

Resumen

El análisis y el control de las vibraciones cobra especial importancia en muchas ramas de la ingeniería, en especial la ingeniería mecánica, civil, aeronáutica y automovilística. Tal es así que prácticamente se identifica como un área independiente dentro del análisis dinámico de estructuras. Desde los comienzos de esta teoría, las fuerzas disipativas o de amortiguamiento han sido uno de los fenómenos más difíciles de modelizar. El modelo viscoso, por su sencillez y versatilidad ha sido y sigue siendo el gran paradigma de los modelos de amortiguamiento. Sin embargo, como consecuencia de la aparición de materiales con memoria se introdujo el fenómeno de la viscoelasticidad; Ésta, si bien está también íntimamente ligada a la velocidad de la respuesta, necesitó de la introducción de las denominadas funciones hereditarias, que permiten poner a las fuerzas disipativas como función no solo de la velocidad instantánea sino de la historia de velocidades desde el comienzo del movimiento, de ahí el término *memoria*. De forma natural, el avance teórico introducido en el modelo supone también una complicación computacional, pues donde antes teníamos un sistema lineal de ecuaciones diferenciales ahora tenemos un sistema de ecuaciones integro-diferenciales.

El análisis de las vibraciones libres de los sistemas con amortiguamiento viscoelástico conduce a un problema no lineal de autovalores donde la característica principal es una matriz de amortiguamiento que depende de la frecuencia de excitación. El estudio de la solución de autovalores y autovectores de este problema es importante si se desean conocer los modos de vibración de la estructura o si se pretende obtener la respuesta en el dominio de la frecuencia del sistema. El objetivo fundamental de esta Tesis Doctoral es doble: Por un lado, profundizar en el conocimiento del problema de autovalores de sistemas viscoelásticos proponiendo para ello nuevos métodos numéricos de resolución. Por otro, desarrollar un nuevo modelo viscoso que, bajo ciertas condiciones, reproduzca la respuesta del modelo viscoelástico con suficiente aproximación.

La Tesis se divide en ocho capítulos, de ellos el cuerpo principal se encuentra en los seis centrales (Capítulos 2 a 7. Todos ellos son artículos de investigación que, o bien han sido publicados, o bien están en proceso de revisión en revistas con-

tenidas en el Journal Citation Reports (JCR). Por esta razón, todos los capítulos conservan la estructura intrínseca de un artículo, incluidas una introducción y una bibliografía en cada uno.

Los cuatro primeros capítulos (Capítulos 2 a 5) se centran en el estudio del problema no lineal de autovalores. Se proponen dos metodologías de resolución: la primera es un procedimiento iterativo basado en el esquema del punto-fijo y desarrollado para sistemas proporcionales o ligeramente no-proporcionales (aquellos en los que los modos se presentan desacoplados o casi desacoplados). La segunda metodología (presentada en dos capítulos diferentes), denominada paramétrica, permite obtener soluciones casi-analíticas de los autovalores, tanto para sistemas de un grado de libertad como para sistemas de múltiples grados de libertad y dentro de éstos, para sistemas proporcionales y no proporcionales. El estudio del problema de autovalores se completa con un capítulo dedicado a los autovalores reales, también denominados autovalores no viscosos. En él se demuestra una nueva caracterización matemática que deben cumplir dichos autovalores y que permite proponer un nuevo concepto: el conjunto no-viscoso.

Los dos últimos capítulos (Capítulos 6 y 7) analizan el Modelo Viscoso Equivalente como propuesta para la modelización de la respuesta de sistemas viscoelásticos. El análisis se realiza desde el dominio de la frecuencia estudiando la función de transferencia. En una primera etapa (penúltimo capítulo), de naturaleza más matemática, se demuestra que la función de transferencia exacta de un modelo viscoelástico se puede expresar como suma de una función de transferencia propia de un modelo viscoso más un término denominado residual, directamente dependiente del nivel de amortiguamiento inducido y del acoplamiento modal (no-proporcionalidad de la matriz de amortiguamiento). En una segunda etapa (último capítulo), se desarrolla una aplicación para estructuras reales formadas por entramados planos de elementos 1D amortiguados con capas de material viscoelástico. Este tipo de estructuras ha permitido usar una variante mejorada del método paramétrico para la obtención de los autovalores, de forma que en este último capítulo ha servido como nexo de unión de las metodologías más importantes desarrolladas en la Tesis.