

Note de Cadrage

Support Technique : VIGIPARK



Intitulé

Optimisation d'un système de récupération d'énergie

Problématique humaine

Comment réserver des places de parking pour un public fragilisé par un handicap ?

Situation-problème

Comment obtenir dans le contexte d'un système technique isolé, une consommation minimale d'énergie ?

Enoncé générale du besoin

L'occupation abusive des places de parking réservées aux véhicules des personnes handicapées a incité la ville de Bordeaux à mettre en place un dispositif automatique et autonome sur ces emplacements : le VIGIPARK. Ce système est constitué d'une chaîne d'énergie composée d'un panneau solaire, d'une batterie, d'un actionneur électrique et d'un arceau. Installé en centre-ville, les conditions d'ensoleillement ne permettent pas au système d'assurer seul son autonomie énergétique sans la présence d'un dispositif de récupération d'énergie de pesanteur lors du mouvement de l'arceau. La solution constructive choisie par le fabricant est un ensemble de deux ressorts de torsion placés sur l'axe de rotation de l'arceau.

Pluridisciplinarité

Sciences de l'Ingénieur – Mathématiques – Sciences Physiques

Nombre de groupe : 1

Nombre d'élèves : 4

Matériels

Système VIGIPARK

Travaux envisagés dans ce projet

1 - Observer et analyser le système existant de récupération d'énergie :

L'objectif de cette partie est de mesurer certaines performances externes du système réel et de compléter l'analyse interne de la chaîne d'énergie. Ces investigations doivent permettre de déterminer d'une part la durée du mouvement de l'arceau et la consommation d'énergie électrique lors d'un cycle pour trois situations : 0, 1 puis 2 ressorts, et d'autre part l'identification des blocs fonctionnels entre l'alimentation et l'arceau.

2 – Modéliser la chaîne d'énergie :

La chaîne d'énergie sera modélisée sans ressort afin de limiter la complexité de cette opération.

3 – Evaluer les écarts :

L'évaluation des écarts entre les résultats simulés et expérimentaux permettront de confirmer ou d'ajuster les hypothèses ou/et les paramètres de simulation afin de valider le modèle de la chaîne énergétique sans ressort.

4 – Finaliser le modèle :

L'attribution d'un modèle comportemental aux ressorts et le contrôle de leur action par l'évaluation des écarts entre les résultats simulés et expérimentaux permettra l'obtention d'un modèle du système conforme au système réel à deux ressorts.

5 – Exploiter le modèle :

Un travail sur les caractéristiques des ressorts de torsion (constantes de raideur, réglages des précontraintes) déterminera les ressorts optimaux qui garantissent le minimum de consommation d'énergie pour la solution « Constructeur ».

6 – Perspectives d'amélioration :

Sous forme de défi (la consommation minimale trouvée précédemment est le défi), un travail de recherche sur le modèle du système de compensation de l'énergie de pesanteur et son intégration dans la chaîne d'énergie permettra de suggérer des solutions techniques et constructives avec éventuellement une maquette d'une solution pour confirmer sa faisabilité.

Répartition Élève :

Élève n°1 : Modélisation, simulation et expérimentation du comportement de l'arceau,

Élève n°2 : Modélisation, simulation et expérimentation du motoréducteur,

Élève n°3 : Modélisation, simulation et expérimentation des ressorts de torsion,

Élève n°4 : Optimisation des performances de la chaîne d'énergie - Réglage des ressorts.

Travaux des élèves

Elève n°1 :

Le travail de l'élève n°1 consiste à valider le modèle de l'arceau. Les paramètres sur lesquelles il est possible d'intervenir sont : la masse, le lieu du centre de gravité, le moment d'inertie, les frottements secs et dynamiques. Les mesures à effectuer doivent permettre une vérification de la masse (balance numérique), du lieu de gravité (pour des raisons de symétrie, cela consiste à mettre en évidence la position d'un axe de symétrie), du moment d'inertie et des frottements lors d'un essai en oscillation libre.

B3 - Résoudre et simuler : Simulation du fonctionnement de l'arceau lors d'une oscillation libre à l'aide du modèle fourni.

B4 - Valider un modèle : Interprétation des résultats obtenus en simulation lors d'une oscillation libre de l'arceau et modification des paramètres du modèle pour répondre aux résultats expérimentaux.

C1 - Justifier le choix d'un protocole expérimental : Identifier les grandeurs physiques à mesurer et justifier les essais réalisés afin de valider le modèle.

C2 - Mettre en œuvre un protocole expérimental : Conduire les essais et traiter les données mesurées en vue d'analyser les écarts de comportement de l'arceau en oscillation libre entre la simulation et les mesures.

D1 - Rechercher et traiter des informations : Rechercher, analyser et classer des informations sur les notions de moment d'inertie.

D2 - Mettre en œuvre une communication : Réaliser une communication adaptée au support.

Elève n°2 :

Le travail de l'élève n°2 consiste à valider le modèle de l'actionneur électrique (motoréducteur). Les paramètres sur lesquelles il est possible d'intervenir sont : la résistance de l'induit, le coefficient de self induction de l'induit, le moment d'inertie du rotor, le rendement du système de réduction de vitesse. En revanche, on considère le rapport de réduction exacte. Les mesures à effectuer doivent permettre une vérification de la résistance d'induit (mesure voltampère métrique), une vérification du coefficient de self induction par l'analyse du courant d'établissement rotor bloqué, le moment d'inertie du rotor par un essai de ralentissement.

B3 - Résoudre et simuler : Simulation du fonctionnement du motoréducteur à l'aide du modèle fourni.

B4 - Valider un modèle : Interprétation des résultats obtenus en simulation lors d'un démarrage et d'un essai de ralentissement et modification des paramètres du modèle pour répondre aux résultats expérimentaux.

C1 - Justifier le choix d'un protocole expérimental : Identifier les grandeurs physiques à mesurer et justifier les essais réalisés afin de valider le modèle.

C2 - Mettre en œuvre un protocole expérimental : Conduire les essais et traiter les données mesurées en vue d'analyser les écarts de

comportement du motoréducteur entre la simulation et les mesures.

D1 - Rechercher et traiter des informations : Rechercher, analyser et classer des informations sur les notions d'essai de ralentissement et d'établissement d'un courant dans un circuit composé d'une résistance et d'une bobine.

D2 - Mettre en œuvre une communication : Réaliser une communication adaptée au support.

Elève n°3 :

Le travail de l'élève n°3 consiste à valider le modèle du ressort de torsion. Pour cela, il dispose du modèle de la chaîne d'énergie sans ressort dont la conformité avec les relevés expérimentaux devra être vérifiée. Un modèle simplifié d'un ressort de torsion est donné. Il permettra d'apprécier les écarts entre la simulation du comportement de la chaîne d'énergie avec 1 ressort et les mesures. Le résultat de cette analyse confirmera l'existence de frottements non négligeables entre spires. L'ajustement du modèle dépasse le simple réglage de paramètres (la raideur par exemple), une aide apportée par le contenu d'une thèse doit permettre à l'élève de faire des propositions de modèle (le professeur dispose de la solution). L'élève confirmera après avoir ajouté un deuxième ressort sur son modèle, simulé et comparé avec les mesures, l'exactitude du modèle complet de la chaîne d'énergie.

B3 - Résoudre et simuler : Simulation du comportement de la chaîne d'énergie sans ressort et un ressort à l'aide des modèles fournis. Simulation du comportement de la chaîne d'énergie avec deux ressorts à l'aide des modèles ajustés.

B4 - Valider un modèle : Interprétation des résultats obtenus en simulation avec l'utilisation d'un ressort. Ajustement du modèle pour tenir compte des frottements inter-spires. Interprétation des résultats obtenus en simulation avec l'utilisation de deux ressorts.

C1 - Justifier le choix d'un protocole expérimental : Identifier les grandeurs physiques à mesurer et justifier les essais réalisés afin de valider le modèle du ressort.

C2 - Mettre en œuvre un protocole expérimental : Conduire les essais et traiter les données mesurées en vue d'analyser les écarts de comportement de la chaîne d'énergie avec un ou deux ressorts.

D1 - Rechercher et traiter des informations : Rechercher, analyser et classer des informations sur les essais conduisant à valider le modèle du ressort.

D2 - Mettre en œuvre une communication : Réaliser une communication adaptée au support.

Elève n°4 :

Le travail de l'élève n°4 consiste à rechercher une solution technique permettant une consommation d'énergie minimale. La première partie prend appui sur la solution constructive du système d'origine (les ressorts de torsion). Son travail consiste à partir du modèle complet de la chaîne d'énergie à rechercher des réglages des ressorts de torsion (raideurs et précontraintes) qui assurent un point minimal de consommation d'énergie. Le travail en deuxième partie est un défi : existe-il une solution technique et constructive permettant d'améliorer cette consommation minimale ? Le modèle retenu sera celui du ressort simple avec ou sans précontrainte. Une discussion sur l'opportunité de placer plusieurs ressorts de ce type pourra être menée. L'étude ira jusqu'à la proposition de solutions constructives (avec ou sans maquette)

B3 - Résoudre et simuler : Evaluation des écarts de consommation d'énergie par simulation du comportement de la chaîne d'énergie avec deux ressorts, raideurs et précontraintes à ajuster.

B4 - Valider un modèle : Interprétation des résultats obtenus en simulation avec l'utilisation de deux ressorts. Ajustement des paramètres des modèles des ressorts pour obtenir le minimum de consommation d'énergie.

C1 - Justifier le choix d'un protocole expérimental : Identifier les grandeurs physiques à modifier et justifier les essais réalisés afin de valider en partie les résultats de simulation.

C2 - Mettre en œuvre un protocole expérimental : Conduire les essais et traiter les données mesurées en vue d'analyser les écarts de comportement de la chaîne d'énergie lors des différents paramétrages des modèles des ressorts.

D1 - Rechercher et traiter des informations : Rechercher, analyser et classer des informations sur les essais conduisant à valider les conséquences des modifications des paramètres des modèles des ressorts.

D2 - Mettre en œuvre une communication : Réaliser une communication adaptée au support.

Bibliographie

[1] PARADES M., thèse de doctorat (INSA Toulouse), 2000.