

## Enhanced hydrodynamic thrust bearing analyses of turbo sets for power generation Amélioration des analyses des butées hydrodynamiques dans la production d'énergie

Lüneburg B<sup>a</sup>, Kraft C<sup>b</sup>, Dettmar D<sup>a</sup>, Mermertas U<sup>a</sup> and Schwarze H<sup>b</sup>

*a Siemens Energy, Steam Turbine Technology, 45478 Mülheim a. d. Ruhr, Germany*

*b Institut für Tribologie und Energiewandlungsmaschinen, TU Clausthal, 33687 Clausthal-Zellerfeld, Germany*

**Keywords:** Thrust Journal Bearing, Thermo- Elasto- Hydrodynamic, Steam Turbine, Power Generation.

**Mots clés :** Butée à patins, Thermoélastohydrodynamique, Turbine à vapeur, Génération d'énergie.

Steam and gas turbines rotors for power generation can produce a significant amount of axial forces. These forces are transmitted to the basement by hydrodynamic thrust bearings. Especially during transient conditions like speeding up, load changes or plant faults high thrust loads can occur. However, in order to meet the efficiency requirements, the axial clearances between the rotors and the stationary components are minimized and have to be maintained within all operational conditions.

In the near past, main focus was given for working out and validating of procedures for radial journal bearings. However, thrust journal bearings follow the same physical phenomena at even higher specific loads and lower minimum oil film gaps.

The objective of the work presented is to show today's capability of thrust bearing analyses. Within a cooperative work between industry and university a highly sophisticated thrust bearing analyses code was worked out and verified. Based on a finite volume approach all relevant physical effects can be evaluated. Both, fixed profile and tilt pad designs can be modeled. Oil flow carry over effects and different oil supply boundary conditions can be analyzed. Distortion influences on the thermal characteristics and complicated flow mechanisms like cavitation and back flow are integrated in the analyses procedure. In addition, influences caused by shape deviations of bearing or shaft due to manufacturing tolerances and limitations can be assessed.

The solution of the Reynolds- and Energy-Differential Equation forms the core of the calculation module for steady state conditions. The equations are solved numerically using an efficient and exact method. To consider the sliding bearing effects such as cavitation, turbulence and centrifugal force it is necessary to determine the essential distributions iteratively until a thermo- elasto-hydrodynamic equilibrium between the thrust collar, the lubricating film and pads are reached. The external parameters such as load or oil flow are also determined iteratively. On the basis of the retrieved thermal distribution, the program determines the characteristic values like axial stiffness and damping, frictional power, the extreme values of pressure, film thickness and temperatures in sliding surface and lubrication, but also the oil flow and the mean shaft temperature increase.

The first part of the paper focuses on describing the modeling and analyses techniques to determine the thermo- hydrodynamic bearing characteristics. In the second part of the paper, the characteristic of a thrust bearing of a steam turbine in operation is analyzed. The results are compared to the basic literature layout criteria [1]. Finally, the calculated bearing characteristics are compared to measured values like temperature and oil flow in order to validate the procedure.

Les rotors de turbines à vapeur ou à gaz utilisés pour la production d'énergie peuvent produire une quantité importante de forces axiales. Ces forces sont transmises aux fondations par des butées hydrodynamiques. Surtout pendant les conditions transitoires, comme l'accélération, la variation de charge des charges axiales élevées peuvent se produire. Toutefois, afin de répondre aux exigences d'efficacité, les jeux axiaux entre les

rotors et les composants fixes sont minimisés et doivent être maintenues dans toutes les conditions de fonctionnement.

Dans le passé proche, les travaux se sont surtout focalisés sur l'élaboration et la validation de procédures pour les paliers radiaux. Toutefois, les butées à patins obéissent aux mêmes phénomènes physiques, même à des charges spécifiques élevées et des valeurs faibles du film d'huile.

L'objectif de ce travail est de montrer les possibilités actuelles des analyses des butées à patins. Ce travail commun industrie université a permis d'élaborer et de vérifier un code de calcul très sophistiqué basé sur une approche volumes finis. Tous les effets physiques importants peuvent être évalués. Les patins fixes ou oscillants peuvent être modélisés. Le débit d'huile et les différentes conditions d'alimentation peuvent être analysés. L'influence des déformations sur les caractéristiques thermiques et les mécanismes de flux complexes comme la cavitation et la recirculation sont intégrés dans la procédure d'analyse. En outre, l'influence des écarts de forme du palier ou de l'arbre liés aux tolérances de fabrication peut être évaluée.

La résolution de l'équation de Reynolds et de l'énergie forme le noyau du module de calcul dans le cas statique. Les équations sont résolues numériquement en utilisant une méthode efficace et exacte. Pour étudier les effets de la cavitation, de la turbulence et des forces centrifuges, il est nécessaire de déterminer les distributions essentielles de façon itérative jusqu'à ce qu'un équilibre thermoélastohydrodynamique entre le collet, le film lubrifiant et les patins soit atteint. Les paramètres extérieurs tels que la charge ou le débit d'huile sont également déterminés itérativement. Sur la base de la distribution de température, le programme numérique détermine les valeurs caractéristiques comme la rigidité axiale et l'amortissement, le couple de frottement, les valeurs maximales de pression, l'épaisseur du film et les températures sur les surfaces en mouvement, mais aussi le débit d'huile et l'augmentation de la température d'arbre.

La première partie du document se concentre sur la description du modèle et des techniques d'analyses pour déterminer les caractéristiques thermohydrodynamique du palier. Dans la deuxième partie du document, les caractéristiques d'une butée d'une turbine à vapeur en fonctionnement sont analysées. Les résultats sont comparés aux résultats de la littérature [1]. Enfin, les caractéristiques calculées sont comparées aux valeurs mesurées comme la température et le débit d'huile afin de valider la procédure.

[1] Gleitlagertechnik, Th. Goldschmidt AG Essen, 1992