionamiento del equipo
2. Con el estudio realizado se ha demostrado la validez que tiene el uso del Método de análisis de Rapidez de Cambio del valor de las variables para evaluar de forma complementaria el estado técnico de las máquinas.
3. El Método de Análisis de la Rapidez de Cambio del valor de las variables estudiadas es un método alternativo, el cual permite analizar el comportamiento de las prestaciones estudiadas durante el funcionamiento de la máquina.
4. Independientemente de que el nivel de la prestación registrada se encuentre dentro de los rangos establecidos por el fabricante, pueden estar ocurriendo procesos en estados incipientes significativos para el funcionamiento de la máquina.

Bibliografía

1. Batista Rodríguez, Carlos; Urquiza S, Rosa. Monografía de las técnicas de diagnóstico. Conferencia asignatura mantenimiento. Universidad de Holguín. 2005
2. Batista Rodríguez, Carlos; Urquiza S, Rosa. El RCA. Un enfoque en el Diagnóstico Técnico. Conferencia asignatura mantenimiento. Universidad de Holguín. 2006
3. Hidalgo Batista, Elio R. Análisis del comportamiento de las prestaciones en los motores de combustión interna estacionarios MTU Br 4000. Tesis para optar por el título de Master. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". 2007
4. Matienzo Rodríguez, José. La tecnología del diagnóstico técnico. Documento en línea www.cujae.edu.cu [consultado 22/11/07].

