

ANALISIS ESPECTRAL DE VIBRACION NO LINEAL PROCEDENTE DE MAQUINARIA INDUSTRIAL (Parte I)

FERNANDO BOLAÑOS

BRUEL & KJAER IBERICA, S.A.
Valencia, 84-86 int. Local 4
08015 BARCELONA

ESC.INGENIERIA LA SALLE
Paseo Bonanova, 6
08022 BARCELONA

INTRODUCCION

En algunas instalaciones industriales tiene lugar la presencia de suelos no planos, de suelos provistos de chapa de acero entre perfiles, etc...Estos suelos, a veces con defectos geométricos, en ocasiones con capacidad de bombeo de deformación, dan lugar a vibraciones anómalas, tanto desde el punto de vista del nivel, como desde el de los análisis espectrales de estas máquinas e instalaciones. Los análisis espectrales nos pueden permitir hallar defectos en maquinaria tanto por el uso de las mismas como por defectos en la instalación de las máquinas y conjuntos de producción. Cuando los análisis espectrales son excesivamente complejos, se da lugar a interpretaciones erróneas y, en ocasiones, demasiado difíciles. Por ello, los defectos que existen en la fase constructiva inicial o de modificaciones de infraestructura, deben llevarse al mínimo o aplicar corrección temprana, con objeto de no enturbiar la situación dinámica de los equipos rotativos. Estos problemas pueden asimilarse de una forma análoga a lo que podríamos llamar aumento de entropía y que da lugar al consabido desorden o desarreglo, con la implicación espectral de firma dificultosa o rara, e incluso cambiante.

ALGUNAS FORMAS NO LINEALES EN ESTRUCTURAS

Como se recordará del álgebra lineal; los sistemas físicos lineales cumplen una serie de condiciones muy importantes, que generalmente garantizan solución matemática analítica para estos (métodos matriciales, ecuaciones diferenciales, etc.).

Aquellos sistemas que no cumplen con el principio de superposición, no son lineales y por lo general, la solución se obtiene por linealización y aproximación a sistema lineal próximo. Existen múltiples manifestaciones no lineales de estructuras y sistemas mecánicos, las más características son las llamadas no lineales duras y las blandas. Las de tipo duro se reconocen por "abollamiento" de la frecuencia de resonancia en el sentido de inclinación de la cabeza o pico a las frecuencias superiores. Las de tipo blando dan asimetría de los picos de las frecuencias naturales con picos desplazados a frecuencias inferiores.

En todo caso, existen unos rasgos característicos que nos pueden indicar si un sistema tiene comportamiento lineal o no lineal. Estos rasgos aparecen de una manera en régimen estacionario de giro y tienen otra manifestación para régimen transitorio, cuando se buscan las frecuencias naturales o propias de un sistema. En este último caso, a parte de las asimetrías de picos reseñadas anteriormente, existen manifestaciones importantes como, mala repetibilidad de un ensayo (variación de la frecuencia de resonancia) o dependencia de las condiciones iniciales de la excitación del sistema cuya frecuencia natural se está buscando. Otra manifestación no lineal es el trabajo excesivo para hallar las frecuencias principales de resonancia, en ocasiones el sistema no exhibe frecuencias propias (a algunos

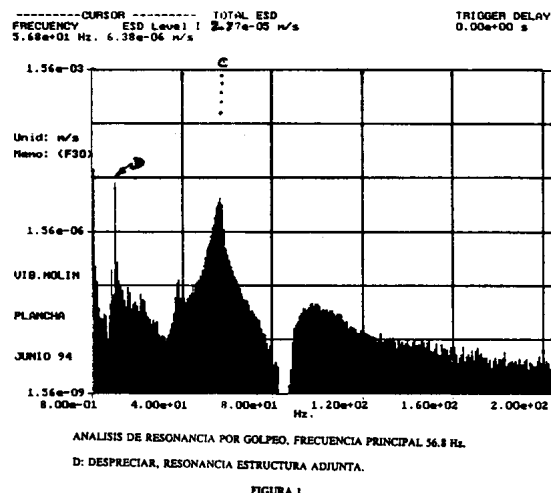
estímulos muestra su respuesta y a otros estímulos parece no reaccionar).

EJEMPLO PRACTICO, BASE INDUSTRIAL CON PLACA DE ACERO DE DOS ESTADOS.

La llamada función potencial de doble pozo es una función con dos mínimos de potencial unidos por un máximo centrado. Los dos mínimos forman regiones del plano de fase de equilibrio estable. El máximo indica una zona de equilibrio inestable. Un cuerpo puede oscilar en torno de cualquiera de los dos puntos de equilibrio estable a las frecuencias naturales que corresponda para cada pozo de potencial. También es posible un movimiento en torno de los dos puntos de equilibrio estable que, naturalmente, abarque al punto de equilibrio inestable. Este movimiento es, también, naturalmente, de mayor amplitud que los movimientos en torno de los puntos individuales de equilibrio. En algunas instalaciones pueden apreciarse, motores, y en general maquinaria colocada sobre estructuras delgadas con capacidad de movimiento de salto discreto o "flip-flop".

Cuando esto ocurre hay que tener mucho cuidado por su carácter inestable e irregular. Si un motor desequilibrado está instalado sobre una base de este tipo no puede procederse al equilibrado, in situ del rotor sin antes no proceder a la linealización estructural, es decir, a la modificación de la estructura, de modo que quede libre del "flip-flop", y posteriormente podrá equilibrarse sin dificultades el motor.

La figura 1 presenta el análisis de Fourier de la(s) frecuencia(s) naturales de este suelo y la figura 2 el detalle del pico fundamental en el que se observa la no linealidad de tipo 1. Las figuras 3 y 4 son análogas para otro impulso de excitación con un 50% de incremento de fuerza. Nótese la aparición de una segunda resonancia a 93,6Hz. Las figuras sucesivas muestran el comportamiento de esta base flexible y con dos puntos de equilibrio estable cuando se la excita con el vibrador electrodinámico Bruel & Kjaer 4808 a diversas frecuencias senoidales que se indican en las figuras. Obsérvese que cuando la plancha vibra a la frecuencia de la excitación aparecen armónicos de nivel moderado. Cuando tiene lugar una vibración en torno de los dos puntos de equilibrio (las dos frecuencias naturales) el sistema da lugar a la presencia de un subarmónico de frecuencia mitad a la excitación (X/2), y a estructuras espectrales complejas de modulación de frecuencias. Nótese que el "enganche" respecto de dos puntos de equilibrio tiene lugar algo por encima y por debajo del segundo modo propio del 93,6 Hz. A 92 Hz en secuencia de frecuencia descendente desaparece el subarmónico X/2, (figura 11). Pero en secuencia de frecuencia no descendente a 83,2 Hz todavía existe la componente de X/2, (figura 5). Con ello se pone en evidencia la histéresis de ascenso o descenso frecuencial, también característica de estos sistemas. Las figuras restantes de respuesta de la placa a la excitación senoidal, clarifican algunas situaciones para las que la estructura se comporta de modo convencional (la frecuencia de la respuesta es la de la excitación) o bien de modo no lineal de potencial de doble pozo en los que aparece el subarmónico de orden mitad (X/2).



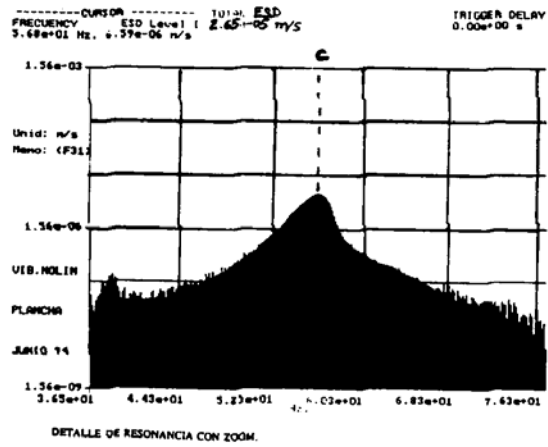


FIGURA 1

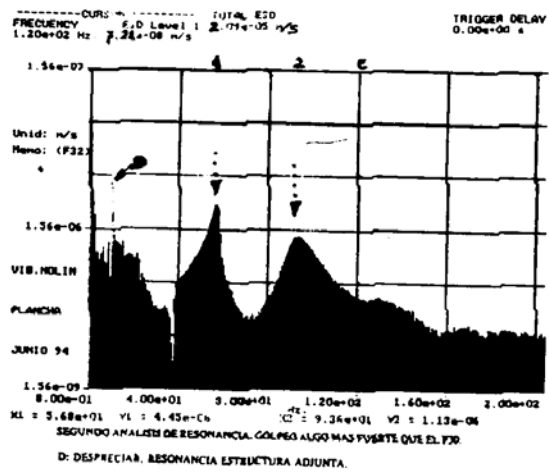


FIGURA 3

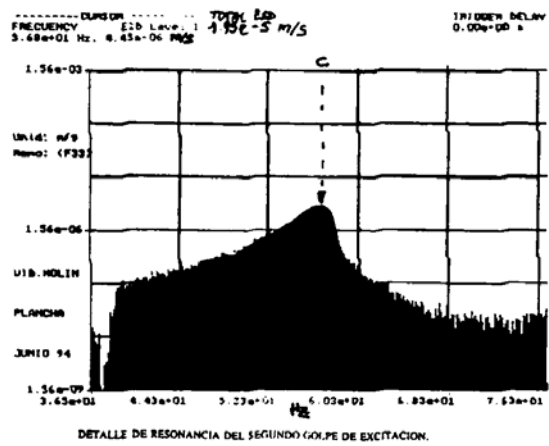


FIGURA 4

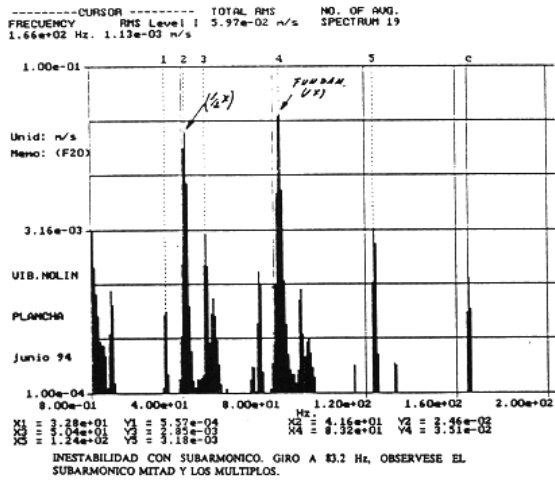


FIGURA 5

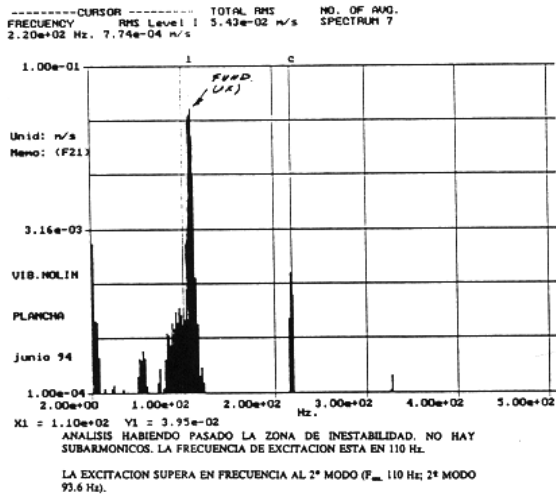


FIGURA 6

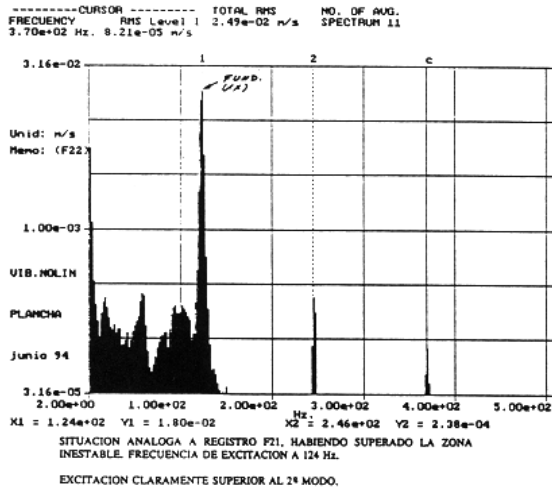


FIGURA 7