

Analyse et atténuation par shunt piézoélectrique résonant des vibrations induites par l'écoulement subies par des surfaces portants navales

Type de contenu : Texte

Type de médiation : b

Type de support : Ressource dématérialisée

Titre(s) : Analyse et atténuation par shunt piézoélectrique résonant des vibrations induites par l'écoulement subies par des surfaces portants navales / Yann Watine ; sous la direction de Jacques André Astolfi et de Jean-François Deü et de Céline Gabillet et de Boris Lossouarn

Auteur(s) : Watine, Yann (1991-....)

Autre(s) auteur(s) : Astolfi, Jacques-André

Deü, Jean-François

Gabillet, Céline

Lossouarn, Boris (1989-....)

Arbab Chirani, Shabnam

Chassaing, Jean-Camille (1972-....)

Escaler, Xavier

Maxit, Laurent (19..-....) iNSA

HESAM Université 2010-....

École doctorale Sciences des métiers de l'ingénieur Paris

Institut de recherche de l'Ecole navale Brest

École nationale supérieure d'arts et métiers 1780-....

Institut de recherche de l'Ecole navale Brest

Laboratoire de mécanique des structures et des systèmes couplés Paris

Production : 2023

Titre traduit ajouté par le catalogueur : Analysis and mitigation by resonant piezoelectric shunt of flow-induced vibrations sustained by naval lifting surfaces eng

Autres classifications : 620

Classification décimale Dewey : 620

Note sur le titre et les responsabilités : Titre provenant de l'écran-titre

Note sur la responsabilité : Ecole(s) Doctorale(s) : École doctorale Sciences des métiers de l'ingénieur
Partenaire(s) de recherche : Institut de recherche de l'Ecole navale (Brest) (Laboratoire), Paris, ENSAM (établissement de préparation de la thèse), Institut de recherche de l'Ecole navale (Brest) (Laboratoire),

Laboratoire de mécanique des structures et des systèmes couplés (Paris) (Laboratoire)

Autre(s) contribution(s) : Shabnam Arbab Chirani (Président du jury) ; Jacques André Astolfi, Jean-François Deü, Céline Gabillet, Boris Lossouarn, Shabnam Arbab Chirani, Jean-Camille Chassaing, Xavier Escaler, Laurent Maxit (Membre(s) du jury) ; Jean-Camille Chassaing, Xavier Escaler (Rapporteur(s))

Note de thèses et écrits académiques : Thèse de doctorat Mécanique des fluides Paris, HESAM 2023

Résumé ou extrait : Les vibrations induites par l'écoulement subies par des surfaces portantes navales peuvent entraîner des bruits acoustiques et une fatigue structurelle précoce. Une étude expérimentale de ces vibrations a été menée afin 1) d'étudier le couplage fluide-structure de surfaces portantes allongées sous excitation fluide soumises à un plus grand nombre de degrés de liberté et 2) de concevoir un dispositif efficace d'atténuation des vibrations consistant en un shunt piézoélectrique résonnant passif. Les structures étudiées consistent en une plaque plane de section rectangulaire en aluminium de rapport corde/épaisseur de 16,7 et en un hydrofoil tronqué en aluminium de type NACA 66-306 d'un rapport corde/épaisseur de 13,9. Diverses vitesses d'écoulement, associées à des nombres de Reynolds basés sur la corde compris entre 250000 et 950000, ont été analysées à zéro degré d'incidence dans le tunnel hydrodynamique de l'Institut de Recherche de l'École Navale (IRENav). La vitesse de vibration des deux structures a été évaluée par vibrométrie laser. Le sillage a été caractérisé par vélocimétrie d'image de particule et analysé par étude statistique de l'écoulement moyen et par décomposition orthogonale propre. La dynamique des tourbillons de Karman a été analysée à l'aide d'un algorithme de détection des tourbillons. L'analyse de la réponse vibratoire à différentes vitesses d'écoulement a mis en évidence trois régimes de vibration distincts, à savoir l'absence de résonance, la résonance sans accrochage et la résonance avec accrochage avec le premier mode de torsion. Pour la plaque plane, deux sources d'excitation coexistent : 1) l'instabilité de bord de fuite et 2) l'instabilité de cisaillement qui se traduit par deux modes de lâché tourbillonnaire. Le régime de résonance avec accrochage est caractérisé par une augmentation de la contribution à l'énergie cinétique turbulente total du lâché tourbillonnaire primaire de Karman et de sa première harmonique, en accord avec une augmentation de la traînée. Un dispositif innovant consistant en un shunt résonnant passif connecté à un patch piézoélectrique intégré à la surface de l'hydrofoil a été mis en œuvre. Les vibrations de type torsion ont été atténuées à une vitesse d'écoulement nulle dans l'air et dans l'eau et à différentes vitesses d'écoulement dans l'eau. Deux types de shunts piézoélectriques résonnants passifs ont été testés : le shunt avec inducteur bobiné et le shunt à inducteur synthétique. Le shunt avec inducteur bobiné a démontré un niveau d'atténuation des vibrations de 18 dB de l'amplitude maximale des vibrations du mode de torsion lorsque l'hydrofoil est immergé dans l'eau à une vitesse d'écoulement nulle. Le shunt à inducteur synthétique a été testé à une vitesse d'écoulement nulle et a permis d'atténuer les vibrations de 31 dB dans l'air et de 21 dB dans l'eau. En plus de l'étude expérimentale, un modèle numérique de l'hydrofoil équipé d'un transducteur piézoélectrique a été mis en œuvre avec COMSOL Multiphysics. Le shunt à inducteur bobiné est adapté aux vibrations de grande amplitude et a été testé sous écoulement. Différents régimes de vibration ont été identifiés : absence de résonance, résonance et accrochage avec le premier mode de torsion. Pour cette configuration, la valeur efficace du signal de vitesse de vibration a été réduite par le shunt de 62 % à l'accrochage. Sous accrochage, le lâché tourbillonnaire de Karman est moins corrélé en phase et un contenu fréquentiel à large bande est introduit lorsque le shunt est activé. En conclusion, les recherches menées dans le cadre de cette étude ont permis de mieux comprendre les mécanismes vibratoires induits par l'écoulement à l'origine de vibrations de forte amplitude et le shunt piézoélectrique résonnant a démontré sa capacité à réduire ces vibrations.

Flow-induced vibrations (FIV) sustained by naval lifting surfaces may lead to acoustic noise and early structural fatigue. An experimental study of the flow induced vibrations sustained by marine lifting surfaces was conducted in order to 1) investigate the fluid-structure coupling of elongated surfaces under flow excitation which may be subjected to a higher number of freedom degrees than short surfaces and to 2) design an efficient vibration mitigation device consisting of a passive resonant piezoelectric shunt. The studied structures consist of a blunt flat aluminium plate of chord-to-thickness ratio 16.7 and a truncated NACA 66-306 aluminium hydrofoil of chord-to-thickness ratio 13.9. Various flow velocities, associated with chord-based Reynolds numbers ranging between 250000 and 950000 were analysed at zero degrees of incidence in the hydrodynamic tunnel of the French Naval Academy Research Institute (IRENav). The vibration velocity of both structures was evaluated using laser vibrometry. The near-wake flow field was characterized by Particle Image Velocimetry (TR-PIV) and analysed by statistical analysis of the mean flow, Proper Orthogonal Decomposition (POD). The dynamics of the Karman vortices were analysed by using a vortex detection algorithm. The analysis of the vibrational response at various flow velocities has highlighted three distinct vibration regimes consisting of no-resonance, lock-off resonance and lock-in resonance with the first twisting mode. For the blunt plate, two excitation sources coexist: 1) the Trailing Edge Vortex Shedding (TEVS) instability and 2) The Impinging Shear Layer (ISL) instability which results in two Karman vortex shedding modes. Of particular interest is the lock-off resonance regime which occurs when the vortex shedding frequency of the secondary Karman mode synchronizes with the twisting mode natural frequency. The lock-in resonance regime is characterized by an increase in the contribution to the total TKE of both the primary Karman vortex shedding and its first harmonic in agreement with an increase of the drag. An innovative setup consisting of a passive resonant shunt connected to a piezoelectric transducer integrated on the truncated hydrofoil surface was implemented. Twisting type vibrations were mitigated at zero flow velocity in air and in water and at various flow velocities in water. Two types of passive resonant piezoelectric shunts were tested: the copper wired inductor shunt and the synthetic inductor shunt. The copper wired inductor shunt has demonstrated a vibration mitigation level of 18 dB of the twisting mode maximal vibration magnitude when the hydrofoil is immersed in water at zero flow velocity. The synthetic inductor shunt was tested at zero flow velocity and provided a vibration mitigation of 31 dB in air and of 21 dB in water. In addition to the experimental study, a numerical model of the hydrofoil embedded with piezoelectric transducer was implemented with COMSOL Multiphysics. The copper wired inductor shunt is well adapted for high magnitude vibrations and was tested under flow conditions. Different vibration regimes consisting of no resonance, resonance and lock-in with the first twisting mode and with the second bending mode were identified. For this configuration, the root mean square value of the vibration velocity signal was reduced by the shunt by 62 % at the lock-in regime. At lock-in, the Karman vortex shedding is less phase correlated and broadband frequency content is introduced when the shunt is activated. In the end, the investigations conducted through this study have offered new insights about the flow-induced vibration mechanisms leading to high magnitude vibrations and the resonant piezoelectric shunt has demonstrated its high capability to reduce these vibrations.

Configuration requise : Configuration requise : un logiciel capable de lire un fichier au format : PDF

Sujet(s) : Interactions fluide-structure

Vibrations induites par l'écoulement

Atténuation de vibration

Turbulence

Couplage piézoélectrique

Shunt résonant

Sujet - Nom commun : Mécanique des fluides

Interaction fluide-structure

Vibrations

Forme, genre ou caractéristiques physiques : Thèses et écrits académiques