

Modeling of the wave journal bearing dynamic behavior with a non-linear transient analysis

Modélisation du comportement dynamique d'un palier ondulé avec une analyse transitoire non linéaire

Ene N., Dimofte F. and Afjeh A.

The University of Toledo, 2801 W Bancroft, MS 312, Toledo, Ohio, USA

Keywords: Transient analysis, wave bearing, dynamic behavior.

Mots clés : Analyse transitoire, palier nodule, comportement dynamique.

The purpose of this paper is to present a theoretical model to simulate the dynamic behavior of a wave journal bearing.

The wave journal bearing was introduced as an alternative to the plain journal bearing. Unlike the plain journal bearing, the wave journal bearing has a slight variation of its profile such that a wave profile is circumscribed on the inner bearing diameter.

A transient model is used to study the dynamic behaviour of the wave bearing. The main advantage of the transient methods is that they can predict the bearing motion even after the appearance of an unstable whirl. The bearing trajectory is obtained by integrating the non linear differential equations of the motion. At each time step, a pressure distribution corresponding to the motion parameters and correction coefficients for turbulent flow from the previous moment of time is first obtained. The pressure distribution is found by integrating the transient Reynolds equation using a central difference scheme combined with a Gauss – Seidel method. A new set of correction coefficients corresponding to the new pressure distribution is then calculated. Then an energy balance is performed and a new mean film temperature is obtained. The lubricant properties (viscosity, density and specific heat) are updated for the new mean temperature. Afterwards, the Reynolds equation is integrated again for the new values of the correction coefficients and lubricant viscosity. The iterative process is repeated until the relative errors for the correction coefficients and for mean temperature are smaller than prescribed values. Furthermore, the fluid film forces are calculated by integrating the final pressure distribution over the entire film. Then the equations of motion are integrated to determine the parameters of the motion for the next time step.

Two different cases are simulated:

1. The bearing sleeve is fixed and the shaft rotates inside the bearing clearance. In this case, the model is validated by comparing the numerical results to experimental data.

2. The bearing shaft is rigid and the sleeve is supported by elastic elements. Two types of motions are simulated in this case: the absolute motion of the sleeve and the relative motion of the sleeve with respect to the shaft. The effect of the stiffness and damping properties of the elastic elements on the bearing stability is studied.

The influence of the wave amplitude on the stability of the wave bearing is also analyzed for both types of the simulations. Numerical trajectories, FFT analysis, Poincaré maps are used to study the dynamic behavior of the wave bearing.

Ce travail présente un modèle théorique pour simuler le comportement dynamique d'un coussinet ondulé. Ce coussinet est une alternative au palier lisse. À la différence du palier lisse, le coussinet ondulé possède une légère variation du profil de l'alésage du palier.

Un modèle transitoire est utilisé pour étudier le comportement dynamique du palier ondulé. Le principal avantage des méthodes transitoires, c'est qu'elles peuvent prédire la trajectoire du palier même après l'apparition d'un tourbillon instable. La trajectoire de l'arbre est obtenue par intégration des équations du mouvement. A chaque pas de

temps, une répartition de la pression correspondant aux paramètres du mouvement et aux coefficients de correction pour un écoulement turbulent au pas de temps précédent est d'abord obtenue. La répartition de pression est calculée en intégrant l'équation de Reynolds en utilisant un schéma aux différences finies centrées associé à la méthode de Gauss-Seidel. Un nouvel ensemble de coefficients de correction correspondant à la nouvelle répartition de la pression est alors calculé. Ensuite, un bilan énergétique est effectué et une nouvelle température moyenne dans le film est obtenue. Les propriétés du lubrifiant (viscosité, densité et chaleur spécifique) sont mises à jour pour la nouvelle température moyenne. Par la suite, l'équation de Reynolds est intégrée à nouveau pour les nouvelles valeurs des coefficients de correction et de la viscosité du lubrifiant. Le processus itératif est répété jusqu'à ce que les erreurs relatives des coefficients de correction et de la température moyenne soient inférieures aux valeurs fixées. En outre, les forces dans le film fluide sont calculées en intégrant la distribution de la pression sur l'ensemble du film. Ensuite, les équations du mouvement sont intégrées afin de déterminer les paramètres du mouvement pour le prochain pas de temps.

Deux cas sont étudiés :

1. Le coussinet est fixe et l'arbre tourne à l'intérieur du jeu du palier. Dans ce cas, le modèle est validé en comparant les résultats numériques aux données expérimentales.
2. L'arbre est considéré rigide et le coussinet est supporté par des éléments élastiques. Deux types de mouvements sont simulés dans ce cas: le mouvement absolu du coussinet et le mouvement relatif du coussinet par rapport à l'arbre. L'effet de la rigidité et des propriétés d'amortissement des éléments élastiques sur la stabilité du palier est étudié.

L'influence de l'amplitude de l'onde sur la stabilité du palier est également analysée pour les deux types de simulations. Les trajectoires calculées numériquement, l'analyse par FFT, les représentations par cartes de Poincaré sont utilisées pour étudier le comportement dynamique du palier ondulé.