



CONTROLE DA ABERTURA DE TRINCAS EM EIXOS ROTATIVOS UTILIZANDO MANCAIS MAGNÉTICOS ATIVOS.

Tobias Souza Morais; Valder Steffen Jr

Este trabalho é um estudo numérico da possibilidade do monitoramento do comportamento dinâmico de eixos de máquinas rotativas com trinca por meio de mancais magnéticos ativos (MMA). O sistema utilizado no estudo é composto de um eixo horizontal flexível com dois discos rígidos. O eixo é suportado por mancais localizados em suas extremidades: um mancal com rolamento cilíndrico numa extremidade e outros dois mancais de rolamentos esféricos na extremidade oposta. O MMA foi colocado no meio do eixo do rotor promovendo o controle. Durante as simulações, a abertura e o fechamento da trinca são determinados pelo campo de tensão sobre sua secção transversal causado pelo momento dinâmico devido à vibração e pelo peso da estrutura. A hipótese de rotor pesado, na qual a dinâmica da trinca é unicamente função da posição angular do rotor, não é considerada na presente contribuição. Esta hipótese não permitiria a atuação do mancal magnético sobre o comportamento da dinâmica da trinca. Desta maneira, o presente sistema se torna altamente não linear devido ao fato de que os parâmetros da trinca devem ser determinados para cada passo de tempo em função dos momentos dinâmicos que ocorrem na trinca e esses momentos é função da vibração da estrutura que por sua vez depende dos parâmetros da trinca. Outra não linearidade que ocorre nesse sistema é devido ao MMA, pois a força que ele aplica no sistema é função do entreferro e este é função da vibração do sistema. Os resultados obtidos mostram a possibilidade de aplicação de MMA para manter a trinca fechada ao longo da rotação do rotor. Formando, desta maneira, um esquema de auto-cura (self healing) para o rotor trincado.

Uma equação diferencial que expressa o comportamento dinâmico de um rotor flexível trincado com MMA pode ser escrito pela seguinte equação:

(1)

No qual: $\mathbf{r}$ é o vetor de deslocamento generalizado; $\mathbf{M}$ são as conhecidas matrizes de inércia, amortecimento viscoso dos mancais e as matrizes devido ao efeito giroscópio devido à velocidade de rotação e devido à variação desta velocidade, respectivamente, (Lalanne, 1998). ω é a velocidade angular. $\mathbf{K}$ é a matriz rigidez do elemento trincado. $\mathbf{F}$ é a força devido ao desbalanceamento e ao MMA, respectivamente.

O modelo da trinca pode ser visto em Bachschmid et.al. 2003 e o modelo do MMA é apresentado em Damien, G, 2003.

As correntes de alimentação das bobinas do mancal foram projetadas de maneira que elas apresentem um termo constante adicionado a um termo variante dependendo da posição angular da trinca de maneira que esta promova forças de atração suficiente para manter a trinca fechada e de maneira que não aumente significativamente a vibração do sistema. As correntes variantes seguem uma lei senoidal, na qual se inicia no momento em que um ponto de localização da trinca, ponto P, passa para o lado oposto da bobina. Na Fig. (1) observa-se o procedimento descrito para uma corrente constante de 0.3 A em cada bobina e a disposição destas no mancal magnético. Para o caso no qual o rotor se apresente em movimento de precessão inversa a configuração das correntes variáveis deve ser o oposto do apresentado na Fig.(1), caso contrário, elas manteriam a trinca aberta. As correntes constantes e variáveis são determinadas através do método de otimização PSO com funções objetivos escritas de maneira a reduzir a vibração e aumentar a área da secção transversal da trinca.

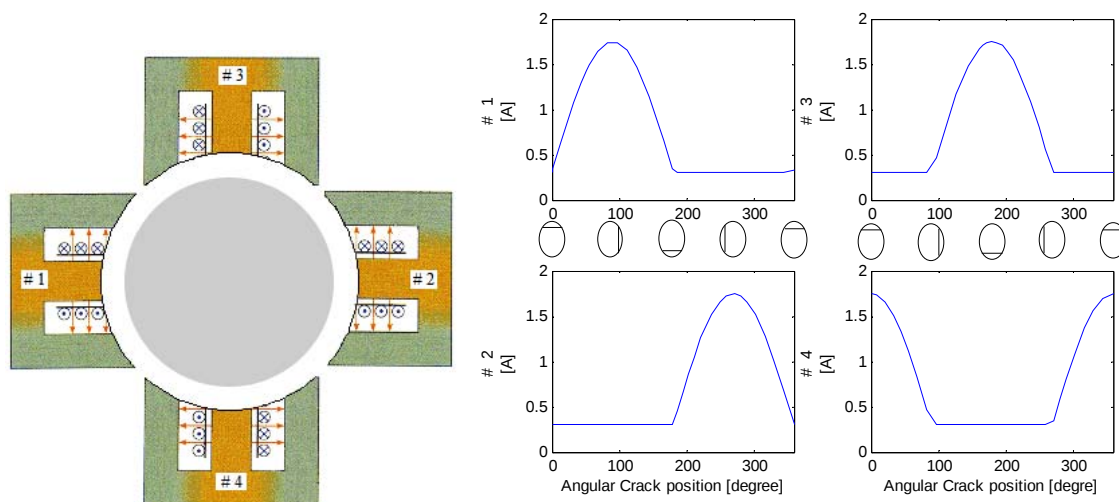


Figura 1. Corrente elétrica em cada bobina como função da posição angular do rotor

Nas figuras seguintes apresenta-se o comportamento da vibração do sistema e da área da secção transversal da trinca com a atuação do mancal magnético durante os primeiros 0.7 segundos e depois deste período o MMA foi desligado, observa-se que no caso das figuras apresentadas abaixo, o rotor foi considerado horizontal e o peso do sistema foi considerado. Verifica-se que o estudo apresentado possibilita nova uma aplicação para estes atuadores eletromagnéticos no controle do processo de fadiga de eixos trincados.

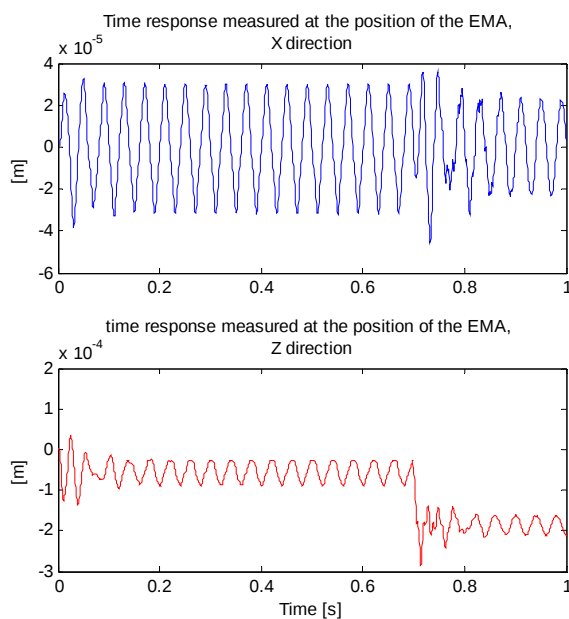


Figura 2. Resposta do sistema

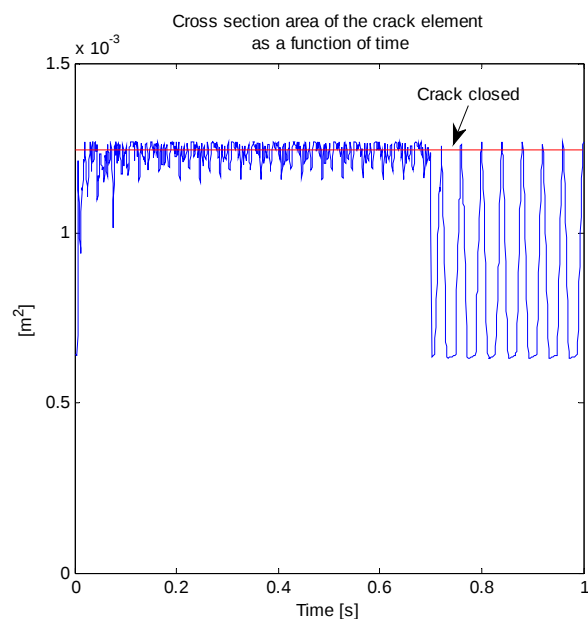


Figura 3. Área da secção transversal da trinca

Referências

Bachschild, N., Pennacchi, P., Tanzi, E. and Audebert, S. "Transverse Crack Modeling and Validation in Rotor Systems, Including Thermal Effects" International Journal of Rotating Machinery: 113–126, 2003.

Damien, G. "Circuit Magnétique – Électroaimant" e-LEE, e-learning for Electrical Engineering, 2003, <http://www.lei.ucl.be/multimedia/eLEE/FR/realisations/CircuitsElectriques/index.htm>

Lalanne, M. and Ferraris, G. "Rotordynamics Prediction in Engineering", John Wiley and Sons, Second Edition, 1998.