

ANEXO 14

REINGENIERÍA

Estudio de las vibraciones

Una vibración u oscilación es un movimiento que se repite con todas sus características después de un intervalo de tiempo, llamado período de la vibración, al estudiarlas se deben considerar los siguientes aspectos: La ley de repetición del movimiento, es decir la frecuencia del sistema mecánico; el tiempo que tarda el cuerpo en regresar a su posición de equilibrio (posición inicial) con el mismo sentido de su movimiento (periodo de las oscilaciones) y la desviación máxima desde la posición de equilibrio (amplitud de la variación).

En el diseño propuesto se puede observar que la principal razón de la existencia de esas vibraciones es la vibración forzada debida a un desbalance másico rotatorio, estas excitaciones pueden ser indeseables para los equipos debido a que pueden perturbar su operación o la seguridad de la estructura. Además la estructura como tal presenta una frecuencia natural que refleja su comportamiento a la excitación proporcionada por el movimiento de la excéntrica y el motor.

Para resolver estas vibraciones dada la complejidad del asunto en este estudio de investigación solo se recomendarán dos posibilidades:

- Emplear un sistema de amortiguación de las vibraciones a la estructura de la máquina.

- Hacer un balanceo del disco excéntrico para las distintas posiciones de la corona, lo que podemos llamar un balanceo variable.

Amortiguación

El amortiguamiento es un sinónimo de absorción de energía en los sistemas vibratorios. Este hecho puede aparecer como parte del comportamiento interno de un material, de rozamiento, o bien, un elemento físico llamado amortiguador.

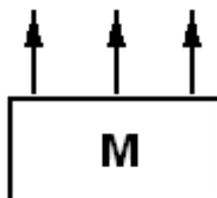
La máquina de indentación dinámica posee una vibración no amortiguada, donde la energía que se genera no es disipada.

Para determinar el comportamiento vibratorio de la máquina de indentación dinámica es necesario hacer un estudio del número de grados de libertad que posee todo el sistema, de tal forma que se pueda definir mediante ecuaciones matemáticas la posición de cada elemento en un instante.

Algunos sistemas de amortiguación son los siguientes:

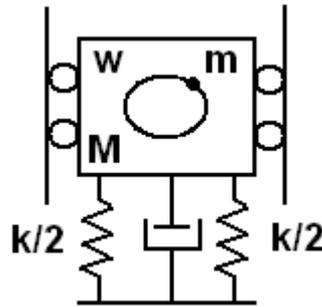
A) Sistema amortiguado

$$kx \quad c\dot{x} \quad kx$$



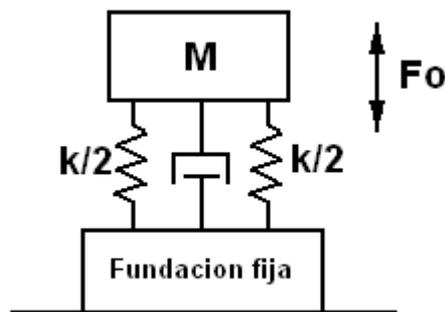
Sistema amortiguado

A) Sistema masa-resorte-amortiguador, restringido a moverse en la dirección vertical y excitada por una maquina rotatoria no balanceada.



Sistema amortiguado con desbalance por masa excéntrica rotatoria

B) Sistema con fundación fija.



Sistema con fundación fija

Frecuencia Natural

La frecuencia natural es la frecuencia propia de un cuerpo o sistema al poseer elementos elásticos e inerciales. Es la frecuencia resultante de la vibración libre. La vibración libre es cuando un sistema vibra debido a una excitación instantánea.

De cualquier estructura física se puede hacer un modelo en forma de un número de resortes, masas y amortiguadores. Los amortiguadores

absorben la energía pero los resortes y las masas no lo hacen. Si se le aplica energía a un sistema resorte- masa, el sistema vibrará a su frecuencia natural, y el nivel de las vibraciones dependerá de la fuerza de la fuente de energía y de la absorción inherente al sistema. . La frecuencia natural de un sistema resorte-masa no amortiguado se da en la siguiente ecuación:

$$Fn = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Donde:

F_n = la frecuencia natural

k = la constante del resorte o rigidez

m = la masa

De eso se puede ver que si la rigidez aumenta, la frecuencia natural también aumentará, y si la masa aumenta, la frecuencia natural disminuye. Si el sistema tiene absorción, lo que tienen todos los sistemas físicos, su frecuencia natural es un poco más baja y depende de la cantidad de absorción.

Un gran número de sistemas resorte-masa-amortiguación que forman un sistema mecánico se llaman "grados de libertad", y la energía de vibración que se pone en la máquina, se distribuirá entre los grados de libertad en cantidades que dependerán de sus frecuencias naturales y de la amortiguación, así como de la frecuencia de la fuente de energía.

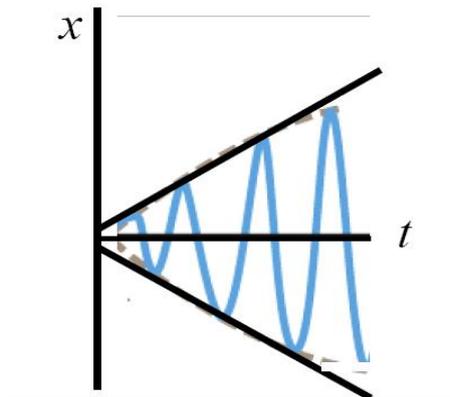
Por esta razón, la vibración no se va a distribuir de manera uniforme en la máquina. Por ejemplo, en una máquina activada por un motor eléctrico una fuente mayor de energía de vibración es el desbalanceo residual del

rotor del motor. Esto resultará en una vibración medible en los rodamientos del motor. Pero si la máquina tiene un grado de libertad con una frecuencia natural cerca de las RPM del rotor, su nivel de vibraciones puede ser muy alto, aunque puede estar ubicado a una gran distancia del motor. Es importante tener este hecho en mente, cuando se hace la evaluación de la vibración de una máquina. La ubicación del nivel de vibración máximo no puede estar cerca de la fuente de energía de vibración. La energía de vibración frecuentemente se mueve por largas distancias por tuberías, y puede ser destructiva, cuando encuentra una estructura remota con una frecuencia natural cerca de la de su fuente.

Resonancia

La resonancia es un estado de operación en el que una frecuencia de la fuerza exterior se iguala a una frecuencia natural de la estructura de la máquina; Entonces, definimos la frecuencia natural, como la frecuencia a la que un sistema mecánico seguirá vibrando, después que se quita la señal de excitación. Una estructura típica tendrá siempre al menos una frecuencia natural.

Cuando ocurre la resonancia, los niveles de vibración que resultan pueden ser muy altos y pueden causar daños muy rápidamente ya que la amplitud de vibración crece con el tiempo, por esto nunca se debe operar una maquina a la frecuencia de resonancia.



Gráfica de resonancia

Balanceo

Se define desbalance como la condición en la que el centro de gravedad de una pieza no coincide con su eje de rotación, produciendo esto fuerzas y momentos, los cuales hacen vibrar la maquinaria. Sin importar la razón del desbalance, se soluciona agregando o sustrayendo pesos en posiciones específicas que dependen de la fuerza no equilibrada. La siguiente fórmula se utiliza para calcular la fuerza no equilibrada:

$$F = r \cdot p \cdot n^2$$

Donde:

F es la fuerza giratoria en Kilogramos

p es la masa en gramos

r es la distancia al eje de rotación en metros

n son las RPM

Una máquina equilibradora nos indica la cantidad y la posición de los contrapesos que debemos agregar en cada plano de equilibrado, para evitar las vibraciones ocasionadas por desbalanceo.

El desbalance puede ser producido por:

- Falta de simetría en las partes rotativas de las maquinas, debidas a la fundición, forjado y maquinado.
- Falta de homogeneidad causada por soldaduras.
- Variaciones en la estructura química y cristalina del material, causadas por el vaciado o tratamiento térmico.
- Flecha arqueada.
- Excentricidad del anillo interior de los baleros que soportan las piezas giratorias.

Los problemas más comunes causados por la vibración debida al desbalance son:

- Excesivo desgaste en los puntos de apoyo o chumaceras.
- Se producen ruidos adicionales en el equipo.
- Desajuste de tornillos, tuercas, etc.
- Posibilidad de que ocasione fallas por fatiga en las tuberías o en la estructura del sistema desbalanceado.

En el caso de la máquina de indentación dinámica la pieza que genera el desbalance es la excéntrica, ya que una pieza de este tipo no tiene su masa distribuida uniformemente sobre su eje de rotación, lo cual ocasiona vibraciones excesivas que tienden a aflojar los tornillos y tuercas e incluso originar el movimiento de toda la máquina (su traslación). Esto trae como consecuencia alteraciones en los resultados de los ensayos.

Existen dos tipos de desbalance:

- Desbalance estático.
- Desbalance dinámico.

Por lo general un rotor en la práctica tiene ambos tipos de desbalance, como es el caso de la excéntrica descrita en el presente trabajo. Presenta desbalance estático ya que su masa no se encuentra distribuida uniformemente alrededor de su eje de rotación, y además presenta desbalance dinámico ya que posee diferentes masas a lo largo de su eje de rotación en diferentes planos.

Desbalance dinámico o de momento

Este tipo de desbalance es llamado así debido a que se presenta y se corrige solo cuando el rotor está girando. Se manifiesta cuando una pieza alargada en rotación tiene masas colocadas en planos distintos.

En este caso el eje de rotación puede pasar por el centro de gravedad y estar balanceado estáticamente, pero no dinámicamente, ya que el par o momento originado por las fuerzas centrífugas generadas por las masas en rotación produce vibración. Este tipo de desbalance es común en rotores largos como turbinas, motores o generadores.

Como solución a las vibraciones de la máquina de indentación dinámica es necesario un balanceo variable, esto quiere decir, un balanceo para distintas posiciones del disco excéntrico (la excentricidad varía dependiendo de la fuerza que se quiera aplicar). Esto puede lograrse con un sistema de pesas atornilladas a la periferia del disco, dispuestas con una

leyenda que indique que peso y en que orificio debe colocarse, dependiendo de la excentricidad o fuerza con la cual se ensayara.

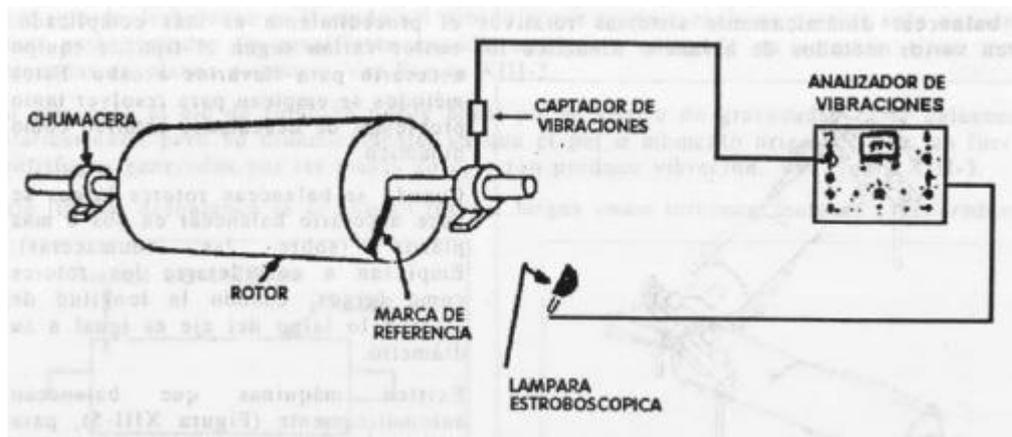
Esta solución puede parecer un poco engorrosa a la hora de ensayar, pero es la única manera de poder disminuir las vibraciones para cualquier posición del disco excéntrico.

Para lograr el balanceo variable se hace un balanceo dinámico del disco para distintos valores de excentricidad, por ejemplo, se pueden balancear para 4 posiciones, teniendo el rango de 0mm a 40mm. Esto quiere decir que se balanceara 4 veces.

Balanceo dinámico

Esto consiste en alterar la distribución de la masa de un rotor (excéntrica) con el objeto de eliminar las vibraciones debidas a desbalance que se producen sobre las chumaceras o puntos de apoyo del mismo. Existen varios métodos de balanceo dinámico los cuales varían según el tipo de equipos necesarios para llevarlos a cabo.

Estos métodos se emplean para resolver tanto problemas de desbalance estático como dinámico. Existen máquinas que balancean automáticamente para utilizar estas es necesario llevar el rotor a la maquina y efectuar el balanceo según el procedimiento recomendado por la máquina balanceadora, en la Escuela de Ingeniería Mecánica de la U.C.V. se tiene dicha maquina, un balanceador dinámico que pertenece al laboratorio de mecanismos.



Esquema de una máquina balanceadora

Se coloca el captador sobre la chumacera y la señal se manda al analizador de vibraciones. El analizador es sintonizado a la frecuencia correspondiente a la velocidad de rotación del rotor.

La salida del analizador de vibraciones se utiliza para disparar la lámpara estroboscópica del mismo. La señal de la vibración causada por el desbalance se lee en la carátula de amplitudes del analizador.



Máquina balanceadora de la E.I.M. UCV