

Modeling Transient States of Large Hydrodynamic Thrust Bearings Modélisation des états transitoires sur les butées hydrodynamiques de grandes dimensions

Pajączkowski P^a, Schubert A^b and Wasilczuk M^a

^a Gdansk University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, 80-952 Gdansk, Narutowicza 11/12,
POLAND

^b ALSTOM HYDRO (Switzerland) Ltd., Generator Technology Centre, 5242Birr, Zentralstrasse 40,
SWITZERLAND

Keywords: thrust bearings, fluid film models, thermoelastic deformation, transient behaviour, hydrostatic jacking.

Mots-clés : butées, modèles de film fluide, déformations thermoélastiques, régime transitoire, soulèvement hydrostatique.

According to the literature, large hydrodynamic bearings require long periods of operation to obtain steady thermal state. Stabilization of temperature field in bearing segment and runner can last up to several hours in case of large dimensions of the bearing. Ettles introduced nondimensional time-scale (Fourier number: $F = (kp/c) \cdot t/H^2$) to describe thermo-elastic deformations of the bearing segment in transient states. The thermal steady state is obtained for $F = 50$ and maximum deformation after cold start-up due to increased thermal gradients is reached for $F = 0.1$.

For large pump-storage hydro-generators, operating times might be much shorter, thus the bearing never reaches the steady state conditions. As an example authors would like to present a 150 MW Pelton bidirectional pump-turbine Kops II located in Austria. Pumping ability is obtained by an additional Francis pump connected to the main shaft by means of a hydraulic coupling. The hydro-generator is subjected to up to fifty start-ups and shut-downs per day to fulfill the grid demands so additionally it has to be brought on line within fifty seconds. Times of operation do not exceed several minutes. Nominal rotational speed is 500 rpm and predicted runaway speed is equal to 925 rpm. Specific load of the bearing is 1.55 MPa. The bearing is equipped in hydrostatic jacking system that supports start-ups and shut-downs for rotational speeds lower than 400 rpm. According to Fourier numbers presented by Ettles time to peak thermal deformation is equal to 3.5 minutes and thermal steady state may be obtained after approximately 29 hours.

In order to simulate working conditions of this bearing, transient behavior has to be taken into account. Both Finite Elements Method (FEM) and Computational Fluid Dynamics (CFD) programs were utilized to obtain Fluid Structure Interaction (FSI) coupling and to model transient thermal and structural behavior of the bearing. Also hydrostatic jacking system performance and variable operational conditions (rotational speed, cold oil temperature, etc.) were included.

In the paper authors would like to present thrust bearing as the object of investigation, FSI calculation model and comparison of the measured temperatures with results of the new simulation tool which is being developed in cooperation between Gdansk University of Technology and Alstom HYDRO (Switzerland) Ltd. company and is also an essential part of PhD thesis which is being carried on within this partnership framework.

Selon la littérature, les butées hydrodynamiques de grandes dimensions ont besoin de longues périodes de fonctionnement pour un état thermique permanent. La stabilisation du champ de la température sur le grain fixe et le grain mobile de la butée peut durer jusqu'à plusieurs heures lorsqu'elles sont de grandes dimensions. Ettles a présenté une échelle de temps adimensionnée (nombre de Fourier : $F = (kp/c) \cdot t/H^2$) pour décrire les déformations thermoélastiques du grain fixe de la butée en régime transitoire. L'équilibre thermique est obtenu pour $F=50$ et la déformation maximale après un démarrage à froid due aux gradients thermiques accrus est atteinte pour $F=0.1$. Sur les pompes de stockage de centrales hydroélectriques, les temps de fonctionnement doivent être beaucoup plus courts ; ainsi, la butée n'atteint jamais les conditions établies. Les auteurs voudraient présenter comme exemple une pompe turbine bidirectionnelle Pelton Kops II de 150 MW située en Autriche. La capacité de pompage est obtenue par une pompe additionnelle Francis reliée à l'axe principal par un accouplement hydraulique. L'hydro-générateur est soumis à jusqu'à cinquante arrêts et démarrages par jour pour

satisfaire la grille de demande et doit de plus être opérationnel en cinquante secondes. Les temps de fonctionnement ne dépassent pas quelques minutes. La vitesse de rotation nominale est de 500 tr/min et la vitesse d'emballlement prévue est égale à 925 tr/min. La charge spécifique sur la butée est de 1,55 Mpa. La butée est équipée d'un système de levage hydrostatique qui supporte des démarrages et des arrêts pour les vitesses de rotation inférieures à 400 tr/min. Selon les nombres de Fourier présentés par Ettles, le temps pour arriver au pic de déformation thermique est égal à 3,5 minutes et l'équilibre thermique peut être obtenu après approximativement 29 heures.

Afin de simuler les conditions de fonctionnement de cette butée, le régime transitoire doit être pris en considération. Deux programmes utilisant la méthode d'éléments finis (FEM) et la simulation dynamique des fluides (CFD) ont été utilisés pour obtenir les interactions fluide/structure (FSI) et pour modéliser le comportement thermique et structural transitoire de la butée. En outre, les performances du système de levage hydrostatique et les conditions de fonctionnement variables (vitesse de rotation, température d'huile froide, etc.) ont été incluses.

Dans cette étude, les auteurs voudraient présenter la butée comme l'objet de recherches, le modèle de calcul des interactions fluide/structure et la comparaison des températures mesurées avec les résultats du nouvel outil de simulation. Cet outil est développé en coopération entre l'Université de technologie de Gdansk et la compagnie Alstom HYDRO Ltd (Suisse) et constitue également une part essentielle de la thèse de doctorat qui est menée dans le cadre de cette association.