

Etude du comportement tribologique et vibro-acoustique d'un frein à ressort pour moteurs électriques tubulaires

Type de contrat : CIFRE
Encadrement industriel : SOMFY Cluses (74)
Encadrement scientifique : LaMCoS - INSA de Lyon / DIMA - SAPIENZA Rome

Description du sujet

Contexte :

La société SOMFY, leader mondial de l'automatisation des ouvertures et fermetures de la maison et du bâtiment, investit dans des projets d'innovation à long terme afin d'améliorer sans cesse le comportement et les performances de ces produits pour répondre aux exigences du marché. Les préoccupations des équipes de développement sont la qualité, la sécurité et la fiabilité des produits. Une attention particulière est portée sur la maîtrise des bruits générés par les moteurs tubulaires pour les volets roulants et les stores. A ce titre, de nombreuses études ont déjà été réalisées sur les fonctions moteurs et réducteurs de ces produits. Aujourd'hui, les optimisations de design s'orientent sur la brique technologique « frein ». Les actionneurs concernés par ces travaux sont équipés de freins mécaniques à ressort. Un tel système est soumis à de nombreuses contraintes environnementales et fonctionnelles. Il doit permettre un fonctionnement strictement identique dans les deux sens de rotation moteur et assurer la tenue de la charge quelles que soient les conditions d'utilisation du produit. Ces conditions extrêmes (température, couple, ...) peuvent introduire une instabilité tribologique de type stick-slip au niveau du contact frottant qui génère un comportement vibro-acoustique non conforme vis-à-vis des exigences internes de la société SOMFY. Par ailleurs, les méthodes et outils habituellement utilisés pour le dimensionnement de ces freins peuvent s'avérer inadaptés pour modéliser le fonctionnement dans ces conditions particulières, nécessitant la mise en œuvre d'approches spécifiques (Calculs par éléments finis, Mécanique des contacts, Caractérisation tribologique des surfaces réelles, ...). A ce jour les phénomènes dynamiques et vibratoires ne sont pas suffisamment bien pris en compte dans le dimensionnement du système de freinage.



Figure 1. A. Visualisation d'un réducteur de moteur tubulaire composé de plusieurs étages de réduction et d'un frein mécanique à ressort ; B. Détail d'un frein à ressort (ressort contenu dans un tambour)

Objectif :

L'objectif central de la thèse est d'identifier et de formaliser le comportement tribologique du système frein à ressort dans des moteurs tubulaires, afin d'identifier l'origine des bruits tribologiques. Ceci nécessite l'analyse de l'influence couplée des conditions globales de chargement, des conditions locales de contact et des facteurs extérieurs (environnement, ...) sur la stabilité du système. Cette compréhension est essentielle afin d'établir les recommandations nécessaires au développement, à l'industrialisation et à la production grande série des systèmes frein. Les résultats obtenus devraient en particulier permettre de supprimer les instabilités de type stick-slip induites lors du fonctionnement du frein en conditions extrêmes.

Programme de travail :

1. Etude bibliographique

Une première étape portera sur une étude bibliographique du comportement tribologique et vibro-acoustique de systèmes mécaniques plus ou moins proches du système concerné ainsi que sur les conditions fondamentales d'apparition des instabilités de contact. Une compilation et une analyse complète des travaux menés par la société SOMFY à ce sujet sera aussi réalisée afin d'identifier d'éventuelles corrélations.

2. Axes de recherche

Le travail de recherche comportera les trois volets suivants :

1/ Essais mécaniques et caractérisations expérimentales sur freins à l'échelle 1 et à échelle réduite

Cette phase permettra de caractériser le comportement tribologique et vibro-acoustique du frein à ressort, notamment dans les cas d'apparition du phénomène de stick-slip. Dans ce but, des essais instrumentés sur freins échelle 1 et à échelle réduite seront menés pour formaliser les phénomènes mis en jeu au niveau du contact. Des plans d'expérience (D.O.E) permettront d'identifier l'influence des facteurs de chargement et de contact sur les conditions d'apparition de cette instabilité. Des observations tribologiques des morphologies de surface des éléments testés seront réalisées pour comprendre les phénomènes mis en jeu. L'analyse des signaux vibratoires permettra la corrélation entre les paramètres identifiés et l'apparition de l'instabilité du système. A l'issue de cette étape, un ou plusieurs scénarii du comportement tribologique et vibro-acoustique du frein seront proposées.

2/ Simulation numérique du comportement tribologique du système frein

Dans un premier temps, il s'agira de simuler le comportement tribologique des essais sur échantillons à échelle réduite pour identifier et formaliser les conditions de frottement. Cette partie viendra en complément des analyses expérimentales pour aider à appréhender les phénomènes physiques et évaluer la pertinence des facteurs testés dans le cadre des plans d'expérience. Ensuite un modèle numérique plus complet du frein à ressort sera proposé afin de simuler (1) le couplage entre le comportement dynamique du ressort complet et les conditions locales de chargement, (2) les solutions techniques et les modifications de design envisagées mais aussi pour valider leur effet sur le comportement mécanique du frein.

3/ Validation des propositions de design sur échantillons, freins puis actionneur complet

Basé sur les retours des simulations numériques, des essais sur bancs spécifiques avec prise en compte des modifications envisagées devront être corrélés aux comportements calculés. L'objectif de cette étape est la validation aux échelles technologiques et industrielles des modélisations mais également la confrontation des effets des modifications proposées avec le fonctionnement réel du système.

La retombée du travail de thèse sera l'application des modifications de design sur les productions séries et la livraison des méthodes d'optimisation de design des systèmes freins de la société SOMFY. La retombée scientifique sera la maîtrise de la modélisation tribologique et dynamique d'un mécanisme ayant plusieurs chemins de transmission des sollicitations tribologiques.

Le travail de thèse est piloté par la société SOMFY basée à Cluses en Haute-Savoie (74). Une partie des travaux seront réalisés sur site industriel avec des moyens d'essais sur moteurs et des facilités de prototypage de solutions techniques. Les travaux fondamentaux se dérouleront principalement au Laboratoire de Mécanique du Contact et des Structures (LaMCoS) de l'INSA de Lyon qui dispose des moyens et compétences nécessaires à l'observation des surfaces, à la réalisation des essais expérimentaux à échelle réduite, et aux modélisations tribologiques. Le Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale (DIAM) de l'université SAPIENZA de Rome complètera ces moyens avec un système de mesures tribologiques et dynamiques à échelle réduite, et en apportant son expertise dans les domaines des vibrations induites par le frottement et de la simulation numérique.

Contacts :

Merci d'envoyer CV + lettre de motivation à magali.busquet@insa-lyon.fr.