



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Πανεπιστήμιο Πατρών

Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών

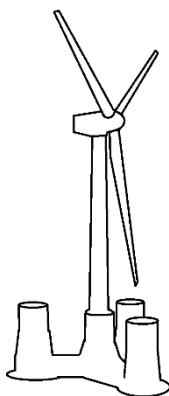
Κατασκευαστικός Τομέας

Εργαστήριο Στοχαστικών Μηχανολογικών Συστημάτων
& Αυτοματισμού

Προσομοίωση πλωτής ημι-υποβρύχιας ανεμογεννήτριας DTU 10 MW OO-Star Wind Floater και μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς της υπό μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και βλάβες

Νικόλας Αναστασιάδης

Αριθμός Μητρώου 1047349



Σπουδαστική Εργασία

Υποβληθείσα στο Τμήμα Μηχανολόγων & Αεροναυπηγών Μηχανικών
του Πανεπιστημίου Πατρών

Επιβλέπων: Σακελλαρίου Ιωάννης, Επίκουρος Καθηγητής

Πάτρα, Φεβρουάριος 2023

Προσομοίωση πλωτής ημι-υποβρύχιας ανεμογεννήτριας DTU 10 MW OO-Star Wind Floater και μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς της υπό μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και βλάβες

Νικόλας Αναστασιάδης, AM: 1047349

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην προσομοίωση και μελέτη της δυναμικής συμπεριφοράς της πλωτής ημι-υποβρύχιας ανεμογεννήτριας DTU 10 MW OO-Star Wind Floater υπό μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και βλάβες. Τα τελευταία χρόνια ο ενεργειακός βιομηχανικός κλάδος έχει στραφεί με ιδιαίτερη έμφαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στην περίπτωση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών, η μεγέθυνση και η απομάκρυνσή τους από την στεριά, έχουν επιφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά ταυτόχρονα και σημαντικές δυσκολίες στην επιθεώρηση και συντήρησή τους. Ειδικότερα, για τον έλεγχο της δομικής τους ακεραιότητας (SHM – Structural Health Monitoring) μέσω μετρήσεων ταλάντωσης, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί η συχνή και έντονη μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών καθώς η επιρροή τους στην δυναμική του συστήματος επικαλύπτει πλήρως εκείνη των βλαβών. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, απαραίτητη είναι η ανάπτυξη εύρωστων μεθόδων ελέγχου της δομικής τους ακεραιότητας. Για την εξαγωγή σημάτων ταλάντωσης και την διερεύνηση της απόδοσης τέτοιων μεθόδων, στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται η μοντελοποίηση του παραπάνω τύπου ανεμογεννήτριας μέσω του λογισμικού Fatigue, Aerodynamics, Structure and Turbulence model (FAST). Έπειτα, βάσει της βιβλιογραφίας αλλά και μετά από εκτενή διερεύνηση της επιρροής των περιβαλλοντικών συνθηκών στη λειτουργία της ανεμογεννήτριας, επιλέγεται σειρά σεναρίων διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών, τα οποία προσομοιώνονται εξάγοντας χρονοσειρές ταλάντωσης (επιτάχυνσης) σε διαφορετικά σημεία (θέσεις αισθητηρίων) της ανεμογεννήτριας. Οι μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες που εξετάζονται περιγράφονται από επτά μεταβλητές οι οποίες είναι οι εξής: μέση ταχύτητα και προσανατολισμός ανέμου, σημαντικό ύψος, περίοδος κορυφής και προσανατολισμός κυμάτων και ταχύτητα και προσανατολισμός ρευμάτων. Από τις μεταβλητές αυτές, ως ανεξάρτητες θεωρούνται η μέση ταχύτητα και ο προσανατολισμός του ανέμου, ενώ οι υπόλοιπες λαμβάνουν τιμές συναρτήσει αυτών. Επιπλέον, επιλέγονται διαφορετικά σενάρια βλάβης βάσει της βιβλιογραφίας με κριτήριο την κρισιμότητα τους και μελετάται η επιρροή που έχουν στη δυναμική της ανεμογεννήτριας. Οι βλάβες που επιλέγονται αφορούν τη βάση του πύργου που συνδέεται με τον πλωτήρα, το σύστημα μετάδοσης και το σύστημα προσανατολισμού. Από τα αποτελέσματα της εργασίας διαπιστώνεται πως οι μεταβολές που προκαλούν οι επιλεγμένες βλάβες στη δυναμική των χρονοσειρών είναι μικρές σε σχέση με αυτές των περιβαλλοντικών μεταβολών, το οποίο προοικονομεί υψηλής δυσκολίας πρόβλημα ανίχνευσης βλαβών.

Λέξεις κλειδιά

Υπεράκτια πλωτή ανεμογεννήτρια, προσομοίωση, FAST, μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, ημι-υποβρύχιος πλωτήρας, σενάρια βλάβης, σήματα ταλάντωσης, επιτάχυνση, δυναμική κατασκευών.

Abstract

Simulation of the semi-submersible wind turbine DTU 10 MW OO-Star Wind Floater and study of its dynamics under varying environmental conditions and damages

Nikolas Anastasiadis, ID: 1047349

The present study focuses on the simulation and dynamic analysis of the offshore wind turbine DTU 10MW with the semi-submersible OO-Star Wind Floater under varying environmental conditions and damages. In recent years, the energy industry has shifted its attention with great emphasis to renewable energy sources. In the case of offshore wind turbines, their enlargement and distancing from the shore offer important advantages but simultaneously significant challenges related to their inspection and maintenance are posed. In particular, a major problem in vibration-based Structural Health Monitoring (SHM) is the frequent and strong variability of the environmental conditions, as their influence on system dynamics completely overlaps that of changes induced by occurring damages. Therefore, the development of robust structural health monitoring methods is required. For the development and assessment of such methods, vibration signals are generated in the present study via a numerical model for the considered wind turbine using the Fatigue, Aerodynamics, Structure and Turbulence (FAST) software. Based on the literature and after an extensive study of the influence of the environmental conditions on the turbine's dynamics, a series of scenarios of different environmental conditions is selected for the simulation of respective vibration responses (acceleration signals) at different locations (sensors) on the structure. The considered varying environmental conditions are implemented via the following seven variables: mean wind speed and direction, wave's significant height, peak period and direction of propagation, and speed and direction of wind induced currents. From these, the wind mean speed and direction are considered as independent, while the rest are functions of these two. Furthermore, a set of different damage scenarios concerning the tower base, the drivetrain and the yaw control are investigated based on their importance according to the literature. From the study's results, it is ascertained that the damage effects on the structural dynamics are limited comparing them with those due to the varying environmental conditions, foreshadowing thus a highly challenging damage detection problem.

Keywords

Offshore floating wind turbine, simulation, FAST, varying environmental conditions, semi-submersible floater, damage scenarios, vibration signals, acceleration, structural dynamics.