

4. Instrumentos en vibración

4.1 Introducción

La figura siguiente muestra un esquema típico de experimentación en vibraciones. Las vibraciones generadas por una fuente en el cuerpo para captar la respuesta. En algunos ensayos, la señal de excitación puede estar generada y controlada por un sistema excitador, caso del martillo instrumentado, y en otros casos por el propio ambiente, como ocurre en los ensayos en vehículos.

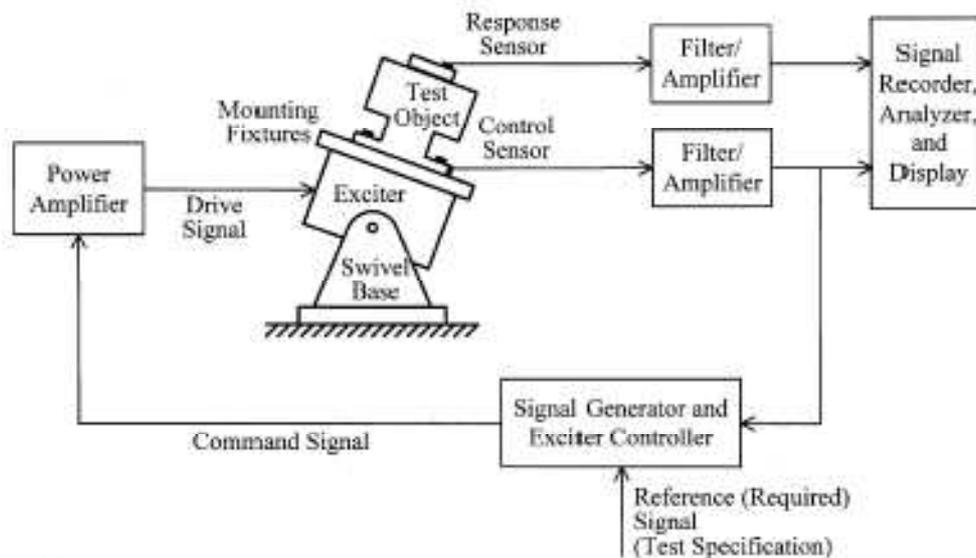


Fig. 4. 1 Esquema de elementos de test de vibración

Los sensores son necesarios para medir las vibraciones en la estructura de estudio. Se utilizan tanto para medir las excitaciones introducidas en el sistema como para medir las respuestas. Un sensor transductor es un componente del sistema de medida capaz de procesar información y energía. Los ensayos de vibración, como lo es el análisis modal, requieren del uso de estos elementos para medir el movimiento y las fuerzas implicadas. Por otro lado, se requiere de sistemas de adquisición, para poder trabajar a posteriori con las medidas realizadas. Se engloban los analizadores dentro de este grupo.

En este capítulo se hará una breve descripción de algunos elementos. En primer lugar se describirán los acelerómetros y sus características principales. Luego los distintos sistemas de excitación, entre ellos el martillo instrumentado. Se acabará haciendo referencia a los analizadores, que permiten obtener una serie de datos utilizables de las señales ofrecidas por los elementos anteriores.

4.2 Acelerómetros

Los acelerómetros producen una señal proporcional a la aceleración a la cual se ven sometidos. Son de pequeño tamaño generalmente, poseen un amplio rango de frecuencias útiles en las que poder medir.

Hay que recordar que los acelerómetros van unidos a la estructura. Por ello, el incremento de masa que estos suponen a la estructura de estudio puede ser apreciable, modificando así los resultados obtenidos o esperados (se requiere de un estudio de variabilidad al unir estos elementos).

Se puede considerar al acelerómetro piezoeléctrico como el transductor estándar para medición de vibración en máquinas. Una masa sísmica está sujeta a la base con un perno axial, que se apoya en un resorte circular. El elemento piezoeléctrico está ajustado entre la base y la masa.

La fuerza ejercida sobre el cristal o material piezoeléctrico es la inercia de la masa auxiliar. Los acelerómetros son lineales en el sentido de la amplitud. Se puede comprobar teóricamente que la relación entre la aceleración de la masa del acelerómetro \ddot{x} y la aceleración de la base \ddot{z} (aceleración del punto de la estructura en estudio donde se ha añadido el acelerómetro) permanece constante en un amplio rango de frecuencias. En el siguiente dibujo se puede ver la composición interna de un acelerómetro:

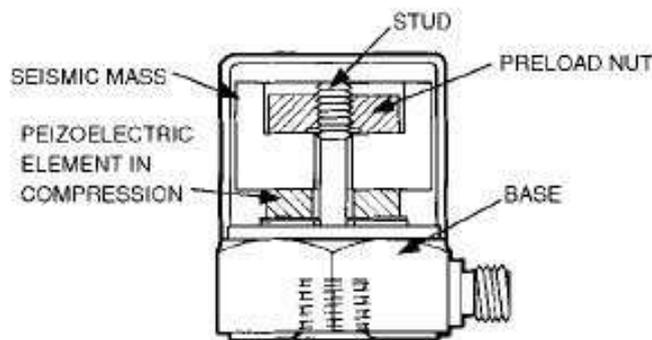


Fig. 4. 2 Esquema interior de un acelerómetro

La frecuencia natural del acelerómetro es la variable más importante para predecir el rango de uso. Para el uso correcto del acelerómetro es necesario entonces conocer la frecuencia de resonancia más baja y la máxima aceleración que se puede alcanzar sin alcanzar la saturación. El rango de frecuencias del acelerómetro es muy ancho y se extiende desde frecuencias muy bajas, de algunas unidades, hasta varias decenas de kilohertzios. El rango dinámico del acelerómetro se define como el rango de aceleraciones para el cual es capaz de proporcionar medidas fiables.

En la siguiente figura se muestra una curva en respuesta en frecuencia típica de un acelerómetro piezoeléctrico. La salida en la gráfica se representa por milivoltios por g (aceleración) para cada frecuencia. La frecuencia de resonancia se representa por f_n . Normalmente, si el acelerómetro está montado de forma conveniente, el límite de la frecuencia útil es $f_n/3$.

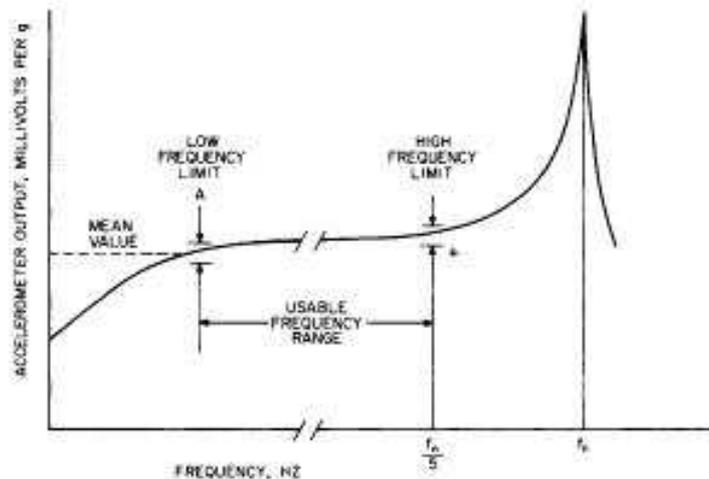


Fig. 4. 3 Función de respuesta en frecuencia de un acelerómetro

La mayoría de los acelerómetros que hoy en día se usan en la industria son del tipo "PCI", lo que quiere decir que tienen un preamplificador interno de circuito integrado.

Por último es necesario hablar de la calibración. Durante este proceso se aplica una entrada conocida al instrumento y luego se registra su respuesta, con el fin de obtener una relación entre la entrada y la salida. Se determina de esta forma la sensibilidad y la linealidad en el rango de la frecuencia.

Generalmente los acelerómetros se suministran debidamente calibrados, y mediante el uso apropiado permanecerán así, guardando sus condiciones normales de operación. Es conveniente realizar revisiones periódicas para comprobar la calibración. Los suministradores entregan con cada acelerómetro una hoja técnica con las distintas características y su curva de respuesta.

4.3 Sistemas de excitación

Las fuentes de excitación que se utilizan con más frecuencia son el excitador y el martillo. El excitador requiere de la unión a la estructura (modifica la geometría) y el segundo es del tipo impacto.

El primero de ellos, el excitador, puede clasificarse en electromagnéticos o electrohidráulicos. Dependiendo del rango de frecuencias que se quieran excitar, unos presentan unas ventajas e inconvenientes.

En el excitador electromagnético, se aplica una corriente alterna a una bobina, provocando una fuerza en el eje, transfiriéndose a la estructura en el punto de unión. La amplitud y la frecuencia de excitación se controlan de forma independiente, lo que favorece una mayor flexibilidad al ensayo.

Los excitadores electrohidráulicos se usan para excitaciones de baja frecuencia que requieran de grandes fuerzas y bajas velocidades. Varían normalmente entre los 0-1000Hz. Son más caros y complejos que los anteriores, aunque son más compactos. Consisten en un pistón que transmite la carga a la estructura mediante el movimiento de un cilindro. Una servo válvula controlada eléctricamente alimenta con aceite a presión el émbolo. En la siguiente figura se muestra un esquema del mismo:

El excitador es un mecanismo unidireccional. Si la unión del excitador y la estructura no es estudiada con precaución, podríamos estar generando fuerzas en una dirección inadecuada, lo que se traduce en una función de respuesta en frecuencia (FRF) no deseada. La solución suele ser realizar la unión en la dirección deseada mediante un mecanismo rígido y flexible en las otras.

El otro mecanismo de excitación comentado es el martillo calibrado. Posee normalmente distintos tipos de cabezales dependiendo su uso según la estructura a golpear y niveles de fuerzas deseados.

Lleva incorporado una célula de carga en la punta, para medir las aceleraciones de este. Básicamente, la magnitud del impacto está determinada por la masa de la cabeza y la velocidad de impacto. Distintos componentes del mismo permite variar la masa (masa adicional). La distinta figura muestra una imagen del martillo y distintos cabezales:



Fig. 4. 4 Imagen de un martillo instrumentado

El rango de frecuencias excitado por este tipo de excitadores está controlado por la rigidez de las superficies de contacto y la masa del martillo. Cuando el martillo impacta se le comunica a la estructura un pulso de fuerza. El pulso y el contenido en frecuencia puede encontrarse en la figura siguiente.

EL rango útil de frecuencias varía desde 0 Hz hasta la frecuencia de corte, definida como aquella en la que la amplitud del espectro disminuye entre 10 y 20dB respecto al máximo.

La frecuencia de corte nos advierte de la frecuencia a partir de la cual no se le transmite suficiente energía. Para aumentar dicha frecuencia, se requiere de un pulso de un tiempo menor (aumentando la dureza de la cabeza del martillo). Sin embargo, a su vez lleva asociado un requerimiento de fuerza aplicada, para tener una energía suficiente. Por tanto, el rango de frecuencias que excitemos depende de la elección apropiada de los cabezales.

Los martillos calibrados se fabrican con distintos pesos (variando entre gramos y toneladas). Se cubre un rango de frecuencias entre 0-5000Hz con los pequeños, y entre 0-10kHz con los grandes.

La principal ventaja de test en los que se implican los martillos calibrados es que son rápidos en montaje, convenientes y de bajo coste comparativo.

4.4 Analizador

Las señales analógicas de entrada (provenientes de los sistemas descritos anteriormente) se filtran, se muestrean y se digitalizan para obtener una serie de registros digitales. La relación de muestreo y la longitud de los registros determinan el rango de frecuencias y resolución del análisis.

Una vez la señal de respuesta ha sido condicionada, se conduce a un analizador para su procesamiento. Este proceso de análisis es una de las actividades mayores en cuanto a tiempo se refiere. Normalmente, requiere extraer las componentes individuales de frecuencia de las señales que capta (armónicos). EN algunos casos la señal directamente para procesarla o para eliminar ruidos.

Se distinguen dos tipos de analizadores: analógicos y digitales. Los primeros están prácticamente en desuso.

Los digitales muestrean la señal, de duración T segundos, mediante un convertidor analógico/digital, con una relación de muestreo constante. Obviamente, disminuyendo la relación de muestreo se captará más fielmente la señal analógica, a cambio de mayor cómputo operacional. Se basan estos en el algoritmo FFT, descrito en el capítulo anterior, haciendo el proceso mucho más rápido.

Los analizadores miden los parámetros específicos de interés para hallarlas funciones FRF de los sistemas.