

Comportement dynamique et Fiabilité des structures mécaniques en présence des paramètres incertains. Application aux éoliennes

Lassâad WALHA

Laboratoire de Mécanique Modélisation et Productique LA2MP

ENIS, Sfax, Tunisie

Résumé.

La prise en compte des incertitudes en conception mécanique représente un enjeu industriel considérable pour maîtriser la fiabilité et la robustesse d'un système ou d'une structure mécanique. L'analyse de la fiabilité des structures mécaniques est indispensable pour concevoir des systèmes de plus en plus performants. C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail qui consiste à étudier le comportement dynamique et la fiabilité d'une éolienne à axe vertical de type Darrieus. Il consiste à analyser les réponses dynamiques du système de transmission de puissance de l'éolienne en tenant compte de différentes sources d'incertitude et de la non-linéarité en faisant un couplage entre les phénomènes aérodynamiques complexes et le comportement vibratoire du système d'engrenage en présence des incertitudes. Afin de pouvoir résoudre le problème en sa totalité, on doit développer à la fois un modèle mathématique régissant la complexité de l'écoulement autour du rotor Darrieus et un autre traduisant l'évolution dans le temps de la réponse dynamique du système de transmission de puissance en présence des incertitudes en vue de mettre en œuvre une conception d'éoliennes performantes et robustes.

Pour une éolienne, les vibrations commencent à se manifester à partir des pales du rotor jusqu'au génératrice ce qui nuise au bon fonctionnement de la chaîne de transmission de puissance et influe considérablement son comportement dynamique. La bonne compréhension de ces phénomènes, liés au rotor Darrieus, entraîne l'amélioration de ses performances. Nous proposons donc d'identifier et de modéliser ces phénomènes complexes afin de mettre en place les actions curatives et correctives de maintenance appropriées.

Le code de calcul développé permet de coupler les aspects aérodynamiques instationnaires avec les paramètres constituant le modèle dynamique de la transmission tout en assurant un compromis acceptable entre la fiabilité du système (prise en compte des incertitudes) et la rapidité de calcul. Il permet encore d'aborder une approche stochastique pour l'étude de robustesse du comportement dynamique non-linéaire du système d'engrenage d'éolienne en tenant compte des incertitudes.

Nous nous focalisons notamment sur l'optimisation du rendement aérodynamique sans oublier l'objectif ultérieure, celui de pouvoir procéder à l'étude des effets des charges aérodynamiques sur le comportement vibratoire du système d'engrenage de l'éolienne.

Bien que les engrenages ont été minutieusement étudiés, le contrôle de leurs performances en présence d'incertitudes a été relativement récent. Du coup, il est intéressant de tenir en compte des incertitudes en entrée (paramètres fonctionnel et géométrique) pour bien étudier la réponse dynamique du système d'engrenage particulièrement utilisé dans les éoliennes vu la complexité d'un tel système.

La méthode de prise en compte des incertitudes est adjugée parmi les méthodes d'optimisation permettant d'évaluer la robustesse des systèmes. Adoptons l'objectif de dimensionnement robuste, il semble primordial d'intégrer les dispersions des paramètres pour estimer la réponse dynamique non-linéaire aléatoire associée. C'est pourquoi, une méthode d'évaluation basée sur des approches stochastiques est nécessaire.

Pour la modélisation des actions aérodynamiques appliquées sur l'éolienne, l'approche CFD (Computational Fluid dynamics) permet de s'affranchir à toutes les limitations des modèles empiriques existants puisque elle présente une méthode universelle et entièrement fiable pour une modélisation satisfaisante de la turbulence instationnaire.

Pour la partie incertitude, on a passé par les approches de prise en compte des incertitudes les plus employées dans la littérature telle que la méthode de Monte Carlo et la méthode du Chaos Polynomial.