



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co- financed by Greece and the European Union



EUROPEAN SOCIAL FUND

**«Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα Ηλεκτρικής
Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων»
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)**

πράξη ΘΑΛΗΣ-ΕΜΠ,
πράξη ένταξης 11012/9.7.2012,

MIS: 380164,
Κωδ.ΕΔΕΙΑ/ΕΜΠ: 68/1129

Παραδοτέο: Π3.2.1

**«Αποτελέσματα υδροδυναμικής φόρτισης έλικας
πλευρικού προωστήριου μηχανισμού»**

**Μελέτη προβλημάτων ΠΗΙ λόγω λειτουργίας
βοηθητικών προωστήριων μηχανισμών**



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)

DEFKALION



Παραδοτέο Π3.2.1



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co- financed by Greece and the European Union



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Πίνακας Περιεχομένων

Εισαγωγή.....	1
1 Διαδικασία γεωμετρικής μοντελοποίησης	1
2 Παραγωγή Κίνησης	2
3 Εφαρμογή	2
3.1 Αποτελέσματα προσομοίωσης κίνησης bow thruster	3
4 Συμπεράσματα	4
5 Επόμενα βήματα.....	5
6 Βιβλιογραφία.....	5
Παράρτημα.....	7



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)



DEFKALION

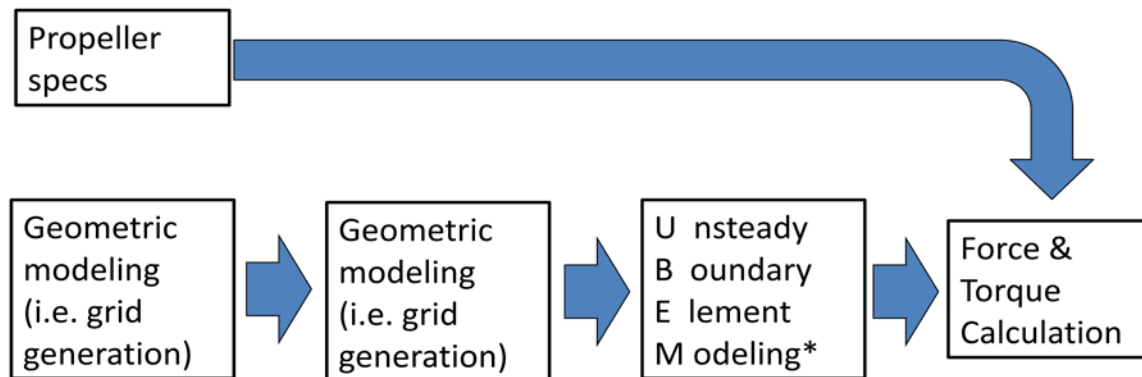
Παραδοτέο Π3.2.1

Εισαγωγή

Στην έκθεση αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων υδροδυναμικών φαινομένων σε μεταβατική κατάσταση λειτουργίας (π.χ. εκκίνηση λειτουργίας) έλικας, τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα ηλεκτρικής ισχύος του δικτύου που τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια τον ηλεκτρικό κινητήρα που στρέφει την εν λόγω έλικα. Η διεξοδική ανάλυση των φαινομένων ποιότητας ηλεκτρικής ισχύος που αναπτύσσονται κατά την εκκίνηση ενός πλευρικού προωστήριου μηχανισμού δίνεται στο Παραδοτέο Π3.1.1.

1. Διαδικασία γεωμετρικής μοντελοποίησης

Σε αντιδιαστολή με την αντίστοιχη διαδικασία για τους αξιμουθιακούς προωστήριους μηχανισμούς, η διαδικασία για τη γεωμετρική μοντελοποίηση ενός πλευρικού μηχανισμού είναι αρκετά πιο απλή, βλ. Σχήμα 1. Έτσι, έχοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά της έλικας, καθίσταται απευθείας δυνατός ο υπολογισμός των αναπτυσσομένων δυνάμεων και ροπών.



Σχήμα 1. Διαδικασία (απλοποιημένης) γεωμετρικής μοντελοποίησης πλευρικού προωστήριου μηχανισμού

2. Παραγωγή Κίνησης

Η κίνηση δημιουργείται από την υπέρθεση της κίνησης των εξής συστατικών μερών:

1. Περιστροφή έλικας
2. Περιστροφή φτερωτής της έλικας γύρω από τον άξονα
3. Περιστροφή του προωστήριου μηχανισμού γύρω από κάθετο άξονα
4. Συνθετική υπέρθεση των 1-3

3. Εφαρμογή

Με στόχο την προσομοίωση της κίνησης ενός πλευρικού προωστήριου μηχανισμού, αναπτύχθηκε ειδικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Η προσομοίωση της κίνησης έγινε με δύο διαφορετικές μεθόδους:

- Την υψηλής ακρίβειας (UBEM), η οποία έχει, όμως, αυξημένο υπολογιστικό κόστος
- Την σχετικά μειωμένης ακρίβειας (quasi-state ή ψευδο-σταθερή μέθοδο), η οποία έχει μικρό υπολογιστικό κόστος και μπορεί να ενσωματωθεί σε κώδικα μελέτης ηλεκτρικού δικτύου δίνοντας ως δεδομένο εισόδου σε αυτό την απαίτηση σε ροπή από τον ηλεκτρικό κινητήρα που στρέφει την έλικα. Οι οδηγίες χρήσης για τον απλοποιημένο κώδικα δίνονται στο Παράρτημα

Ως αριθμητική εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από πραγματικό Bow thruster, όπως αναλύονται παρακάτω.

Παράμετροι – τεχνικά χαρακτηριστικά πρωαίου πλευρικού προωστήριου μηχανισμού (Bow thruster)

- Κοίλο υποδοχής μηχανισμού: Μήκος = $2xD$ (tip clearance = 5%)
- Έλικα: $\varnothing 1m, z=3, AE/A0=0.7, P/D= 1.0$
- Σενάριο κίνησης: 40-80 RPM // blade angle 7° - 22.5°
- Συντελεστής προχώρησης: 0.1 (Advance coefficient)



European Union
European Social Fund



OPERATIONAL PROGRAMME
EDUCATION AND LIFELONG LEARNING
investing in knowledge society
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

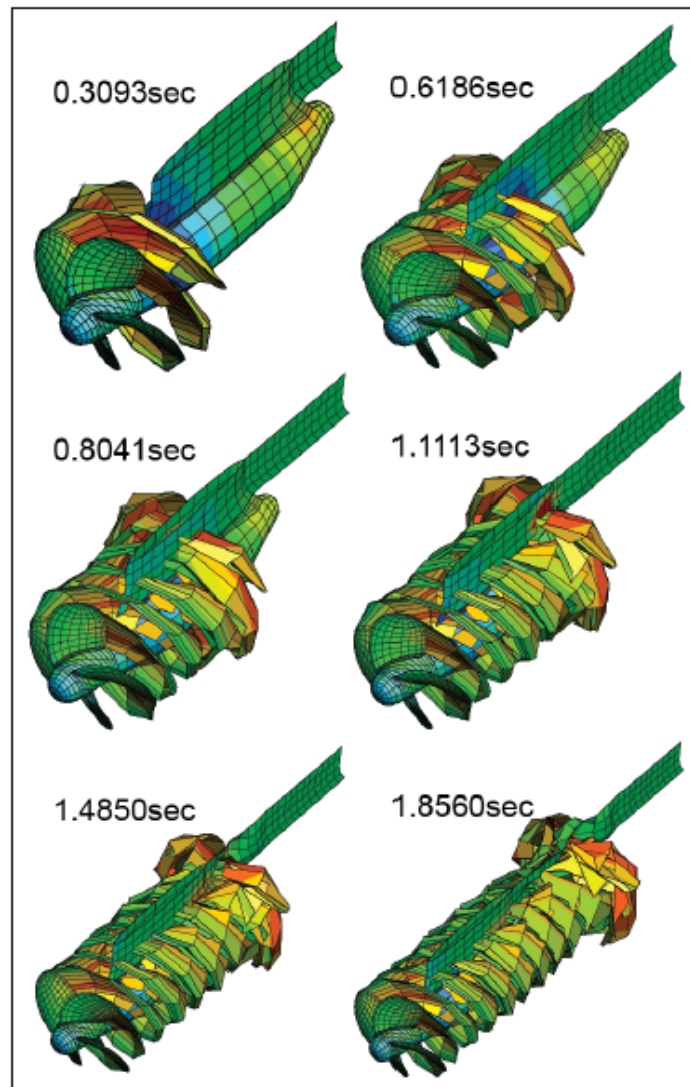
Co-financed by Greece and the European Union



NSRF
2007-2013
programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

3.1. Αποτελέσματα προσομοίωσης κίνησης bow thruster

Στην εικόνα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης κίνησης του προαναφερθέντος πωραίου πλευρικού προωστήριου μηχανισμού με τη μορφή χρονίων στιγμιοτύπων σε διάφορες χρονικές στιγμές.



Εικόνα 1. Ανάπτυξη φύλλων στροβιλότητας σε ευθύγραμμη κίνηση ($J=0.768$)



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.2.1



European Union
European Social Fund



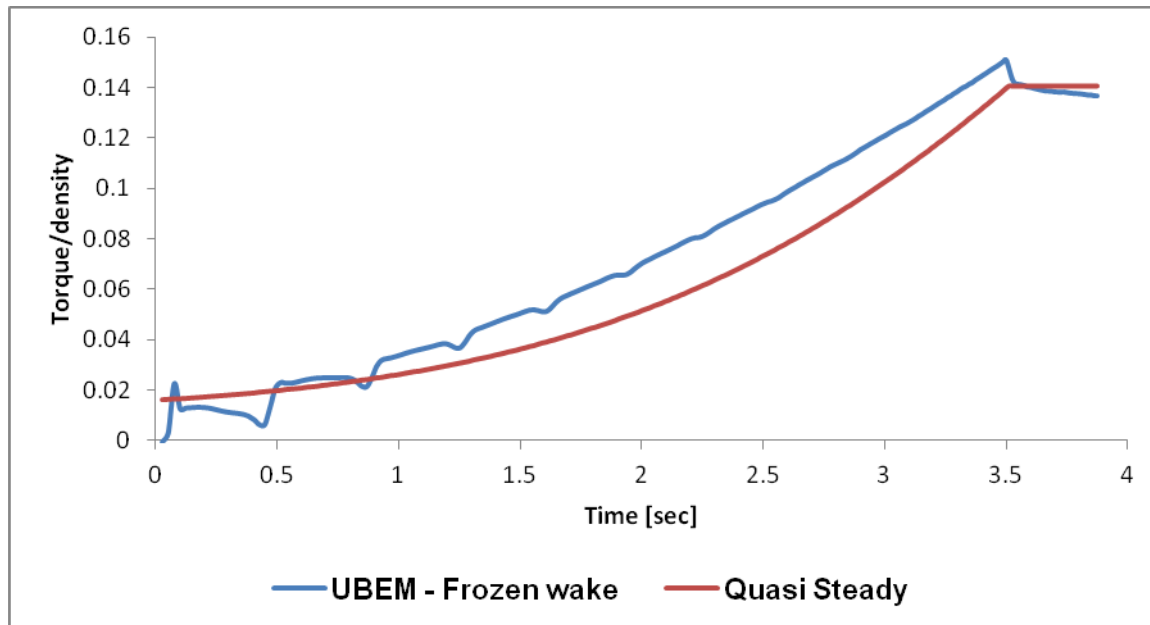
MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co-financed by Greece and the European Union



programme for development
EUROPEAN SOCIAL FUND

Η αναπτυσσόμενη ροπή στον άξονα της έλικας που υπολογίστηκε με τους δύο διαφορετικούς τρόπους παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Η αναπτυσσόμενη ροπή στον άξονα της έλικας (υπολογισμός με δύο διαφορετικούς τρόπους)

4. Συμπεράσματα

Η οριζοντιώδη (quasi-steady) προσομοίωση λειτουργίας έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Τα μεταβατικά φαινόμενα «ψυχρής εκκίνησης» (εκκίνηση περιστροφής από την απόλυτη ακινησία) διαρκούν 1-2 λεπτά
- Οι μεταβολές είναι σχετικά αργές ενώ και η γεωμετρία είναι σχετικά απλή.
- Η προσέγγιση με την οριζοντιώδη (quasi-steady) προσομοίωση λειτουργίας στηρίζεται σε υπέρθεση από μία ακολουθία υπολογισμών σε μόνιμες καταστάσεις λειτουργίας, όπου η κάθε μία κατάσταση διαφέρει λίγο από την προηγούμενη και την επόμενη της.



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co-financed by Greece and the European Union



EUROPEAN SOCIAL FUND

- Προσφέρει γρήγορους υπολογισμούς με ικανοποιητικής ακρίβειας αποτελέσματα σε σχέση με άλλες μεθόδους που είναι πιο ακριβείς αλλά και πολύ πιο επιβαρυντικές από πλευράς υπολογιστικού κόστους.

5. Επόμενα βήματα

Εφόσον κριθεί απαραίτητο, μπορεί να γίνουν επιπλέον τα εξής:

- Εφαρμογή και άλλων σεναρίων κινήσεων, τα οποία θα απεικονίζουν πραγματικά σενάρια κίνησης πλοίων με τέτοιους προωστήριου μηχανισμούς
- Σύγκριση επιβεβαίωση με πειραματικά αποτελέσματα
- Ρύθμιση της ψευδο-στατικής («quasi steady») μεθόδου σε σχέση με την ακριβή μέθοδο UBEM και συνθήκες «free wake» για τα bow thrusters

6. Βιβλιογραφία

- [1] Politis G.K., 2011, 'Application of a BEM time stepping Algorithm in understanding complex unsteady propulsion hydrodynamic phenomena', Ocean Engineering 38 (699-711).
- [2] Α. Μουντανέας, «Ανάπτυξη Κώδικα Η/Υ Γένεσης Δεδομένων Γεωμετρίας και Κίνησης για την Μελέτη Προωστήρων τύπου Azipod με τη Μέθοδο των Συνοριακών Στοιχείων», Διπλωματική Εργασία, Αθήνα 2013.
http://147.102.210.12/bitstream/handle/123456789/7811/mountaneasa_poddedpropulsors.pdf?sequence=1
- [3] Azipod XO2100 Product Introduction. (2005). In: ABB Oy, M. (Ed.). Helsinki, Finland: ABB Oy.
- [4] Carlton, J. (2008). Podded propulsors: some results of recent research and full scale experience. Proceedings of IMarEST-Part A-Journal of Marine Engineering and Technology 2008(11), 1-14.
- [5] Carlton, J.S. (2012a). Chapter 3 - Propeller Geometry. In: Marine Propellers and Propulsion (Third Edition). pp. 29-46. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-08-097123-0.
- [6] Carlton, J.S. (2012b). Chapter 15 - Azimuthing and Podded Propulsors. In: Marine Propellers and Propulsion (Third Edition). pp. 353-362. Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-08-097123-0.
- [7] Engeln-Müllges, G. & Uhlig, F. (1996). Numerical algorithms with Fortran: Springer. ISBN 9783540605294.



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.2.1



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY

Co- financed by Greece and the European Union



- [8] Islam, M., Veitch, B., Bose, N. & Liu, P. (2006). Numerical study of hub taper angle on podded propeller performance. *Marine technology* 43(1), 1-10.
- [9] Oosterveld, M. & Van Oossanen, P. (1975). FURTHER COMPUTERANALYZED DATA OF THE WAGENINGEN B-SCREW SERIES. *International Shipbuilding Progress* 22(251).
- [10] Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T. & Flannery, B.P. (2007). *Numerical Recipes with Source Code CD-ROM 3rd Edition: The Art of Scientific Computing*: Cambridge University Press. ISBN 0521884071.
- [11] Van Terwisga, T., Quadvlieg, F. & Valkhof, H. (2001). Steerable propulsion units: hydrodynamic issues and design consequences. Paper written on the occasion of the 80th anniversary of Schottel GmbH & Co., presented on 11.
- [12] Yamaguchi, F. (1988). *Curves and surfaces in computer aided geometric design*: Springer-Verlag Berlin. ISBN 0387174494.
- [13] Πολίτης, Γ.Κ. (2006). Ολοκληρώματα με Ιδιόμορφο Πυρήνα. In. Αθήνα: Ε.Μ.Π. pp. 8-9.



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.2.1

Παράρτημα

Οδηγίες προγράμματος εκτίμησης απαίτησης ροπής από έλικα

Η μεθοδολογία που περιγράφηκε για την εκτίμηση της απαίτησης σε ροπή από την έλικα προς τον ηλεκτρικό κινητήρα που την περιστρέφει προγραμματίστηκε σε κώδικα γλώσσας fortran από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας: κ. Γ. Πολίτη, καθηγητή ΣΝΜΜ/ΕΜΠ και ερευνητή ΝΜΜ. Οι οδηγίες χρήσης του προγράμματος παρατίθενται στη συνέχεια.

1. Το πρόγραμμα αποτελείται από ένα κύριο πρόγραμμα (main.f90) και η ανάπτυξη έχει γίνει με τον compiler της INTEL.
2. Στο αρχείο περιέχεται το εκτελέσιμο πρόγραμμα main.exe. Το πρόγραμμα αυτό δέχεται τα δεδομένα από το αρχείο 'open_water_performance_INPUT.txt' και γράφει τα αποτελέσματα στο αρχείο: open_water_performance_OUTPUT.txt.
3. Παρέχεται ένα αρχείο με δεδομένα ως παράδειγμα: open_water_performance_INPUT-example.txt. που αφορά τον υπολογισμό της ροπής σε Nm για δεδομένο λόγο βήματος του ρότορα P/D. Στην παρούσα έκδοση του προγράμματος δεν είναι δυνατός ο υπολογισμός του λόγου βήματος του ρότορα για δεδομένη ροπή.
4. Το αρχείο δεδομένων 'open_water_performance_INPUT.txt' είναι self-explanatory και περιέχει comments, έτσι ώστε ο χρήστης να καταλαβαίνει αμέσως τι δεδομένα πρέπει να δώσει σε κάθε γραμμή.
5. Ο υπολογισμός βασίζεται στη υπόθεση ότι οι αλλαγές του βήματος του ρότορα γίνονται σε χρονική κλίμακα που είναι αργή σε σχέση με την περίοδο περιστροφής του ρότορα. Παραδείγματος χάριν για ρότορα που περιστρέφεται με 180rpm ή 3rpm η περίοδος περιστροφής είναι 0.33sec. Αυτό λοιπόν που υποθέτουμε είναι ότι το βήμα θα μεταβληθεί από την μηδενική στην μέγιστη τιμή-του, σε χρονική περίοδο με τάξη μεγέθους μεγαλύτερη από την περίοδο περιστροφής (quasi-steady theory). Για την πρόβλεψη της ροπής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία της σειράς Kaplan Ka 4-70 in nozzle 19a, όπως περιγράφονται στο βιβλίο του J.S. Carlton, 'Marine Propellers and Propulsion' Butterworth-Heinemann-1994, page 95-96.
6. Για τον υπολογισμό υποτέθηκε ότι ο ρότορας κινείται με πολύ μικρή ταχύτητα, ειδικότερα με συντελεστή προχώρησης $J=0.1$ ($JJ = \frac{VV}{nn \cdot DD}$, V =ταχύτητα, n =συχνότητα περιστροφής ρότορα,



European Union
European Social Fund



MINISTRY OF EDUCATION & RELIGIOUS AFFAIRS
MANAGING AUTHORITY



EUROPEAN SOCIAL FUND

Co- financed by Greece and the European Union

D=διάμετρος ρότορα). Το στοιχείο $J=0.1$ είναι ενσωματωμένο στον κώδικα και μπορεί να αλλάξει με αλλαγή της μεταβλητής `jcoef` στο `main` και `recompilation`.

7. Όταν ο κώδικας τρέχει με δεδομένο P/D η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι μειωμένη για τιμές του $P/D < 0.6$ ή $P/D > 1.4$. Αυτό οφείλεται στο ότι τα πειραματικά δεδομένα στα οποία βασίζονται οι υπολογισμοί-μας, είναι περιορισμένα στην περιοχή $0.6 \leq P/D \leq 1.4$



Διερεύνηση Και Αντιμετώπιση προβλημάτων
ποιότητας ηλεκτρικής Ισχύος σε Συστήματα
Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ) πλοίων
(ΔΕΥ.Κ.Α.Λ.Ι.ΩΝ)



DEFKALION

Παραδοτέο Π3.2.1