

¿LAS TRAZAS DE FALLO DE RODAMIENTOS COINCIDEN SIEMPRE CON LAS CALCULADAS TEÓRICAMENTE?

La inspección dinámica por vibraciones cubre un gran rango de modos de fallo de los activos en la parte mecánica e incluso algunos de carácter eléctrico. Uno de los componentes críticos en las cadenas cinemáticas son los rodamientos, pudiendo diagnosticar fallo en cualquiera de sus componentes mediante el análisis vibratorio.

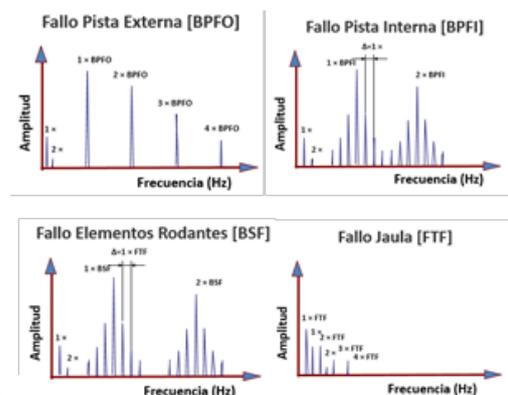
El fallo de rodamiento, en su etapa más temprana, excita las frecuencias más altas y a medida que el deterioro va en aumento, ese rango de excitación va bajando hasta llegar al rango de la velocidad, por lo que se necesitan monitorizar diferentes parámetros para conocer su estado de salud. Estos parámetros pueden ser el valor global en velocidad, valor global en aceleración y parámetros específicos filtrados para la detección de impactos. En función de la evolución de estos parámetros se puede diagnosticar el estado de deterioro del rodamiento en sus diferentes fases.

En el momento que se observan desviaciones al alza en alguno de los parámetros configurados, la salud del activo

empieza a empeorar, ya que todas las máquinas en operación vibran y un aumento de esta vibración es indicativo de evolución al fallo.

En el análisis espectral de rodamientos se tiene en cuenta que existen patrones para el diagnóstico de fallo en cualquiera de sus componentes. Cuando se tiene un fallo en un rodamiento se producen impactos, cuya forma de onda tiene las peculiaridades de no ser senoidal pero sí periódica, por lo que al aplicar la transformada rápida de Fourier y obtener la firma espectral, aparecen armónicos de las trazas de fallo. Por otro lado, también es muy representativa la modulación en amplitud en alguno de sus componentes, propiciando en la firma espectral bandas laterales. A continuación, se muestran los patrones característicos de fallo en rodamientos.

Además de los patrones, las trazas de fallo (frecuencias excitadas) se fundamentan en ser asíncronas y depender única y exclusivamente de su geometría, por lo que conociendo la designación del rodamiento



y por ende sus dimensiones, se pueden calcular teóricamente. Para conocer las trazas de fallo de un rodamiento específico tenemos tres opciones:

- Cálculo teórico de las frecuencias de fallo con el uso de las siguientes ecuaciones.

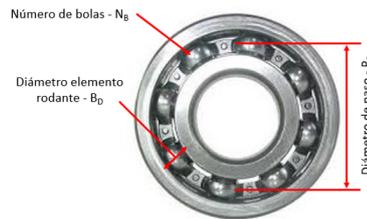
$$BPFO = \frac{N_B}{2} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \right) \cos \beta \right]$$

$$BPFI = \frac{N_B}{2} \left[1 + \left(\frac{B_D}{P_D} \right) \cos \beta \right]$$

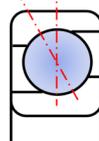
$$BSF = \frac{P_D}{2B_D} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \right)^2 \cos^2 \beta \right]$$

$$FTF = \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{B_D}{P_D} \right) \cos \beta \right]$$

*resultado en órdenes



Ángulo de contacto - β



- Utilizar calculadoras de trazas de fallo de los rodamientos que ponen a nuestra disposición los propios fabricantes en sus páginas web.

Defect frequency (Hz)	Value
Inner ring	244.571
Outer ring	152.496
Rolling element	202.531

Designation	Rotational frequency				Frequency of over-rolling		
	Inner ring	Outer ring	Rolling element set about its axis	Rolling element Point on inner ring	Point on outer ring	Rolling element	
	f_i	f_o	f_c	f_r	f_{ip}	f_{op}	f_{rp}
6305	49.633	0	18.256	87.311	219.642	127.792	174.622

- Utilizar la librería de rodamientos disponible en los software de análisis.

Name	NB	BD	PD	CA	FTF	BSF	BPFO	BPFI
6304ZZA50-SNR	< None >	< None >	< None >	< None >	0,367	1,76	2,57	4,43
6304ZZJ30-SNR	< None >	< None >	< None >	< None >	0,367	1,76	2,57	4,43
6304ZZJ30A50-SNR	< None >	< None >	< None >	< None >	0,367	1,76	2,57	4,43
6305	7	11,5	43,5	0,0	0,368	1,76	2,57	4,43
6305 DESF-RHP	< None >	< None >	< None >	< None >	0,374	1,86	2,62	4,38
6305-FAF	< None >	< None >	< None >	< None >	0,363	1,69	2,54	4,46
6305-FAG	< None >	< None >	< None >	< None >	0,368	1,75	2,57	4,43
6305-KBC	< None >	< None >	< None >	< None >	0,384	2,04	3,07	4,93
6305-KOY	< None >	< None >	< None >	< None >	0,385	2,06	3,08	4,92
6305-MRC	< None >	< None >	< None >	< None >	0,373	1,83	2,61	3,93
6305-NSK	< None >	< None >	< None >	< None >	0,384	2,04	3,07	4,93
6305-NTN	< None >	< None >	< None >	< None >	0,372	1,83	2,61	4,39
6305-SKF	< None >	< None >	< None >	< None >	0,368	1,76	2,58	4,43

De las tres opciones indicadas, la más recomendable es alimentar nuestro software con todos los datos técnicos del activo para poder utilizar las herramientas de análisis a disposición del analista. Pero, ¿qué ocurre cuando las trazas de fallo configuradas

en nuestro software no coinciden con la excitación registrada?

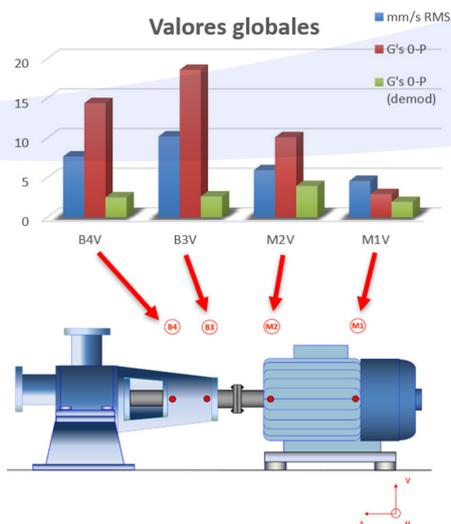
En este momento, se debe realizar ingeniería inversa y hacer las siguientes preguntas: ¿El rodamiento configurado en la base de

datos corresponde realmente al instalado en el equipo? ¿Cuál es el fabricante del rodamiento? ¿Lo sabemos? Para una misma designación de rodamiento puede haber diferentes trazas de fallo en función del fabricante, ya que geoméricamente pueden tener diferencias.

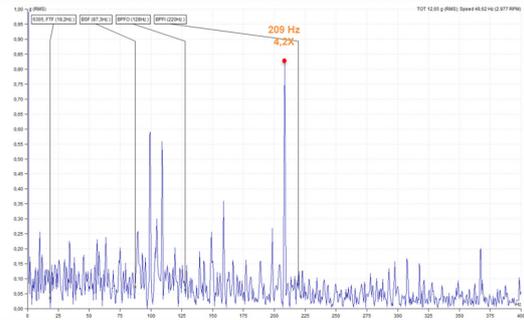
En el siguiente ejemplo basado en los registros sobre una bomba centrífuga, se expone un caso en el que las trazas teóricas de fallo de rodamiento no coinciden con las registradas mediante la inspección dinámica por vibraciones.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
RPM	2977	
VARIADOR DE FRECUENCIA	NO	
RODAMIENTOS MOTOR	2 x 6308	
RODAMIENTOS BOMBA	2 x 6305	FTF: 0,368X
		BSF: 1,76X
		BPFI: 2,58X
		BPFO: 4,43X

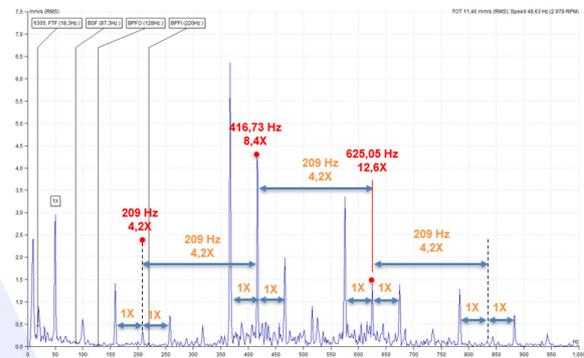
Como se puede observar, los valores globales registrados tanto en velocidad como en alta frecuencia más elevados, se ubican en el apoyo bomba lado acoplado (punto B3), superando con creces los límites establecidos por la normativa aplicable.



En la firma espectral demodulada del apoyo bomba lado acoplado (punto B3), no se observa ninguna frecuencia de fallo coincidente con las excitaciones registradas, aun cuando se puede poner el foco en la frecuencia de 209 Hz, correspondiente al 4,2X la velocidad de giro del equipo.



Analizando la firma espectral en velocidad, se observa una familia de armónicos a 4,2X con bandas laterales a la velocidad de giro, patrón característico de deterioro de rodamiento en pista interna. Estas trazas de fallo no son coincidentes con las teóricas del rodamiento instalado (teórica 220 Hz vs excitada 209 Hz).



En primera instancia se confirma que el rodamiento instalado en el equipo tiene la designación 6305, para a continuación buscar en librerías por si algún fabricante tiene como traza de fallo teórica en pista interna del rodamiento 4,2X – 209 Hz. Sin encontrar ninguna coincidencia.

Llegados a este punto, se tiene un patrón característico de fallo de rodamiento en pista interna de severidad elevada, debido a que la excitación se manifiesta primordialmente en el rango de velocidad, pero las trazas de fallo no son coincidentes con las teóricas del rodamiento instalado.

Dado el patrón espectral se diagnostica el equipo como fallo del rodamiento de la bomba lado acoplado en pista interna (6305) con una elevada severidad, por lo que se proceden a sustituir los rodamientos.

Una vez realizada la acción correctiva recomendada, se realiza inspección visual

del rodamiento, confirmando el diagnóstico ya que se observa un deterioro avanzado en la pista interna.



¿Por qué no coinciden las trazas de fallo teóricas con las registradas en las firmas espectrales? Como se puede observar en la imagen del rodamiento, el deterioro de la pista interna no está centrado en el camino normal de rodadura, sino que se desplaza hacia un lateral, generando un ángulo de contacto (40° aprox). Este ángulo de contacto afecta al cálculo de las trazas de fallo del mismo, que como se dijo anteriormente dependen únicamente de su geometría.

Sizes		Coefficients for defect frequencies	
NB [°]	7	FTF	0,368
BD [mm]	11,5	BSF	1,76
PD [mm]	43,5	BPFO	2,57
CA [°]	0	BPIF1	4,43

Frecuencias de fallo del rodamiento CA[°] = 0

Sizes		Coefficients for defect frequencies	
NB [°]	7	FTF	0,399
BD [mm]	11,5	BSF	1,81
PD [mm]	43,5	BPFO	2,79
CA [°]	40	BPIF1	4,21

Frecuencias de fallo del rodamiento CA[°] = 40

Como conclusión, el diagnóstico del estado de salud de activos mediante la inspección dinámica por vibraciones parte de tener información técnica del equipo analizar, esta información completa y fiable permite concluir con diagnósticos totalmente exitosos. En el caso de los rodamientos, en la mayoría de las ocasiones sabiendo el tipo de rodamiento instalado y por tanto sus trazas de fallo es muy sencillo poder diagnosticar un fallo, pero en el caso de que las trazas de fallo no coincidan con las teóricas, no se debe descartar el deterioro ante un patrón espectral característico de fallo.



Pedro Górriz

Desarrollo de Negocio - Servicios Pdm
Preditec (Grupo Álava)

preditec.com | info@preditec.com