

Demodulación

Alan Friedman, www.dliengineering.com

Introducción

El uso de la demodulación de datos o “envolver” es un excelente complemento para estrechar el análisis espectral en la detección de fallas en los elementos rodantes de los baleros y caja de engranes. Este artículo describe que es la demodulación desde un punto de vista cualitativo, y como se usa en la práctica. También se propone evitar el uso de términos altamente técnicos para que sea entendido por aquellos sin bases técnicas.

Algunos Atributos de la Demodulación de Datos

Un atributo importante de la demodulación de datos es que se enfoca en las vibraciones de alta frecuencia. Usando un filtro de alto paso, los datos de bajas frecuencias se filtran y el colector de datos es capaz de “acercarse” a los bajos niveles de las vibraciones de alta frecuencia. Esto significa que algunos picos que de alguna otra forma se perderían por el ruido de piso en el espectro normal de banda angosta (mucho más bajo de las vibraciones normales que emite una máquina) pueden ser detectados usando la técnica de demodulación.

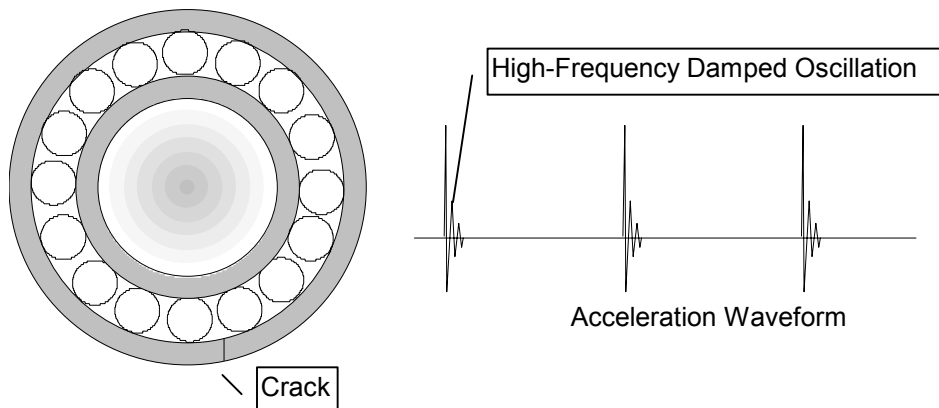
Otra característica de la demodulación, o de las vibraciones de alta frecuencia en general, es que es muy fácil de atenuar y no viajan muy bien a través de la estructura de la máquina (término “efecto disco”). Como cuando uno se aleja de una fuente de música alta, uno tiende a escuchar solo los bajos, o sonido de baja frecuencia, dado que los agudos o sonidos de alta frecuencia disipan bastante rápido. Esto implica que la vibración detectada con demodulación usualmente es producida localmente. En el caso de una bomba con motor de propulsión a través de un cople, los datos demodulados colectados en el extremo de la bomba usualmente reflejan la vibración emitida por el extremo de la bomba.

Las vibraciones de baja frecuencia pueden transmitirse a través del cople e incluso pueden amplificarse en el otro extremo de la máquina dependiendo de su movilidad. En mi experiencia, la existencia de tonos de balero de amplitud alta en un lado de la máquina (a la misma frecuencia) no necesariamente significa que este sea el lado de la máquina con fallas en los baleros! (Veáanse las figuras 4 – 7).

Así ¿Qué es la Demodulación?

La demodulación puede explicarse usando el siguiente ejemplo: Digamos que tenemos el balín de un balero con una falla en el canal externo. Cada vez que el balín pega esta falla crea un pequeño “clic”. Si 7.4 balines golpean esta falla por revolución tendremos 7.4 “clics” por revolución. Nosotros esperamos ver un pico en el espectro de banda angosta en 7.4x (una frecuencia igual a 7.4 x la velocidad del eje). Llamaremos a esto “falla de la frecuencia”.

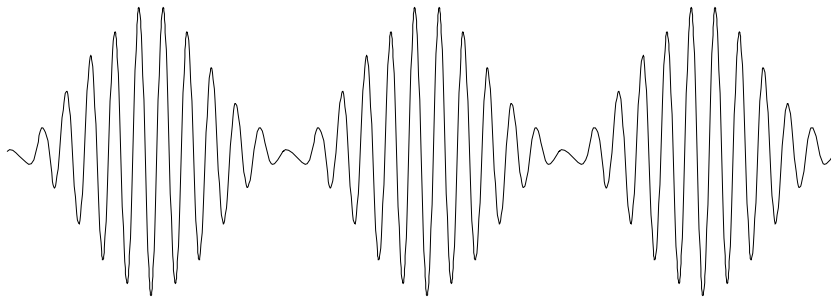
Si nosotros estuviéramos usando solo los datos del espectro de banda angosta, ahí es donde encontraremos el pico en el espectro relacionado con esta particular falla en los baleros.



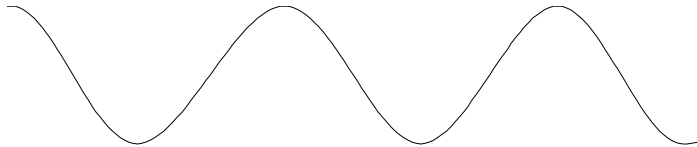
(Figura 1. Tal vez hay 7.4 de estos “clics” por revolución del eje.)

Sin embargo, algo más está pasando. ¿Qué es el “clic”? ¿Qué es ese sonido que hace el balero cuando el balín golpea la falla? Para contestar esto, solo tenemos que pensar en el balero como una campana. El sonido que hace cuando un balín golpea la falla es el mismo sonido que el balero hace cuando lo golpeas con un martillo. A esto se le llama frecuencia resonante y es usualmente alta en frecuencia, aunque depende de la masa y dureza de la estructura del balero.

Ahora podemos ver en diferente forma la información sobre esta falla. Asumamos que el balero o “campana” está sonando todo el tiempo y cuando la falla es golpeada por el balín este simplemente sonará más fuerte. A esto se le llama Amplitud Modulada. El proceso de demodulación se enfoca en la frecuencia y el rango al cual suena más alto. Este quita la frecuencia o el “sonido” propio (alta frecuencia) y regresa al rango al cual está golpeado (7.4 veces por revolución del eje). En otras palabras, debemos llegar a esa misma frecuencia 7.4 x viendo los datos de alta frecuencia, y viendo el mismo tono de balero en un diferente rango de frecuencia de los datos de vibración.



(Figura 2. ¿Qué son los “clics”?)



(Figura 3. ¿Qué es el rango de repetición de los “clics”?)

Bombas, Sopladores y Mucho Ruido

Resumiendo, podemos ver los efectos de los balines golpeando la falla en dos diferentes lugares y de dos diferentes maneras. Una se puede pensar como el número de eventos por revolución del eje:

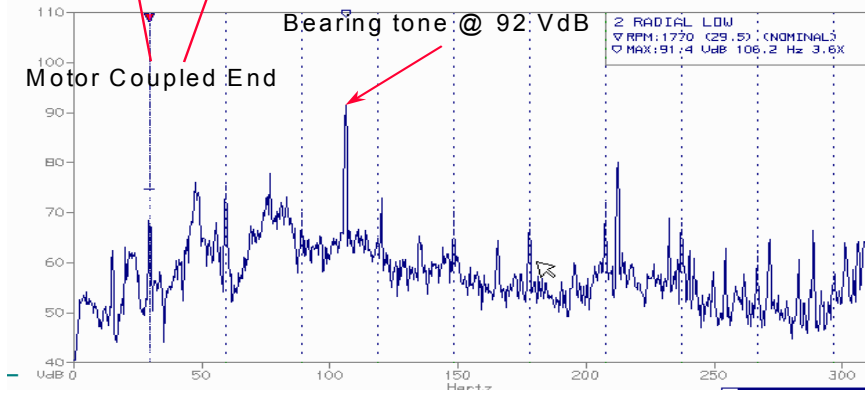
Si 7.4 balines golpean la falla por revolución del eje podemos ver un pico en el espectro de vibración de 7.4x del rango del eje.

O podemos verlo en términos de frecuencia resonante del armazón del balero (o acelerómetro):

El sonido del armazón del balero es más fuerte 7.4 veces por revolución del eje, y si modulamos la señal tendremos un pico en 7.4x.

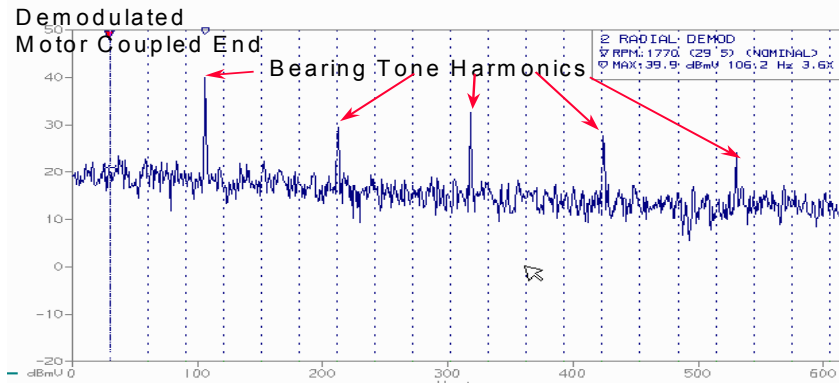
Hay esencialmente dos diferentes maneras de llegar a ese 7.4x, el cual nos dice que se está desarrollando un problema en el balero.

MACHINE: #2 SANITARY COLLECTION UNIT VACUUM PUMP [SLT] MID: 204
 LOCATION: MTR (DE) ZRL DATE: 25 Jan 1995/14:33:15 RPM: 1770
 FREQ: 29.45 Hz ORDER: 1 X LEVEL: 74.6 VdB DELTA: 29.63/1X



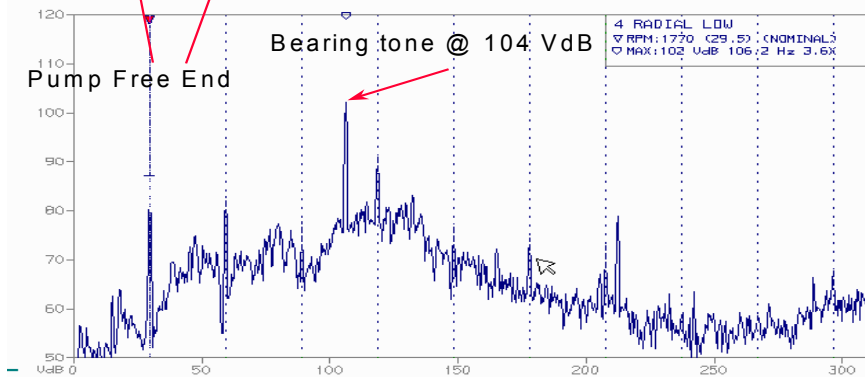
(Figura 4. Un espectro de banda angosta con tono de balero en 3.6x)

MACHINE: #2 SANITARY COLLECTION UNIT VACUUM PUMP [SLT] MID: 204
 LOCATION: MTR (DE) ZRL DATE: 25 Jan 1995/14:33:32 RPM: 1770
 FREQ: 30.23 Hz ORDER: 1.02 X LEVEL: 21 dBmV DELTA: 30.23/1.02X

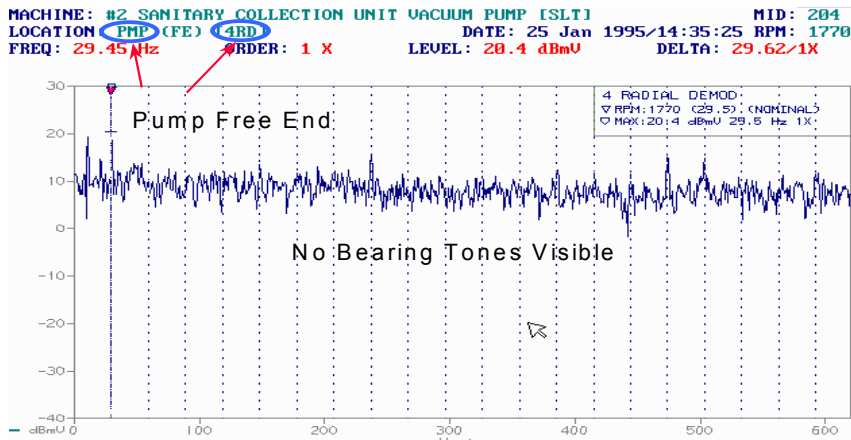


(Figura 5. Espectro demulado que muestra el mismo tono de balero con armónicas)

MACHINE: #2 SANITARY COLLECTION UNIT VACUUM PUMP [SLT] MID: 204
 LOCATION: PMP (FE) ZRL DATE: 25 Jan 1995/14:35:08 RPM: 1770
 FREQ: 29.45 Hz ORDER: 1 X LEVEL: 87.2 VdB DELTA: 29.63/1X



(Figura 6. Espectro de banda angosta del extremo de la bomba de la misma máquina. Note la presencia del mismo tono de balero de amplitud alta. Si colectamos solo datos del espectro de banda angosta, asumimos que la falla esta en el balero de la bomba)



(Figura 7. Los datos demulados del extremo de la bomba no tienen tonos de balero, mientras que la demodulación en el extremo del motor tiene una relación directa (Figure 5). ¿Dónde está la falla del balero?)

Datos Complementarios

La pregunta es: Si podemos identificar un problema de baleros con una técnica, ¿por qué tenemos que considerar una alternativa?

Una razón para usar demodulación se ilustra en esta aplicación con una bomba o soplador. Con bombas y sopladores usted continuamente encontrará mucho flujo de ruido o vibración aleatoria que incrementa el ruido de piso en el espectro. Usted no será capaz de ver el tono de balero en el espectro de banda angosta a menos de que use un filtro de alto paso que lo libere del ruido. Además, el incremento en el ruido de piso producido por el flujo de ruido a menudo parece similar al causado por el severo desgaste de los baleros. ¿Cómo nota usted la diferencia si no está claramente identificable el tono de balero en el ruido, o si es incierto que los pequeños picos que crecen fuera del ruido de piso son tonos de balero o no? La demodulación puede ser extremadamente útil en esta situación. Filtrando el ruido de baja frecuencia, podemos acercarnos a la frecuencia resonante del armazón del balero para identificar los tonos de balero... y detectarlos antes de que se vuelvan lo suficientemente fuertes para aparecer en el espectro de banda angosta.

Desafortunadamente, no podemos usar solo demodulación porque no tenemos suficiente evidencia para reclamar que el nivel absoluto (el nivel excedente de ruido de piso) de una señal demulada proporciona una indicación de falla severa en baleros. De hecho, no creo que siempre seamos capaces de hacer esa aseveración. La razón es que la demodulación ve el rango al cual el continuo sonido del armazón del balero se hace más ruidoso. Si esta frecuencia es esencialmente aleatoria debido a las numerosas fallas y mucho ruido del balero, entonces la señal demulada también parece ser ruido. En otras palabras, si el sonido del armazón del balero se hace más ruidoso en general, como opuesto para obtener ruido en intervalos discretos como 7.4 x por revolución del eje, entonces no obtendremos nada. De hecho, como la falla en los baleros se vuelve peor, la demodulación puede realmente irse!

Además, el nivel del pico en el espectro demodulado es simplemente relativo a que tan ruidosos son los "clicks" comparados con el sonido de fondo del armazón del balero. Este radio solo no es suficiente para hacer una correlación con la severidad de la falla del balero. Actualmente tiene más que hacer con la estructura del balero y las propiedades de amortiguamiento que ninguna otra cosa más.

Demodulación como información extra

La demodulación es ciertamente útil por varias razones. Si usted ve un problema en la demodulación es probablemente un tono de balero. Entonces puede esperar que aparezca en el espectro de banda angosta. Recíprocamente, si usted ve un extraño pico no sincrónico (no un múltiplo exacto del rango del eje) en el espectro de banda angosta, y también lo ve en la demodulación, puede estar seguro de que es un tono de balero como opuesto a la vibración externa. Finalmente, si ve tonos de baleros en el espectro de banda angosta de datos de dos diferentes puntos de la máquina a la misma frecuencia, y los datos demulados tienen picos que coinciden en un punto (pero no en otro), podemos asumir que el punto común es el que tiene problema de baleros.

La demodulación también es útil para diagnosticar problemas con los elementos rodantes de los baleros en máquinas de baja velocidad. Si usted tiene una máquina que rota a 60 RPM (1 Hz) y quiere encontrar tonos de balero en un rango entre 3x y 10x, la frecuencia de esos tonos será menos de 10 Hz. Cuando se usa un espectro de velocidad, la integración de aceleración a velocidad actúa como un filtro de alto paso de 10 Hz haciendo que estas bajas frecuencias sean menos útiles. Además, la mayoría de los colectores de datos de vibración usan un filtro de paso de 10 Hz por default por esta misma razón.

Afortunadamente, los datos demulados seguirán siendo válidos dado que la frecuencia resonante del balero continúa siendo de alta frecuencia. Aunque esta fuera del alcance de este artículo, debe decirse que al usar la forma de onda de tiempo es útil para ver los "clics" individuales de las fallas en baleros en máquinas de baja velocidad.

La demodulación no debe usarse en máquinas recíprocas como motores de diesel o **compresoras de pistones**, debido a las vibraciones de alta frecuencia causadas por el impacto de los pistones. La demodulación tampoco funciona bien en los motores de impulsión con frecuencia variable (VFD's) debido a las armónicas de alta frecuencia de la velocidad de ejecución. Y, no debe usarse en motores con interruptor ya que los impactos del escobillón en el interruptor también causan vibraciones de alta frecuencia, el cual interfiere con los datos.

Contacte a Alan Friedman, DLI Engineering, 253 Winslow Way West, Bainbridge Island, WA 98110-2509; (206) 842-7656
www.dliengineering.com.

Acerca del autor

Alan Friedman está graduado en la Universidad de Tufts en Medford, Massachusetts en 1990 con BS en Ingeniería Mecánica. Alan ha sido un valioso miembro de DLI por cerca de 12 años. Ha trabajado en las áreas de desarrollo de software, desarrollo del sistema experto, análisis de datos, entrenamiento, instalación de programas de mantenimiento predictivo y como consultor.