

RESUME

Dans le domaine de machine tournante (turbines à vapeurs, turbocompresseurs et autres turbomachines), l'effet Morton désigne la création d'une source d'excitation synchrone due à la déformation thermique du rotor dans les paliers hydrodynamiques. Par abus de langage, cette source vibratoire est souvent dénommée balourd thermique. Sous l'effet de ce balourd, l'amplitude et la phase des vibrations synchrones du rotor évoluent progressivement dans le temps. Dans la plupart des cas, l'effet Morton reste stable et les influences du balourd thermique sur les vibrations ne sont pas nuisibles au fonctionnement de la machine. Cependant, si les conditions sont favorables, le comportement dynamique du rotor devient instable et l'instabilité de la vibration synchrone, autrement dit l'effet Morton, pourrait se produire.

Pour mieux comprendre et analyser les conditions du déclenchement de ce scénario destructif, il est nécessaire de simuler l'effet Morton de manière précise. Cette simulation nécessite de faire intervenir plusieurs phénomènes physiques et coupler plusieurs modèles mathématiques. Ce sont le modèle de la lubrification hydrodynamique, le modèle thermomécanique du rotor et le modèle de la dynamique du rotor. Ce couplage multiphysique n'est pas simple à cause des échelles de temps différentes du phénomène thermomécanique et de la dynamique du rotor. La stratégie du flux thermique moyenné sur une période de rotation permet de surmonter cette difficulté et de réduire le temps de calcul. La modélisation de l'effet Morton est validée par une confrontation entre les résultats numériques et les résultats expérimentaux obtenus à l'Institut Pprime.

Une méthode basée sur les coefficients d'influence est ensuite exploitée pour analyser la stabilité de l'effet Morton. Les applications de cette méthode sur des cas concrets permettent de mettre en évidence les phénomènes physiques responsables de l'effet Morton instable.

Mots-clés : instabilité des vibrations synchrones, effet Morton, balourd thermique, paliers hydrodynamiques, thermo-hydrodynamique, déformation thermique du rotor

ABSTRACT

In the field of rotating machines (steam turbines, turbochargers and other turbomachines), the Morton effect designates the creation of a synchronous excitation source due to the thermal deformation of the rotor in the hydrodynamic bearings. By abuse of language, this vibratory source is often called thermal unbalance. Under the effect of this imbalance, the amplitude and the phase of the synchronous vibrations of the rotor evolve gradually over time. In most cases, the Morton effect remains stable and the effects of thermal unbalance on the vibrations are not detrimental to the operation of the machine. However, if the conditions are favorable, the dynamic behavior of the rotor becomes unstable and the instability of the synchronous vibration, in other words the Morton effect, could occur.

To better understand and analyze the triggering conditions of this destructive scenario, it is necessary to simulate the Morton effect accurately. This simulation requires several physical phenomena and to couple several mathematical models. These are the model of hydrodynamic lubrication, the thermomechanical model of the rotor and the model of rotor dynamics. This multi-physics coupling is not simple because of the different time scales of the thermomechanical phenomenon and the rotor dynamics. The strategy of heat flux averaged over a rotation period makes it possible to overcome this difficulty and to reduce the calculation time. The modeling of the Morton effect is validated by a comparison between the numerical results and the experimental results obtained at the Pprime Institute.

A method based on the influence coefficients is then used to analyze the stability of the Morton effect. The applications of this method on concrete cases make it possible to highlight the physical phenomena responsible for the unstable Morton effect.

Keywords: synchronous vibration instability, Morton effect, thermal unbalance, hydrodynamic bearings, thermo-hydrodynamics, rotor thermal deformation