

Estudio de la estabilidad dinámica de pares eje-cojinete en problemas evolutivos de lubricación

J. DURANY, J. PEREIRA-PÉREZ, F. VARAS

Dpto. Matemática Aplicada II, Universidad de Vigo

durany@dma.uvigo.es, curro@dma.uvigo.es

Resumen

En lubricación hidrodinámica se ha utilizado muy frecuentemente la teoría isoterma como simplificación de los problemas que conducen al cálculo de las presiones. Sin embargo, en regímenes severos de funcionamiento, soportando grandes cargas y velocidades de rotación, la temperatura del fluido puede variar notablemente como consecuencia de la disipación energética por efectos viscosos y, también, por el intercambio térmico con el exterior del dispositivo. Este hecho puede influir de manera importante en la predicción de varias características de funcionamiento del par como, por ejemplo, en la potencia consumida. Además, es bien conocido de la experimentación y del análisis de modelos simplificados que, para ciertos valores de los parámetros de funcionamiento, el sistema eje-cojinete puede presentar respuestas dinámicas de ciclos límite. En estos modelos, tanto la curva de estabilidad neutral como las subcríticas y supercríticas de tipo bifurcación de Hopf, son fuertemente dependientes del comportamiento de la zona de cavitación y de la reformación de la película lubricante, especialmente en casos de excentricidad grande. Por ello, las simulaciones numéricas que se presentan en este trabajo tratan de clarificar este aspecto, analizando la respuesta dinámica del par sin imponer a priori la localización de la zona cavitada y, además, estudiando la influencia de los efectos térmicos en la estabilidad del proceso.

El modelo matemático que se tiene que resolver consiste en un sistema de ecuaciones en derivadas parciales evolutivas. En concreto, el problema de frontera móvil de la ecuación de Reynolds con un modelo de cavitación de Elrod-Adams para calcular la presión del fluido lubricante, la ecuación de la energía para la temperatura del fluido y unas ecuaciones de conducción térmica en el eje y en el cojinete. El acoplamiento de las ecuaciones en derivadas parciales viene dada, por una parte, por una ley de variación de la viscosidad en función de la temperatura en la ecuación del flujo y, por otra parte, por medio de la influencia del campo de velocidades en la ecuación de la energía. Además, el acoplamiento térmico del fluido con el dispositivo viene dada por las condiciones de contorno en las paredes de contacto con eje y cojinete. Por último, los posibles desplazamientos del eje se calculan mediante un sistema de ecuaciones diferenciales que relaciona la aceleración de las coordenadas del centro de gravedad con las cargas debidas a la presión del fluido.

Para la resolución numérica del problema hidrodinámico se utiliza una semidiscretización en tiempo mediante el método de las características y en espacio vía elementos finitos, con un algoritmo de dualidad para la no linealidad que origina el problema de frontera móvil. La solución de la ecuación de la energía en el fluido lubricante se obtiene mediante un esquema de volúmenes finitos de tipo cell-vertex de orden dos (ver [1]), que permite obtener mejores aproximaciones de la solución que los esquemas habituales de descentrado (de orden uno) sin necesidad de refinar las mallas. La ecuación de conducción térmica en el cojinete se resuelve con un método de elementos de contorno P1 y técnicas de reciprocidad dual temporal (ver [2]), que evitan la integración de las funciones en todo el dominio y, junto con la simetría del problema, hacen que el coste computacional de esta etapa sea muy reducida. Finalmente, se resuelve un modelo térmico simplificado en el eje, que se considera isoterma debido a las altas velocidades de rotación.

Sección en el CEDYA 2007: AN

Referencias

- [1] J. Durany, J. Pereira y F. Varas. *A cell-vertex finite volume method for thermohydrodynamic problems in lubrication theory*. Comput. Meth. Appl. Mech. Engrg. , Vol. 444-47 (2006), 5949-5961.
- [2] J. Durany, J. Pereira y F. Varas, *Mixed boundary element-finite volume methods for thermohydrodynamic lubrication problems*, En: Numerical Mathematics and Advanced Applications. A. Bermúdez et al. (eds), Springer, 2006.