

Capítulo 1

Introducción

1.1 Preámbulo

En la actualidad la exigencia de las máximas prestaciones en las máquinas, al mínimo costo, conduce inevitablemente a la reducción de las masas de las piezas en movimiento, lo que permite reducir los tiempos de ciclo, reducir el tamaño del actuador, etc. Todo son ventajas excepto en un punto: al reducir la masa las piezas pierden rigidez y la hipótesis de sólido rígido deja de ser válida.

Esta tendencia afecta también a las estructuras, que al hacerse muy esbeltas tienen tendencia a vibrar demasiado y necesitan métodos de control activo (Preumont 1997). Esta tendencia se agrava con la utilización de nuevos materiales compuestos (composites) que permiten realizar elementos resistentes muy ligeros pero menos rígidos que los convencionales.

Debido a lo anterior es muy interesante estudiar el comportamiento de los sistemas con elementos flexibles, así como de las técnicas que permiten controlar las vibraciones en los sistemas flexibles de manera que puedan utilizarse en aplicaciones reservadas hasta ahora a sistemas rígidos.

Las aplicaciones potenciales son muy numerosas, pues van desde las estructuras hasta las máquinas:

a) Grandes estructuras en las que se utilizan sistemas activos para controlar las vibraciones.

b) Puentes levadizos, en los que en la actualidad se rigidizan sus elementos móviles, aumentando la sección de las vigas, para evitar las vibraciones.

c) Alerones y elementos similares en aviones. En aeronáutica toda reducción de masa que no disminuya la seguridad es bienvenida.

d) Sistemas autoportantes como las grúas o plataformas utilizadas para el mantenimiento. En estos sistemas es muy interesante cualquier reducción de masas, pues reduce las especificaciones del vehículo portador.

e) Las antenas de radar y de comunicaciones situadas en vehículos necesitan, en muchos casos, sistemas de orientación activa. Utilizar elementos flexibles no supondría un coste excesivo.

f) Robots flexibles. En principio los robots industriales se diseñan de manera que sus estructuras mecánicas se comporten como sólidos rígidos. Para ello, se exige a sus elementos estructurales que su primera frecuencia propia sea diez veces mayor que su frecuencia de trabajo. Esta condición es insostenible en numerosas aplicaciones.

La hipótesis de que algunos elementos de una máquina o estructura son sólidos flexibles, en contraposición a la hipótesis habitual de sólidos rígidos, conlleva la aparición de nuevos interrogantes:

a) ¿Cuales son las frecuencias propias?.

b) ¿Que tipo de modelo es válido?

En principio los modelos se pueden clasificar en dos grandes familias:

- Modelos basados en elementos finitos. A priori, son difícilmente acoplables a modelos multidisciplinares (p.e. modelos de control).

- Modelos modales en los que solo se consideran las frecuencias propias relevantes. Esto plantea un nuevo interrogante: ¿cuales son las frecuencias relevantes?

c) ¿Cómo se han de controlar los elementos flexibles? En este punto es obligado considerar los sensores, los actuadores y los algoritmos de control.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en esta tesis se intenta dar respuesta a algunas de las cuestiones anteriores.

1.2 Objetivo de la tesis

El objetivo general de esta tesis es el estudio del comportamiento de una viga flexible giratoria accionada mediante un servoactuador oleohidráulico, con la intención de poder compensar activamente su flexibilidad.

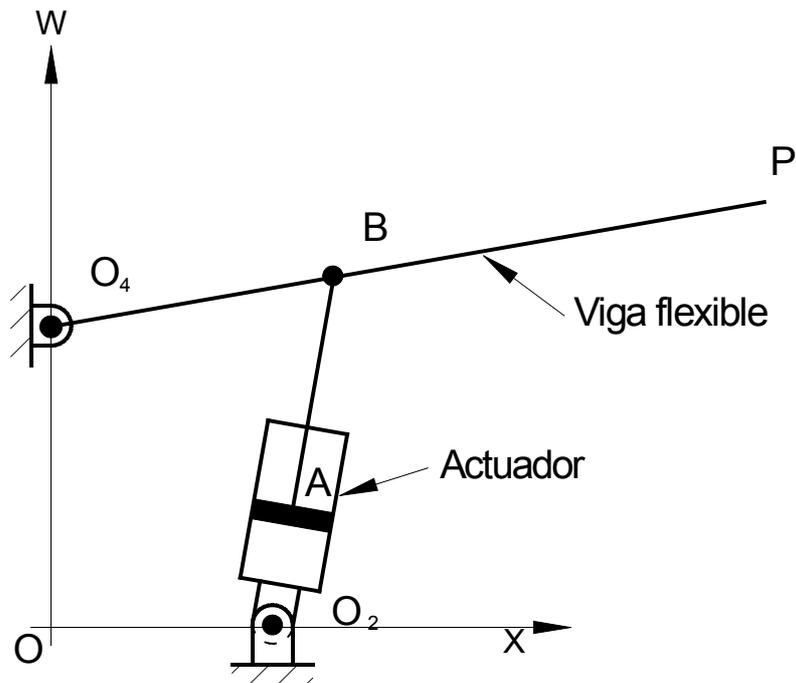


Figura 1.1 Diagrama del sistema viga flexible-actuador

Este estudio se realizará siguiendo las siguientes etapas:

- 1) Estudio cinemático y dinámico del conjunto estructura flexible/actuador. Se plantearán las ecuaciones diferenciales del movimiento utilizando principios fundamentales.
- 2) Desarrollo de un modelo de simulación del conjunto estructura flexible/actuador. Este modelo debe permitir simular la respuesta temporal y la respuesta frecuencial en diferentes variantes del sistema. Así como ser soporte para poder ensayar diferentes estrategias de control.

3) Análisis experimental. Se diseñará y se construirá un banco de ensayos para contrastar experimentalmente los resultados anteriores y validar los modelos propuestos.

1.3 Organización de la tesis

Esta tesis está estructurada en diez capítulos y diez anexos.

En los dos primeros capítulos, se exponen los objetivos de esta tesis y se presenta un análisis crítico de la bibliografía relacionada con esta tesis. En los diferentes apartados se revisa la literatura técnica relativa a vigas flexibles (separada según consideren los autores la hipótesis de Euler-Bernoulli o la de Timoshenko); se citan los trabajos que consideran el conjunto “viga flexible/actuador”, y finalmente se presentan los trabajos relacionados con la simulación de elementos estructurales flexibles y sistemas oleohidráulicos.

En el capítulo tres se estudia la cinemática y la dinámica del conjunto viga flexible/actuador. Como introducción se considera la hipótesis de viga rígida y se obtienen las ecuaciones diferenciales del movimiento. A continuación se estudia la viga flexible considerando varias hipótesis alternativas (viga de Timoshenko, viga de Euler-Bernoulli, etc.) y se obtienen las ecuaciones integro-diferenciales del movimiento. Las ecuaciones obtenidas bajo estas hipótesis no son fácilmente integrables, pero se aporta un procedimiento ingenioso que conduce a una solución determinista. A partir de este punto se realizan numerosas aplicaciones numéricas, obteniendo las frecuencias modales.

En el capítulo cuatro se desarrolla un modelo del sistema “viga flexible/actuador”. En primer lugar se discuten las diferentes técnicas utilizadas en simulación y se justifica la elección del método Bond Graph. En una segunda fase se explica con detalle el modelo global y sus submodelos. Se utiliza un enfoque nodal para plantear el modelo de la viga flexible. A continuación se explota la metodología propuesta para simular numerosas variantes del sistema viga flexible/actuador: cambio del material de la viga, modificación de la geometría, modificación del servosistema, etc. Por último se propone una estrategia de control que permite anular las vibraciones de la viga.

En el quinto capítulo se describe el banco de ensayos experimentales que se utiliza para caracterizar el sistema “viga flexible/actuador” y validar los resultados de los dos capítulos anteriores.

En el capítulo sexto se expone como se ha caracterizado experimentalmente el sistema “viga flexible/actuador”. En la primera parte se explica el método experimental y en la segunda se realiza la identificación de los polos y ceros del sistema para estimar la función de transferencia del sistema.

En el capítulo séptimo se describen los ensayos experimentales de las diferentes estrategias de control, se validan y se valoran los resultados obtenidos.

En el capítulo octavo se dedica por completo a sintetizar las conclusiones de esta tesis.

En el capítulo noveno se relaciona la bibliografía. Finalmente se incluyen varios anexos, siendo especialmente interesantes el 1.1 con la nomenclatura utilizada, y el 7.1 que incluye varios vídeos en formato avi, en los que se pueden ver los dos primeros modos propios y el comportamiento de la viga con el sistema de control de las vibraciones activado y desactivado.

