



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ

Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 157 80 Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου • ΤΗΛ.: 7723572, FAX: 7723571

Αρ.Πρωτ.: 8011

Αθήνα, 14-10-2015

Προς τα Μέλη ΔΕΠ της
Σχολής Μηχ/γων
Μηχ/κών

ΠΡΟΣΚΛΗΣΗ

Σας προσκαλούμε στην παρουσίαση της Διδακτορικής Διατριβής του **κ. Μανωλά Δημήτριου**, Διπλωματούχου Μηχανολόγος Μηχανικός του ΕΜΠ, που θα πραγματοποιηθεί την Πέμπτη 29 Οκτωβρίου 2015, ώρα 13:00-15:00, στο Εργαστήριο Αεροδυναμικής του κτιρίου των Εργαστηρίων Αεροδυναμικής-Ναυπηγικής-Υδροδυναμικών Μηχανών, (κτίριο ANYM 2^{ος} όροφος) της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Το Θέμα της Διδακτορικής Διατριβής είναι:

«Υδρο-αερο-ελαστική ανάλυση υπερακτίων ανεμογεννητριών»

Επισυνάπτεται περίληψη της παραπάνω Διδακτορικής Διατριβής

Ο ΚΟΣΜΗΤΟΡΑΣ ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ


Η. ΤΑΤΣΙΟΠΟΥΛΟΣ
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Ανάπτυξη υπολογιστικών εργαλείων για την ολοκληρωμένη ανάλυση υπεράκτιων ανεμογεννητριών

Development of simulation tools for the integrated analysis of offshore wind turbines

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η «Ανάπτυξη υπολογιστικών εργαλείων για την ολοκληρωμένη ανάλυση υπεράκτιων ανεμογεννητριών». Στηριζόμενοι στο πλαίσιο της αναλυτικής μηχανικής εφαρμοζόμενη στα μηχανικά συστήματα αναπτύχθηκε το hGAST, ένα λογισμικό για την ύδρο-σέρβο-αέρο-ελαστική προσομοίωση των υπεράκτιων ανεμογεννητριών. Κάθε ένα από τα επιμέρους τμήματα που το απαρτίζουν (υποσυστήματα), δηλαδή η αεροδυναμική, η υδροδυναμική, η θεωρία υλικών, η δυναμική και η θεωρία αυτόματου ελέγχου αποτελούν ξεχωριστές θεματικές. Ως ξεχωριστά μέρη αναλύονται και στη μέθοδο που αναπτύχθηκε, ενώ η αλληλεπίδρασή τους πραγματοποιείται με κατάλληλη μη γραμμική σύζευξη. Το ελαστικό υποσύστημα βασίζεται στη δυναμική πολλαπλών σωμάτων (multi-body dynamics). Κάθε διακριτό ελαστικό τμήμα της κατασκευής (π.χ. το πτερύγιο, το αξονικό σύστημα, ο πύργος ή η βάση στήριξης) ή μέρος αυτής (π.χ. το πτερύγιο) προσομοιώνεται ως τριδιάστατη δοκός με βάση τη θεωρία Timoshenko και επιλύεται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Τα αεροδυναμικά φορτία υπολογίζονται είτε με τη θεωρία δίσκου ορμής συνδυασμένη με τη θεωρία στοιχείων πτερώγησης, είτε με τη μέθοδο των στοιχείων στροβιλότητας με ελεύθερο ομόρρου. Τα υδροδυναμικά φορτία υπολογίζονται μέσω επίλυσης των γραμμικών εξισώσεων της υδροδυναμικής βασιζόμενο στη μέθοδο των συνοριακών στοιχείων ή χρησιμοποιώντας τον ημιεμπειρικό τύπο του Morison. Το σύστημα αγκύρωσης στην περίπτωση πλωτής ανεμογεννήτριας διακριτοποιείται με μη γραμμικά στοιχεία που υπόκεινται μόνο σε εφελκυστικά φορτία. Η επίλυση, όπως και στα στοιχεία δοκού της κατασκευής, γίνεται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Το σύστημα αυτόματου ελέγχου μεταβλητών στροφών / μεταβλητού βήματος λαμβάνεται υπόψη συνήθως με κατάλληλη προσαρμογή εξωτερικών αρχείων σε μορφή βιβλιοθήκης (αρχεία DLL). Το λογισμικό hGAST μπορεί να πραγματοποιήσει ιδιοδιανυσματική ανάλυση και ανάλυση ευστάθειας στη βάση συνεπούς διαδικασίας γραμμικοποίησης, όπως και μη γραμμικούς υπολογισμούς στο πεδίο του χρόνου. Καθορίζοντας την εξωτερική περιβαλλοντική διέγερση (συνθήκες αέρα, κύματος και θαλάσσιου ρεύματος) οι υπολογισμοί στο πεδίο του χρόνου επιτρέπουν την εκτίμηση των κοπωτικών και των ακραίων φορτίων της κατασκευής με βάση το διεθνή κανονισμό (IEC standart).

Το hGAST μοντελοποιεί όλα τα υπάρχοντα είδη παράκτιων ανεμογεννητριών και η αξιοπιστία του πιστοποιείται σε σύγκριση με άλλους υπολογισμούς στα πλαίσια των ερευνητικών δραστηριοτήτων της IEA OC3 και OC4. Εξετάστηκαν περιπτώσεις στήριξης με μονοκόμματο πυλώνα, χωροδικτύωμα,

πλωτή ημιβυθισμένη πλατφόρμα και πλωτήρα τύπου «spar-bouy» όπου επάνω τους εδράζεται η NREL 5MW ανεμογεννήτρια αναφοράς.

Σε σχέση με την επιστήμη του μηχανικού στη θεματική της αιολικής ενέργειας η παρούσα διατριβή:

- Αξιολογεί τη σημασία των τριδιάστατων αεροδυναμικών φαινομένων στη συμπεριφορά υπεράκτιων ανεμογεννητριών συγκρίνοντας τις μεθοδολογίες του δίσκου ορμής και των στοιχείων στροβιλότητας στην περίπτωση πλωτής ανεμογεννήτριας σε spar-bouy πλωτήρα. Οι κύριες διαφορές εμφανίζονται σε συνθήκες ασύμμετρης εισερχόμενης ροής. Επιπλέον διαπιστώνεται ότι η θεωρία δίσκου ορμής είναι στην ασφαλή πλευρά όσον αφορά τον υπολογισμό των κοπωτικών φορτίων.
- Αξιολογεί τη σημασία των γεωμετρικών μη γραμμικοτήτων εξαιτίας μεγάλων παραμορφώσεων του πτερυγίου, συγκρίνοντας ένα τυπικό, πρώτης τάξης μοντέλο δοκού με ένα δεύτερης τάξης μοντέλο δοκού και ένα βασιζόμενο στην ανάλυση των πτερυγίων σε διαιρεμένα «υποσώματα», όπου τα δύο τελευταία διαχειρίζονται τις γεωμετρικές μη γραμμικότητες. Συμπεραίνεται πως η κύρια αιτία διαφοροποίησης μεταξύ του γραμμικού (πρώτης τάξης) μοντέλου και των δύο μη γραμμικών είναι η σύζευξη μεταξύ κάμψης και στρέψης. Επίσης το γραμμικό μοντέλο δοκού παραμένει αξιόπιστο με μοναδική εξαίρεση την πρόβλεψη της στρέψης του πτερυγίου.

Τέλος, για να αξιολογηθεί η ενδεχόμενη σημασία των υδροδυναμικών μη γραμμικοτήτων, που πρακτικά αφορά στην απόκριση της παράκτιας ανεμογεννήτριας σε ακραίες καταστάσεις θάλασσας, αναπτύχθηκε ένας μη γραμμικός, μη συνεκτικός δισδιάστατος επιλυτής βασισμένος στη μέθοδο των συνοριακών στοιχείων όπου για το χειρισμό των συνθηκών στο άπειρο εισάγονται τεχνητοί όροι απόσβεσης. Οι αριθμητικές προσομοιώσεις όπου και αξιολογήθηκε η παρούσα μέθοδος αφορούν: την δημιουργία, διάδοση και απορρόφηση μη γραμμικών κυματισμών σε ρηχό, ενδιάμεσο και βαθύ πυθμένα με ή χωρίς την επίδραση σταθερού θαλάσσιου ρεύματος, τη δημιουργία, διάδοση και θραύση ισχυρά αναδιπλούμενων σολιτόνιων κυμάτων που δημιουργούνται από έναν κυματιστήρα τύπου εμβόλου, τη δημιουργία, διάδοση και θραύση σολιτόνιων κυμάτων σε διαρκώς ρηχούμενο πυθμένα, τον υπολογισμό των φορτίων σε βυθισμένο κύλινδρο που υπόκειται σε μεγάλου εύρους προδιαγεγραμμένη κίνηση, τον υπολογισμό των φορτίων σε ελεύθερα πλεύσιμο βυθισμένο κύλινδρο υπό την επίδραση αρμονικών κυματισμών και τέλος τον υπολογισμό των φορτίων και των κινήσεων ενός πλωτού ακίνητου ή κινούμενου σώματος που τέμνει την ελεύθερη επιφάνεια υπό την παρουσία κυματισμών ή κυματισμών και ρεύματος. Τα αποτελέσματα αξιολογούνται τόσο με υπάρχοντα αριθμητικά δεδομένα όσο και με μετρήσεις.