

RESUMEN

En esta Tesis se aborda el estudio de la interacción dinámica de un vehículo ferroviario con la vía a través de la incorporación en el modelado de la flexibilidad de los elementos que componen el sistema. La dinámica acoplada del vehículo con la vía determina algunos problemas importantes de la ingeniería ferroviaria como son el ruido de rodadura y la generación de determinados desgastes anormales de la rueda y del carril, lo cual afecta a la seguridad, al impacto ambiental y al coste de la explotación.

Las principales contribuciones de esta Tesis se enmarcan en el modelado del eje montado donde, además de la flexibilidad, se consideran los efectos inerciales asociados al giro. Los trabajos realizados abarcan desde la profundización en el campo de la Mecánica de Rotores en el que se fundamentan los modelos del eje montado, hasta la aplicación a los casos de interés industrial que las hipótesis adoptadas más avanzadas hacen posible plantear.

Para la obtención de la ecuación del movimiento del eje se propone una metodología para sólidos de revolución basada en el uso de un sistema de coordenadas en el que, aprovechando la simetría axial, se utilizan las geometrías deformadas modales en ejes fijos como base para definir el desplazamiento de una partícula en función de su posición espacial en la configuración no deformada (planteamiento modal Euleriano). Al estar formulado en coordenadas espaciales fijas, el modelo es eficiente en aquellos casos en los que hay interacción entre el sólido rotatorio con una estructura no rotatoria, tal como corresponde al caso de un eje ferroviario con la vía. Las hipótesis adoptadas permiten considerar tanto la dinámica cuando el sólido describe una trayectoria arbitraria añadida al movimiento de rotación como el efecto del amortiguamiento interno.

La adopción de un sistema de coordenadas de trayectoria que se mueve según el eje de la vía en combinación con el planteamiento modal Euleriano, han hecho posible obtener una formulación del eje montado en curva cuyo coste computacional asociado es muy bajo. Para ello se desarrolla la ecuación del movimiento adoptando la hipótesis de pequeños desplazamientos con respecto al sistema de trayectoria, e incorporando un modelo de contacto rueda-carril flexible basado en el método de penalti, que considera los perfiles reales de la rueda y del carril.

El modelado general del sistema se lleva a cabo adoptando técnicas de subestructuración en las que los diferentes subsistemas se formulan de manera separada, acoplándose posteriormente a través de las fuerzas que se transmiten entre ellos. En el modelo de la vía se adoptan condiciones de contorno cíclicas que reducen el efecto de borde asociado a la longitud finita de ésta. Los modelos permiten la posibilidad de considerar tanto una vía recta como una vía curva de radio constante.

Los trabajos muestran resultados asociados a determinados casos prácticos que dan origen a la dinámica de alta frecuencia del sistema vía - masas no suspendidas. Se abordan los efectos de las irregularidades de la banda de rodadura y del camino de rodadura en el carril, tales como los planos de rueda (o planos de bloqueo), la corrugación del carril (o desgaste ondulatorio) y la presencia de defectos pseudoaleatorios de onda media o corta (rugosidad). Las simulaciones presentadas en esta Tesis muestran el cálculo de las tensiones en el cuerpo del eje y las fuerzas en el contacto rueda-carril.

Palabras clave: Sólido flexible rotatorio, amortiguamiento modal, coordenadas Eulerianas, vehículo ferroviario, interacción dinámica vehículo-vía, vía curva flexible, rugosidad de carril, plano de rueda, fuerzas de contacto rueda-carril, tensiones dinámicas en eje, fatiga de ejes ferroviarios.