



FÍSICA I

PRINCIPIO DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD Y BALANCEO EN SISTEMAS ROTACIONALES

El análisis de estabilidad y balanceo en sistemas rotacionales es fundamental para garantizar un funcionamiento suave, seguro y eficiente de maquinaria y equipos industriales. Los desequilibrios en la distribución de masa pueden provocar vibraciones, cargas dinámicas excesivas y fallas prematuras en los componentes (Pérez Oviedo, 2023).

La estabilidad rotacional se refiere a la capacidad de un sistema para mantener su orientación y velocidad angular en presencia de perturbaciones externas. Un alto momento de inercia alrededor del eje de rotación contribuye a la estabilidad, ya que se requieren pares más grandes para cambiar la velocidad angular del sistema. Este principio se aplica en el diseño de volantes de inercia, giroscopios y estabilizadores de plataformas móviles (Lifante et al., 2015).

Por otro lado, el balanceo se refiere a la distribución uniforme de la masa alrededor del eje de rotación para minimizar las vibraciones y las cargas dinámicas. Un sistema rotacional desequilibrado genera fuerzas centrífugas que varían en magnitud y dirección, lo que resulta en vibraciones y esfuerzos alternantes en los componentes. El balanceo se puede lograr mediante la adición o eliminación de material en puntos estratégicos, o mediante el uso de contrapesos ajustables (Irodov, 2010).

En la práctica, el análisis de estabilidad y balanceo implica la medición de las vibraciones y la identificación de las frecuencias críticas del sistema. Las técnicas de análisis modal y la simulación dinámica por elementos finitos permiten predecir el comportamiento del sistema y optimizar su diseño. Además, se pueden emplear técnicas de balanceo en campo, como el balanceo en uno o dos planos, para corregir desequilibrios en maquinaria instalada (Bujovtsev, 2010).

Ejercicio resuelto

Un rotor de 50 kg está montado en un eje de 2 m de longitud y 10 cm de diámetro. El eje está soportado por dos rodamientos en sus extremos. Si se detecta una vibración excesiva a una velocidad angular de 1500 rpm, y se determina que hay un desequilibrio de 100 g·cm a un radio de 20 cm, calcular la fuerza centrífuga generada por el desequilibrio y sugerir una solución de balanceo.

Solución

Datos:

- ✓ **Masa del rotor:** $M = 50 \text{ kg}$
- ✓ **Longitud del eje:** $L = 2 \text{ m}$
- ✓ **Diámetro del eje:** $d = 0,1 \text{ m}$
- ✓ **Velocidad angular:** $\omega = 1500 \text{ rpm} = 1500/60 \cdot 2\pi = 158,08 \text{ rad/s}$
- ✓ **Desequilibrio:** $m \cdot r = 100 \text{ g} \cdot \text{cm} = 0,001 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Paso 1. Calcular la fuerza centrífuga generada por el desequilibrio.

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$F_c = 0,001 \cdot (157,08)^2 \cdot 0,2 = 4,93 \text{ N}$$

Paso 2. Sugerir una solución de balanceo.

Para corregir el desequilibrio, se puede añadir o eliminar masa en el plano del desequilibrio.

En este caso, se sugiere añadir una masa de equilibrio m_b a un radio r_b diametralmente opuesto al desequilibrio, de tal manera que:

$$m_b \cdot r_b = m \cdot r = 0,001 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Por ejemplo, se podría añadir una masa de 5 g a un radio de 20 cm:

$$m_b = 5 \text{ g} = 0,005 \text{ kg}$$

$$r_b = \frac{m \cdot r}{m_b} = \frac{0,001}{0,005} = 0,2 \text{ m}$$

Comprobación:

$$m_b \cdot r_b = 0,005 \cdot 0,2 = 0,001 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

La adición de esta masa de equilibrio cancelará la fuerza centrífuga generada por el desequilibrio, reduciendo así las vibraciones y las cargas dinámicas en el sistema.

El **análisis de estabilidad y balanceo**, es un proceso iterativo que puede requerir varias mediciones y correcciones, hasta lograr un equilibrio aceptable. En sistemas críticos, como turbinas y compresores, se emplean técnicas avanzadas de balanceo, como el balanceo dinámico en múltiples planos, para garantizar un funcionamiento suave y seguro en todo el rango de velocidades de operación.

En resumen, **el momento de inercia y su relación con la masa y la geometría**, son aspectos fundamentales en el diseño y análisis de sistemas rotacionales en la ingeniería industrial. La comprensión de estos conceptos permite optimizar el rendimiento, la eficiencia y la vida útil de maquinaria y equipos, contribuyendo así a la productividad y competitividad de las empresas. Se ha explorado la aplicación de estos principios en el diseño de volantes de inercia, el análisis de vibraciones y el balanceo de rotores.