

Steam Turbine Rotor Crack Fissuration d'un arbre de turbine à vapeur

Popaleny P^a and Péton N^b

a GE Energy Measurement & Control Solutions, Polianky 17, 84431 Bratislava, Slovakia.

b GE Energy Measurement & Control Solutions, 2 rue de Flandre, 44240 La Chapelle sur Erdre, France.

Keywords: shaft crack, steam turbine, slow roll, rotor stiffness, model based simulation.

Mots clés : fissure d'arbre, turbine vapeur, basse vitesse, raideur du rotor, modélisation.

GE's Machinery Diagnostic Services team was invited to perform vibration measurement on a steam turbine installed to confirm the suspicion for turbine shaft crack. The machine train consists of steam turbine (63 MW), a generator (177 MW) and a gas turbine (114 MW). In June 2008 there was a regular overhaul after 10 years of operation. The steam turbine had 118 starts over the last ten years. The steam turbine operated normally after the overhaul, with low absolute vibration levels of the shaft (less than 20 μm pp). In January 2009, after 89 starts in half a year, the vibrations increased after 3 hours of operation reaching 300 μm pp and a pedestal casing expansion difference of about 1.0 mm was observed. In April 2009, the steam turbine was overhauled again. No crack was detected. The analysis of the data allowed drawing some conclusions. The steam turbine rotors showed abnormal thermal and load sensitivity with the abnormal rotor response. The rotor behavior, confirmed the high probability of the shaft crack presence on the steam turbine rotor. The modified original slow roll rotor response from June 20, 2008 compared to startup and shutdown slow roll rotor response from July 29, 2008 clearly confirmed the change in the rotor bow, most probably due to shaft crack. The first bending mode resonance frequency was changed from approx. 1750-1800 rpm to 1550-1620 rpm to 1063-1412 rpm. Lower balance resonance speed indicates decrease in rotor stiffness possibly due to shaft crack. The decrease in effective damping demonstrated by higher synchronous amplification factor was a likely indication of a pending crack. This kind of response could be explained by opening and closing of the crack following changes of the rotor temperature. The repeatability of the abnormal rotor response behavior, concerning the angular position, confirmed high probability of the shaft crack presence on the steam turbine rotor. The machines with frequent starts and stops are exposed to increase number of passing through the rotor balance resonance and suffer from extensive heating and cooling shocks. This can contribute to the possible shaft crack. The Non-Destructive Tests have been performed only on accessible places not under the rotor blades. No shaft crack has been detected. The rotor eccentricity was measured using dial gauges in 16 planes every 45°, to evaluate rotor bow. The results showed an increased eccentricity in the section 8 in the direction 180-225°. Finally it was decided to have a more detailed look and the crack was found under the 1st stage bucket. The crack was symmetric, 360° circumferential. A rotor model was then built by using dedicated software in order to see influence of the crack on the rotor response.

L'équipe de service diagnostic des machines de GE a été invitée pour étudier un problème de vibration sur une turbine vapeur pour confirmer la présence d'une fissure d'arbre. Le train de machines comprend une turbine à vapeur (63 MW), un alternateur (117 MW) et une turbine à gaz (114 MW). En juin 2008, il a été effectué un arrêt majeur de maintenance après 10 années de fonctionnement. Lors des 10 dernières années de fonctionnement la turbine a vu 118 démarrages. Après la révision, la turbine a fonctionné de manière correcte avec de faibles niveaux de vibration absolue d'arbre (moins de 20 μm pp). En janvier 2009, après 89 démarrages en six mois les vibrations ont augmentées après trois heures d'opération pour atteindre 300 μm pp et une différence de 1 mm a été

observée au niveau des dilatations du corps de palier. En avril 2009, une nouvelle maintenance a été effectuée. Aucune fissure d'arbre n'a alors été détectée. L'analyse des données a permis de tirer certaines conclusions. L'arbre de la turbine présentait des sensibilités thermiques et à la charge anormales avec une réponse anormale. Ce comportement étrange confirmait la présence possible d'une fissure d'arbre. Le changement de réponse à basse vitesse entre le 20 juin 2008 et le 29 juillet 2008 confirmait également la présence possible d'une fissure d'arbre. La valeur de la fréquence du premier mode de flexion avait changée de 1750-1800 t/min à 1550-1620 tr/min puis 1063-1412 tr/min. Une diminution de la fréquence de résonance indiquait une diminution de la raideur de l'arbre probablement due à une fissure d'arbre. La diminution de l'amortissement, démontrée par une augmentation du facteur d'amplification synchrone était l'indication de l'apparition probable d'une fissure d'arbre. Ce type de réponse pouvait s'expliquer par l'ouverture et la fermeture de la fissure suite à des changements de température de l'arbre. La répétition de ce comportement anormal de l'arbre, concernant la position angulaire confirmait la présence d'une fissure de l'arbre turbine. En effet, les machines subissant de nombreux arrêts et démarrages sont exposées à de nombreux passages à la fréquence de résonance et subissent donc de nombreux chocs thermiques. Tout ceci peut contribuer à l'apparition d'une fissure d'arbre. Les tests non destructifs n'avaient été effectués qu'à des endroits accessibles de l'arbre et non pas sous les aubages. C'est pour cette raison que la fissure n'avait pas été détectée lors de la deuxième maintenance. L'excentricité a été mesurée en utilisant un comparateur dans 16 plans et radialement tous les 45° afin d'évaluer le fléchissement de l'arbre. Les résultats ont montré une augmentation de l'excentricité dans la section 8 dans une position angulaire de 180-225°. La décision finale a été de regarder plus en détails et une fissure a été trouvée sous la première rangée d'ailette. La fissure était symétrique sur une circonférence de 360°. Une modélisation de l'arbre et de la fissure a ensuite été réalisée en utilisant le logiciel dédié à la dynamique des rotors.